



KARABÜK
UNIVERSITY



UinMAP
UNIVERSITI
MALAYSIA PERLIS

International Symposium on Industry 4.0 and Applications

12-14
October 2017
KARABÜK



010111010010
101110111011
111001000101
010111011110
01011101001011000101010
110111010010110010111
010111010010110001
1011010110111011
0100011001011



Deadline for Abstract Submission

June 16, 2017

Deadline for Full Text Submission

July 28, 2017

Deadline for Registration

September 15, 2017



www.industry4g.org • industry4g@karabuk.edu.tr • Phone: +90 370 433 20 21 Fax: 433 32 90

ISIA 2017

The Proceedings of International Symposium on Industry 4.0 and Applications (ISIA 2017)
12-14 October 2017, Karabük University, Karabük, Turkey.

Copyright

ISBN 978-605-9554-10-7

© 2017, ISIA 2017, Karabük University
Karabük, Turkey
www.industry4g.org
industry4g@karabuk.edu.tr

These proceedings include the original papers submitted to ISIA 2017. It is accessed in free of charge.
All scientific and linguistic responsibilities of the published articles belong to their authors.

**International Symposium on Industry 4.0 and Applications
(ISIA 2017)**

12-14 October 2017

Karabük University, Karabük, Turkey

HONORARY COMMITTEE

Prof. Dr. Refik Polat, Rector of Karabük University

Prof. Dr. Zul Azhar Zahid Jamal, Vice Chancellor of Universiti Malaysia Perlis

Assoc. Prof. Dr. Hasan Ali Çelik, Deputy Minister of Science, Industry and Technology

ISIA 2017 CHAIRMAN

Assist. Prof. Dr. Muharrem Dügenci, Karabük University

ISIA 2017 CO-CHAIRMAN

Prof. Dr. Rosni Bakar, Universiti Malaysia Perlis

ORGANISING COMMITTEE

Prof. Dr. Mehmet Akbaba, Karabük University

Assist. Prof. Dr. Fuat Şimşir, Karabük University

Assist. Prof. Dr. Hüseyin Altınkaya, Karabük University

Assist. Prof. Dr. Zafer Albayrak, Karabük University

SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Ahmet KOYUN	(Yıldız Technical University)
Prof. Dr. Andrew KUSIAK	(University of Iowa Informatics Initiative)
Prof. Dr. Aydoğın SAVRAN	(Ege University)
Prof. Dr. Bilge DEMİR	(Karabük University)
Prof. Dr. Burak Birgören	(Kırıkkale University)
Prof. Dr. Derviş KARABOĞA	(Erciyes University)
Prof. Dr. Duc Truong Pham	(University of Birmingham)

Prof. Dr. Ercan ÖZTEMEL	(Marmara University)
Prof. Dr. Erdal Çelik	(Dokuz Eylül University)
Prof. Dr. Filiz Ersöz	(Karabük University)
Prof. Dr. Geoffrey ELLIOTT	(University of South Wales)
Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN	(Gazi University)
Prof. Dr. Hüseyin AKILLI	(Çukurova University)
Prof. Dr. Hüseyin KURT	(Karabük University)
Prof. Dr. İbrahim ÇİL	(Sakarya University)
Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA	(Karabük University)
Prof. Dr. Mehmet AKBABA	(Karabük University)
Prof. Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN	(Süleyman Demirel University)
Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK	(Karabük University)
Prof. Dr. Musa ALCI	(Ege University)
Prof. Dr. Nisar Ahmed KANHAR	(Shah Abdullatif University)
Prof. Dr. Nurhan KARABOĞA	(Erciyes University)
Prof. Dr. Salah NASRI	(United Arab Emirates University)
Prof. Dr. Sefa TARHAN	(Gaziosmanpaşa University)
Prof. Dr. Serpil EROL	(Gazi University)
Prof. Dr. Turan PAKSOY	(Selçuk University)
Prof. Dr. Veli ÇELİK	(Ankara Yıldırım Beyazıt University)
Prof. Dr. Yaşar BECERİKLİ	(Kocaeli University)
Assoc. Prof. Dr. Ahmed Kürşad Türker	(Kırıkkale University)
Assoc. Prof. Dr. Çağrı BULUT	(Yaşar University)
Assoc. Prof. Dr. Emrah DENİZ	(Karabük University)
Assoc. Prof. Dr. Ergin YILMAZ	(Bülent Ecevit University)
Assoc. Prof. Dr. Ertuğrul ÇAM	(Kırıkkale University)
Assoc. Prof. Dr. F. Emre BORAN	(Gazi University)
Assoc. Prof. Dr. Fatih ÇALIŞKAN	(Sakarya University)
Assoc. Prof. Dr. İdris KABALCI	(Karabük University)
Assoc. Prof. Dr. M. Emin AYDIN	(University of the West of England)

Assoc. Prof. Dr. Mustafa GÜNAY	(Karabük University)
Assoc. Prof. Dr. Numan ÇELEBİ	(Sakarya University)
Assoc. Prof. Dr. Süleyman Ersöz	(Kırıkkale University)
Assoc. Prof. Dr. Oğuz FINDIK	(Karabük University)
Assoc. Prof. Dr. Ufuk CEBECİ	(İstanbul Technical University)
Assoc. Prof. Dr. Yaşar YETİŞKEN	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Adnan Aktepe	(Kırıkkale University)
Assist. Prof. Dr. Alptekin DURMUŞOĞLU	(Gaziantep University)
Assist. Prof. Dr. Burhan SELÇUK	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Çağrı SEL	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Ercan ŞENYİĞİT	(Erciyes University)
Assist. Prof. Dr. Fuat ŞİMŞİR	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Halil İbrahim DEMİR	(Sakarya University)
Assist. Prof. Dr. Hüseyin ALTINKAYA	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. İhsan H. SELVİ	(Sakarya University)
Assist. Prof. Dr. İsmail ESEN	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Kaveh Ostad-Ali-Askari	(Islamic Azad University)
Assist. Prof. Dr. M. Hüseyin ÇETİN	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Muhammed GARİP	(Yıldız Technical University)
Assist. Prof. Dr. Mustafa Burak TÜRKÖZ	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Mustafa GÖKDAĞ	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Nesrin AYDIN ATASOY	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Özden İŞBİLİR	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Tuğba TUNACAN	(Karabük University)
Assist. Prof. Dr. Zafer ALBAYRAK	(Karabük University)
Dr. Alison TODMAN	(University of the West of England)
Dr. Ghazanfar SAFDAR	(University of Bedfordshire)
Dr. Sabir GHOURI	(University of the West of England)
Dr. Tariq S. AL-TAEI	(Global College of Engineering and Technology)

SYMPOSIUM SECRETARIAT

Assist. Prof. Dr. Çağrı Sel, Karabük University

Dr. Turgut Özseven, Gaziosmanpaşa University

Res. Assist. Adem Dalcalı, Karabük University

Res. Assist. Ahmet Ziyaeddin BULUM, Karabük University

Res. Assist. Furkan Sabaz, Karabük University

Res. Assist. Mahmut Selman Gökmen, Karabük University

Res. Assist. Muharrem Ünver, Karabük University

Res. Assist. Selçuk Özcan, Karabük University

International Symposium on Industry 4.0 and Applications
(ISIA 2017)

12-14 October 2017

Karabük University, Karabük, Turkey

PREFACE

The International Symposium of Industry 4.0 and Applications (ISIA 2017) organised by Karabük University and Malaysia Perlis Universiti is held on the 12-14th October 2017 in Karabük, Turkey. This succeeding symposium aimed at bringing together academics, researchers and engineers, Industry 4.0 manufacturers, exporters and importers, suppliers, technology producers and non-governmental organizations around the World to share and discuss their latest works and the new methodologies, and to follow new developments in Industry 4.0. The topics of ISIA 2017 covered are Artificial Intelligence, Business and Information Systems, Internet of Things, Big Data-Data Mining, Simulation, Material Science, Robotics, Automation, Social perspective of Industry 4.0, Computer Technologies and Advanced Technologies.

Special panels by experts in the field, i.e. "Industry 4.0: Its Effect on Society" by Prof. Dr. Ercan ÖZTEMEL, "Industry 4.0: UniMAP is Ready!" by Prof. Dr. Zul Azhar bin Zahid Jamal, "Evolution, Trends, Opportunities, and Challenges of Industry 4.0" by Prof. Dr. Muammer Koç, are organized. The symposium included invited papers of national / international academicians and the papers submitted by academia in all aspects of the firms related to Industry 4.0.

We would like to express our sincere thanks to those who spend great effort to make this event take place. We sent our special thanks to Prof. Dr. Refik Polat, the Rector of KBU, and Prof. Dr. Zul Azhar bin Zahid Jamal, the Rector of UniMap, as being organizers of the ISIA 2017. We also express our gratitude to the members of Honorary Committee, Scientific Committee, Organizing Committee, Secretarial Assistance for their great effort to make the event successful. Last but not least, we also would very much thank to all presenters and participants for their interests in the symposium. We believe and hope that each of them will get the maximum benefit in terms of networking and interactions from this meeting.

We welcome each and every one of you again to this symposium; the symposium was enjoyable and productive, we hope to meet you again in future occasions.

Sincerely Yours

Editor

Dr. Muharrem Düğenci

**International Symposium on Industry 4.0 and Applications
(ISIA 2017)**

12-14 October 2017

Karabük University, Karabük, Turkey

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to thank the following co-organiser universities, associations and organisations for their contribution to the success of this symposium.

CO-ORGANISER UNIVERSITIES



**KARABÜK
ÜNİVERSİTESİ**



**UNIVERSITI
MALAYSIA
PERLIS**

SPONSORING ORGANISATIONS



www.sanayi.gov.tr



msmb.org.tr



www.kardemir.com



Ziraat Bankası

www.ziraat.com.tr

ISIA 2017 SYMPOSIUM PROGRAMME

09:00-10:00 REGISTRATION					
CONFERENCE HALL		HALL-1	HALL-2	HALL-3	HALL-4
		A1-Artificial Intelligence	C1-Business and Inf. Systems	E1-Internet of Things	H1-Big Data - Data Mining
		Yrd.Doç.Dr.Nesrin Aydın Atasoy	Yrd.Doç.Dr.Tuğba Tunacan	Doç.Dr.Ziyadullah Yusupov	Prof.Dr.Filiz Ersöz
12.10.2017-THURSDAY 10:00-12:00 <u>*WELCOME SESSION</u> Prof.Dr. Refik Polat Rector of Karabük University <u>*INVITED SPEAKERS:</u> Prof. Dr. Ercan Öztemel "Industry 4.0:Its Effect on Society" Prof. Dr. Zul Azhar bin Zahid Jamal "Industry 4.0: UniMAP is Ready!"	12.10.2017-THURSDAY 12:00-14:00 LUNCH BREAK 12.10.2017-THURSDAY 14:00-15:30	(2) Fuzzy Logic Traffic Lights Control (FLTLC)	(7) Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi İle Bir Doğalgaz Dağıtım Şirketi İçin Yeni Yatırım Merkezi Seçimi Probleminin İncelenmesi	(14) Security Vulnerabilities of the Internet of Things	(13) Big Data, Smart City and Smart City Initiatives of Istanbul
		(3) Determination of Cutting Parameters of Silicon Ingot by Using Fuzzy Logic	(12) Aile Şirketlerinde Kurumsallaşma: Karabük İli Demir Çelik Sektöründe Bir Uygulama	(24) Internet of Things (IoT): Concept, Importance, Architecture and Privacy/Security Challenges	(23) Decision Support System for Quality Control with Data Mining Method in Production Sector
		(16) Intelligent Electrical Networks: Problems And Solutions	(20) Effects Of Industry 4.0 On Turkey	(25) Internet of Things (IoT) Based Smart Lifesaving Helmet for Miners	(69) Pazarlama Alanında Endüstri 4.0 ve Karar Destek Sistemi Entegrasyonu
		(27) Augmented Reality Application For Visualization And Easy Learning Of Properties Of Continents	(26) A Study on Giving Priority of Transition for Emergency Vehicles with Machine Communication	(74) Ürün Değer Zinciri Yönetiminde Yalın Üretim ve Değer Akış Haritalama: Bir Akü Firmasında Uygulama	(45) Kurumsal Bilgi Güvenliği ve Veri Madenciliği
		(110) A Reinforcement Learning Algorithm for Building Collaboration in Multi-Agent Systems	(34) Tekstil Sektöründe Yapay Sinir Ağının Genetik Algoritmayla Eğitimi Uygulaması		

12.10.2017-THURSDAY 15:30-16:00 COFFEE BREAK	12.10.2017-THURSDAY 16:00-17:30	HALL-1	HALL-2	HALL-3	HALL-4	12.10.2017-THURSDAY 18:30 GALA DINNER
		A2-Artificial Intelligence	C2-Business and Inf. Systems	E2-Internet of Things	H2-Big Data - Data Mining	
		Yrd.Doç.Dr.M. Burak Türköz	Yrd.Doç.Dr. Taner Ersöz	Doç.Dr.Ziyadullah Yusupov	Yrd.Doç.Dr.Nesrin Aydın Atasoy	
		(37) Hataların Sınıflandırmasını Esas Alan Bir Bütünleşik Model	(30) ERP ve Endüstri 4.0 Uygulamalarının Makine Mühendisliği Eğitimine Sağlayacağı Katkıların Araştırılması ve Analiz Edilmesi	(39) Rule-Based Monitoring System for Internet of Things (IoT) Devices	(47) Innovative Approach in Understanding Quranic Linguistics Miracle Using Metodology Of Al-Tawlidiah	
		(43) Application of Fuzzy PROMETHEE Technique to Nuclear Medicine Image Reconstruction Algorithms	(32) Industry 4 Maturity Levels of Turkish SMEs in White Goods Manufacturing	(29) Endüstriyel Mobil Robotların QR Kod Tabanlı Yol Planlaması	(35) Big Data and Energy-A review	
		(51) Kontrol Altında Olmayan Prosesin Çok Değişkenli Ayırıştırma Yöntemi İle Analizi Ve Uzman Sistem Esas Alan Bir İyileştirme Modeli	(46) Human 4.0 in the Industry 4.0	(68) A Smart Waste-Garbage Container Equipped By Internet Of Things	(84) Veri Tabanı Siber Güvenlik Tehditleri ve Tespiti	
		(53) Gezgin Satıcı Probleminin Genetik Algoritma İle Çözümü	(50) Adoption of Industry 4.0: A Case of Manufacturing Firms in Turkey	(109) A Review on Implementation of Industry 4.0	(18) General Framework Model for Energy Efficiency in Cement Plants by Using Industrial Internet of Things (IIoT)	
(54) Üniversite Ders Çizelgeleme Probleminin Genetik Algoritma ile Optimizasyonu	(60) Innovation Approach and Business Field Applications in Occupational Health and Safety Measures	(15) An IoT Based Proactive Maintenance Management for Mechatronic Systems				

CONFERENCE HALL		HALL-1	HALL-2	HALL-3	HALL-4
13.10.2017-FRIDAY 09:00-10:00	Prof. Dr. Muammer Koç "Evolution, Trends, Opportunities, and Challenges of Industry 4.0"	Yrd.Doç.Dr.Çağrı Sel A3-Artificial Intelligence	Yrd.Doç.Dr.Fuat Şimşir C3-Business and Inf. Systems	Yrd.Doç.Dr.Yüksel Çelik D-Simulation	Yrd.Doç.Dr.Nurettin Eltuğ I-Material Science
		(62) A Prediction Model of Student Success by Using Ensemble Machine Learning Techniques	(67) Gıda Sektöründe Endüstri 4.0 Uygulamalarının Verimliliğe Etkisi	(48) Simulation, Synchronization and Data Encryption Applications of Chaotic Hyperjerk System	(21) Produced Of Shape Memory Cu-Zn-Sn Alloy
		(80) Genetik Algoritma Kullanarak Tekil Değer Ayrışımı Tabanlı Kırılgan ve Kör Resim Damgalama	(75) Evaluation of a Public Bus Transportation Network	(64) Thermo-Mechanical Finite Element Modeling of Shape Memory Alloy for the Simulation of Industrial Application	(44) Bor Nitrid(BN) Kaplamaların Yüzey Özelliklerini Belirleme Teknolojileri
		(90) Industry 4.0 & CAD: Psychological Diagnosis with Audivisual Data	(97) Özel Sektör İşletmelerindeki Yönetici ve Mühendislerin Endüstri 4.0 Algısı	(101) Kapalı Otopark Sisteminde Benzetim Uygulaması ve Performans İyileştirme	(72) Nanopartiküller ile Modifiye Edilen Verniklerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi
		(94) Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickups and Deliveries	(99) İşletmelerin İnovasyon Hareketlerine Endüstri 4.0'ın Etkilerinin Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Analizi	(102) Lojistik Sektöründe Benzetim Modeli ile Süreç İyileştirme	(73) As Novel Dental Composites Filler: Azol Functional SiO2
		(95) Vehicle Routing Problem with Mixed Pickups and Deliveries		(100) Emlak Sektöründe Bilişim Teknolojilerinin Kullanımı ve Bir Tahmin Modellemesi	(38) Experimental Investigation Of Efficiency in Condensing Boilers
		13.10.2017-FRIDAY 10:00-10:30 COFFEE BREAK	13.10.2017-FRIDAY 10:30-12:00		

13.10.2017-FRIDAY 12:00-14:00 LUNCH BREAK	13.10.2017-FRIDAY 14:00-15:30	HALL-1	HALL-2	HALL-3	HALL-4
		J-Robotics	B1-Automation	F1-Computer Technologies	G-Advanced Technologies
		Yrd.Doç.Dr.Mustafa Gökdağ	Yrd.Doç.Dr.Mehmet Boy	Yrd.Doç.Dr.Hakan Kutucu	Doç.Dr. Serkan Necmi Tezel
		(8) Çocukların Mekatronik Ve Otomasyon Alanlarında Gelişimi İçin Modüler Robot Tasarımı Ve Uygulaması	(4) Canlının Kemik Veya Kıkırdak Dokusunu Oluşturmak İçin Üç Boyutlu Biyoyazıcının Tasarımı Ve Geliştirilmesi	(9) An Overview Of The 'Maritime Cloud'- For E-Navigation Global Maritime Distress Safety System (GMDSS)	(32) Industry 4 Maturity Levels of Turkish SMEs in White Goods Manufacturing
		(55) Human And Robot Interactive Parallel Assembly Line Balancing in Industrial 4.0 Philosophy	(52) Yapay Zekâ İle Grup Asansör Sistemleri İçin Kabin Yönlendirme Optimizasyonun Gömülü Sistemlerde Gerçekleştirilmesi	(88) Farklı Regresyon Analizi Yöntemleri Kullanılarak Ev Fiyatlarının Tahmini	(49) Artırılmış Gerçeklik İle Mekan Tasarımı
		(91) Bir İnsan - Robot Etkileşimli İmalat Hücresinde Ergonomik Çalışma Ortam Özelliklerinin Belirlenmesi	(65) Conceptual Design of A New Meatball Forming Machine	(17) Development Of Industry 4.0 Compatible Safety Goggles	(58) Using Real-World Texture Specifics in Computer 3D Object Modeling
		(93) A Sample Central Pattern Generator Analysis On Raspberry Pi	(66) Conceptual Design of A New Electric Shaver	(28) Belirsizlikler Altında İletim Genişleme Planı Belirleme Problemi	(70) Automation in Production System and An Application in Welding Process
		(86) An Analysis of the Public Interest on Industry 4.0: The Case of Turkey		(31) A New Approach to Gather Different Cloud Solutions on A Single Platform	(111) Determination of Mechanical Behaviour of Printed PLA Specimens Using Digital Image Correlation

13.10.2017-FRIDAY 15:30-16:00 COFFEE BREAK	13.10.2017-FRIDAY 16:00-17:30	HALL-1	HALL-2	HALL-3	HALL-4
		K-Social perspective	B2-Automation	F2-Computer Technologies	L1-Related topics
		Dr.Mehmet Soysal	Yrd.Doç.Dr. Mustafa Çimen	Doç.Dr.Ziyadullah Yusupov	Doç.Dr. Serkan Necmi Tezel
		(40) Technological Unemployment and Industry 4.0: A discussion	(76) The Real-Time Automation System for Classifying Fruits with Image Processing	(57) Design and Implementation of Wireless Sensor / Actuator Network for Industrial Cyber Physical System Applications	(5) Tedarik Zinciri Sözleşmeleri Literatürünün Bulanık Ortamda İncelenmesi
		(42) Control Of Distributed Energy Resources Integration To Main Grid	(92) Akıllı Fabrikaya Geçişte İlk Adım: Tam Otomatik İmalat Sisteminin Oluşturulması	(78) Kullanılabilirlik Uzmanları için İyileştirilmiş Web Uygulaması Değerlendirme Sistemi	(19) Bilgisayar Destekli İş ile İlgili Kas Ve İskelet Bozukluğu Risk Değerlendirme Aracı: İKİB-RDA
			(108) Applying Qualitative Quality Control Graphics in the Automotive Sub- Industry in Turkey	(83) Endüstri 4.0'a Geçiş İçin Türkiye'deki KOBİ İşletmelerinin Değerlendirilmesi	(56) Definition Of Industry 4.0 And New Professions
		(98) Türkiye'deki Yükseköğretim ve Ortaöğretim Üzerindeki Endüstri 4.0 Stratejileri	(107) Akıllı Şehirlerde Araç Rotalama: Benzetimsel Dinamik Programlama Tabanlı Bir Sezgisel Yöntem	(87) Comparison Between MAC Protocols in Terms of Energy Consumption in Different dBm Power	(77) Step By Step Towards Industry 4.0
(106) Endüstri 4.0 Üzerine Bir Literatür Taraması					
13.10.2017-FRIDAY 16:00-17:30	16:00-17:30	HALL-1			
		L1-Related topics			

TABLE OF CONTENTS FOR PROCEEDINGS

Keynote Speak: Industry 4.0: UniMAP is ready!	1
Keynote Speak: Industry 4.0 / e-Manufacturing: Origins, drivers and future trends.....	9
Keynote Speak: Endüstri 4.0 ve toplum üzerindeki etkileri.....	12
Determination of cutting parameters of silicon ingot by using fuzzy logic...	13
Canlının kemik veya kıkırdak dokusunu oluşturmak için üç boyutlu biyoyazıcının tasarımı ve geliştirilmesi.....	18
Tedarik zinciri sözleşmeleri literatürünün bulanık ortamda incelenmesi.....	22
Çok kriterli karar verme yöntemi ile bir doğalgaz dağıtım şirketi için yeni yatırım merkezi seçimi probleminin incelenmesi.....	27
Big data, smart city and smart city initiatives of Istanbul.....	32
İş ile ilgili kas ve iskelet bozukluğu risk değerlendirme aracı: WMSD-RA...	40
Endüstri 4.0'ın Türkiye üzerindeki etkileri.....	44
Decision support system for quality control with data mining method in production.....	48
Internet of things (IoT): Concept, importance, architecture and privacy/security challenges.....	51
Smart lifesaving helmet for miners.....	54
A study on giving priority of transition for emergency vehicles with machine communication.....	57
Augmented reality application for visualization and easy learning of properties of continents.....	62
Belirsizlikler altında iletim genişleme planı belirleme problemi.....	66
A new approach to gather different cloud solutions on a single platform.....	71
Industry 4.0 maturity levels of Turkish SMEs in white goods manufacturing	75
Tekstil sektöründe yapay sinir ağının genetik algoritmayla eğitimi uygulaması.....	81
Big data and energy - A review.....	86
Technological unemployment and Industry 4.0: A discussion.....	92
Bor nitrür(BN) kaplamaların yüzey özelliklerini belirleme teknolojileri.....	97
Human 4.0 in the Industry 4.0.....	101
Kaotik hiperjerk sistemin simülasyon, senkronizasyon ve bilgi gizleme uygulamaları.....	105
Artırılmış gerçeklik ile mekan tasarımı.....	110
Adoption of Industry 4.0: A case of manufacturing firms in Turkey.....	113
Kontrol altında olmayan prosesin çok değişkenli ayrıştırma yöntemi ile analizi ve uzman sistem esas alan bir iyileştirme modeli.....	121
Gezgin satıcı probleminin genetik algoritma ile çözümü.....	125
Üniversite ders çizelgeleme probleminin genetik algoritma ile optimizasyonu.....	129
Endüstri 4.0 felsefesi altında insan ve robot etkileşimli paralel montaj hattı dengeleme.....	136
Endüstri 4.0 tanımı ve yeni meslekler.....	141
Design and implementation of wireless sensor / actuator network for industrial cyber physical system applications.....	146

Öğrenci başarısının bileşik makine öğrenme teknikleri kullanılarak tahmini.	150
Nanopartiküller ile modifiye edilen verniklerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi.....	156
Ürün değer zinciri yönetiminde yalın üretim ve değer akış haritalama: Bir akü firmasında uygulama.....	162
Evaluation of a public bus transportation network.....	166
Real-time automation system for classifying fruits with image processing...	172
Step by step towards Industry 4.0.....	176
Kullanılabilirlik uzmanları için iyileştirilmiş web uygulaması değerlendirme sistemi.....	182
Genetik algoritma kullanarak Tekil Değer Ayrışımı tabanlı kırılğan ve kör resim damgalama.....	186
Veri tabanlı siber güvenlik tehditleri ve tespiti.....	191
The Industry 4.0: An analysis of the efforts of Turkey.....	199
Farklı regresyon analizi yöntemleri kullanılarak ev fiyatlarının tahmini.....	203
Bir insan - robot etkileşimli imalat hücresinde ergonomik çalışma ortam özelliklerinin belirlenmesi.....	208
Akıllı fabrikaya geçişte ilk adım: Tam otomatik imalat sisteminin oluşturulması.....	216
Örnek bir merkezi desen üreticinin Raspberry Pi ile gerçekleştirilmesi.....	227
Emlak sektöründe bilişim teknolojilerinin kullanımı ve bir tahmin modellemesi.....	231
Lojistik sektöründe benzetim modeli ile süreç iyileştirme.....	242
Yeni bir köfte yapma makinasının kavramsal tasarımı.....	248
Yeni bir elektrikli traş makinesinin kavramsal tasarımı.....	256
Türkiye otomotiv yan sanayinde nitel kontrol grafikleri uygulaması.....	263
A review of the studies mapping Industry 4.0 implementations.....	272
Determination of mechanical behaviour of printed PLA specimens using digital image correlation.....	277
A reinforcement learning algorithm for building collaboration in multi-agent systems.....	280
An overview of the 'maritime cloud'- for e-navigation global maritime distress safety system (GMDSS).....	289
Aile şirketlerinde kurumsallaşma: Karabük ili demir çelik sektöründe bir uygulama.....	290
Security vulnerabilities of the internet of things.....	291
An IoT based proactive maintenance management for mechatronic systems.	292
Intelligent electrical networks: Problems and solutions.....	293
General framework model for energy efficiency in cement plants by using industrial internet of things (IIoT).....	294
Endüstriyel mobil robotların QR kod tabanlı yol planlaması.....	295
ERP ve Endüstri 4.0 uygulamalarının makine mühendisliği eğitimine sağlayacağı katkıların araştırılması ve analiz edilmesi.....	296
Rule-based monitoring system for internet of things (IoT) devices.....	297
Control of distributed energy resources integration to main grid.....	298
Application of fuzzy PROMETHEE technique to nuclear medicine image reconstruction algorithms.....	299

Thermo-mechanical finite element modeling of shape memory alloy for the simulation of industrial application.....	300
Gıda sektöründe Endüstri 4.0 uygulamalarının verimliliğe etkisi.....	301
A smart waste-garbage container equipped by internet of things.....	302
Pazarlama alanında Endüstri 4.0 ve karar destek sistemi entegrasyonu.....	303
Automation in production system and an application in welding process.....	304
As novel dental composites filler: Azol functional SiO ₂	305
Comparison between MAC protocols in terms of energy consumption in different dBm power.....	307
Industry 4.0 & CAD: Psychological diagnosis with audiovisual data.....	308
Vehicle routing problem with simultaneous pickups and deliveries.....	310
Vehicle routing problem with mixed pickups and deliveries.....	311
Özel sektör işletmelerindeki yönetici ve mühendislerin Endüstri 4.0 algısı...	312
Türkiye'deki yükseköğretim ve ortaöğretim üzerindeki Endüstri 4.0 stratejileri.....	313
İşletmelerin inovasyon hareketlerine Endüstri 4.0'ın etkilerinin çok kriterli karar verme teknikleri ile analizi.....	314
Kapalı otopark sisteminde benzetim uygulaması ve performans iyileştirme..	315
Endüstri 4.0 üzerine bir literatür taraması.....	316
Akıllı şehirlerde araç rotalama: Benzetimsel dinamik programlama tabanlı bir sezgisel yöntem.....	317
Yapay zeka ile grup asansör sistemleri için kabin yönlendirme optimizasyonun gömülü sistemlerde gerçekleştirilmesi.....	318

Industry 4.0: UniMAP is ready!

Shafriza Nisha bin Basah*, Zul Azhar bin Zahid Jamal⁺

Universiti Malaysia Perlis (UniMAP),
01000 Kangar, Perlis MALAYSIA

*shafriza@unimap.edu.my

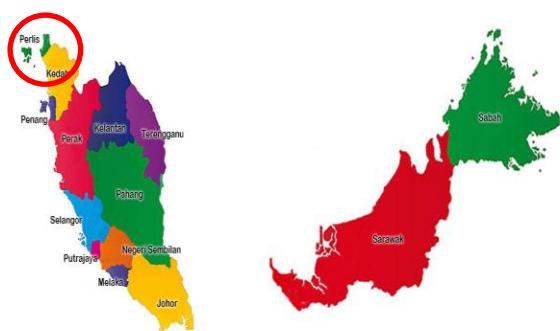
⁺zulazhar@unimap.edu.my

Abstract—The arrival of Industry 4.0 has upgraded and optimised machines, processes, products and businesses to become digitally interconnected. It posed a challenging environment to universities with a new technology focus, new industries, new jobs and new generations of students. Universities have to revise and update their approaches in education to remain relevant. This paper highlights UniMAP approaches and capabilities to stay relevant in the era of Industry 4.0. It focuses on proactive policies and initiatives, UniMAP capabilities – academic programs and staffs – and available opportunities. With these approaches and capabilities, UniMAP is confident to overcome and overturn Industry 4.0 challenges, to stay relevant.

Keywords— Industry 4.0, optimised machinery, digitally interconnected products, proactive policies.

OVERVIEW OF UNIVERSITI MALAYSIA PERLIS (UNIMAP)

Universiti Malaysia Perlis (UniMAP) is the 17th out of 21 public universities in Malaysia, and it was established in July 2001. It is located in Perlis, the northernmost state in Malaysia (Fig 1a). UniMAP is a focus university in electronic engineering to support the technical workforce demands in the northern part of Malaysia. UniMAP was previously known as Kolej Universiti Kejuruteraan Utara Malaysia (KUKUM) or Northern Malaysia University College of Engineering [1].



a) Map of Malaysia



b) UniMAP campuses

Figure 1: Overview of UniMAP locations

The first intake of UniMAP was in 2002 with 119 students in 2 undergraduate programs, namely the Microelectronic Engineering Program and the Computer Engineering Program. Currently, UniMAP offers 6 Diploma programs, 38 Bachelor's Degree programs, Master's Degrees, and Doctor of Philosophy (PhD) programs for over 13,700 students. UniMAP has three campuses (Fig 1b) – Pauh Putra campus for engineering programs, Unicity Alam for engineering technology programs and diploma programs, and the city campus for business programs. After a more than 15 years of excellent progress, UniMAP is presently ranked in the range of 221-230 in 2016 QS Asia rank.

INDUSTRY 4.0 AND ITS CHALLENGES

The fourth industry revolution of which termed Industry 4.0 has arrived mainly in the industry and the manufacturing sector. Industry 4.0 is mainly characterised by the integration and digital interconnection between products, processes, machines and businesses. Fig 2 illustrates the stages of Industry 4.0 revolution.

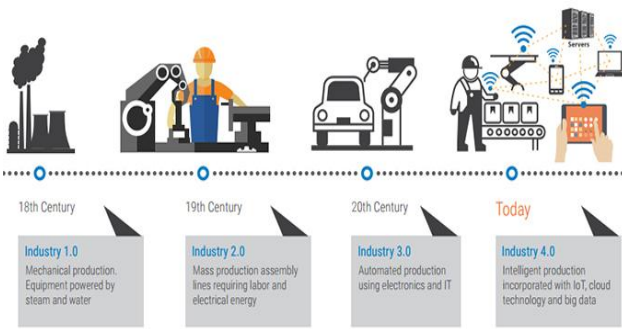
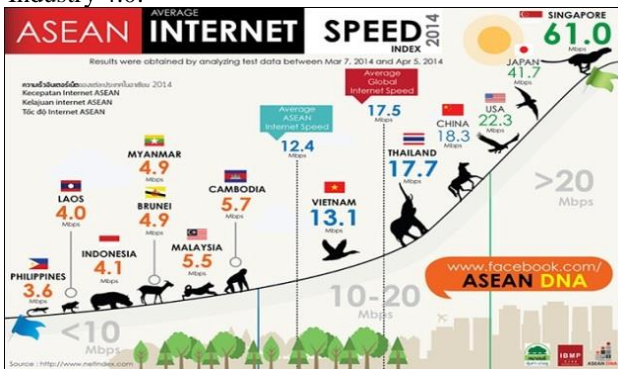


Figure 2: Industrial revolution [2]

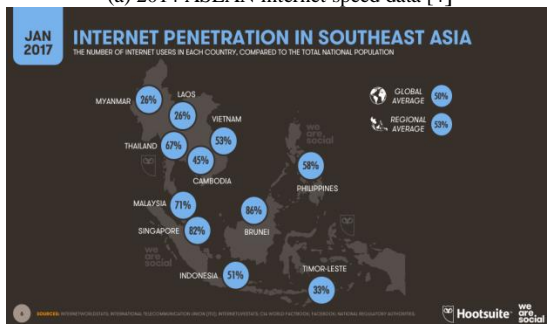
There are three main drivers that lead to the arrival of Industry 4.0 – (1) the advancement of internet solutions that provide the platform to integrate horizontal and vertical processes of a business value chain, (2) the digitisation and interconnection between products or services to customers, provided by high broadband speed and penetration, and (3) the emerging of digital business models that have the ability to provide customised and tailor-made services to its customers [3].

In Malaysia, Industry 4.0 has started to make its presence, attributed to the increase of internet and broadband speed, with 71% internet penetration rate, as shown in Fig 3a and 3b.

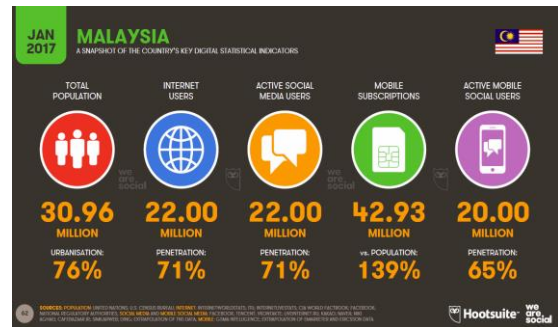
Additionally, Malaysian populations are well connected, indicated by the 76% urbanised population with 139% (or 43 millions) of unique mobile subscription, and 71% of active social users (Fig 3c and 3d). This scenario provides a conducive environment for the adoption and the rapid growth of Industry 4.0.



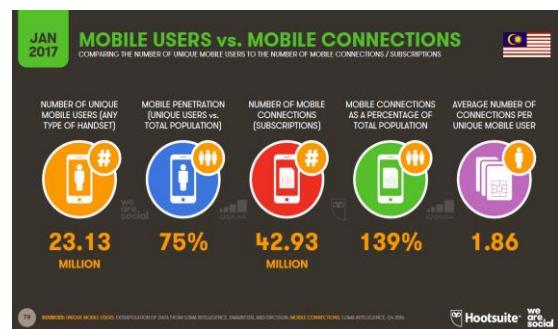
(a) 2014 ASEAN internet speed data [4]



(b) Internet penetration in Southeast Asia 2017 [5]



(c) Malaysia (Jan 2017) – Key digital statistical indicators [5]



(d) Malaysia (Jan 2017) - Mobile users vs. mobile connections [5]

Figure 3: Malaysia internet speed, internet penetration and digital statistical indicators

The adoption of Industry 4.0 by the industries poses a number of challenges, especially for the university – as the academic and workforce provider. Firstly, Industry 4.0 requires new technology focus or trends, which are autonomous robot, system integration, simulation, Internet of Things (IoT), augmented reality, cloud computing, big data, cyber security, and additive manufacturing [10]. The adoption of Industry 4.0 through these 9-technology-focus could ensure sustainable manufacturing and abreast with the market and the demand [11].

Secondly, with the new technology focus, new industry arises – for example, Uber and Airbnb which is rated as 2 of the largest taxi and accommodation companies by market capitalisation, USD 69 billion and USD 30 billion, respectively, did not own any taxi or real estate [6, 7]. They are able to beat their competitor by optimising their operation via cost reduction and rapid promotion using industry 4.0.

Thirdly, the new technology focus and the new industries result in new job requirements and skillsets. Operator jobs will no longer be needed and the majority of them will be replaced by automation. Meanwhile, jobs with higher and more specific skills are in demand. According to World Economic Forum in Geneva in 2016, “By 2020, 7.1 million jobs could be lost and 2.1 million new jobs will be created” [8]. The top affected sectors are the transportation and logistics at 56%, the

manufacturing at 46% and the retail industries at 44%. Additionally, this situation will affect all counties in the world with 10% of jobs replaced with automation, and 25% of the jobs requires significant change in tasks [9].

Finally, at present all universities are providing academic services to the new generation which were born around 1995 to 2005. This generation is referred to Generation-Z or also referred as the post-millennial or the digital natives. Since the Generation-Z are born in the era of the internet and technology, they [12, 13]:

- have a high technology adoption with face pace information,
- have a high global awareness and are addicted to entertainment,
- are extroverts and like to be involved and to be heard.

Thus, Generation-Z requires new approaches to education, to social interaction and to working environment.

With the three challenges brought by the adoption of Industry 4.0 and the requirement from Generation-Z, universities have to revise and update their approaches in education to stay relevant. At present, there is a number of discussions and proposals for universities to update their approaches – University 4.0 [14], Education 4.0 [15] and Learning 4.0 [16]. However, these are generally still in a conceptual stage. This paper highlights UniMAP approaches to stay relevant with Industry 4.0 in terms of its policies, academic programs, staffs and opportunities.

PROACTIVE AND FORWARD LOOKING POLICIES

Ministry of Education Malaysia, in 2015 has published the Malaysia Education Blueprint (MEB 2015-25) to transform Malaysia higher education system to be relevant and to be able in meeting new challenges. Broadly, MEB 2015-25 plans to increase tertiary enrolment from 1.4 million to 2.5 million students with 70% in higher education by 2025 [17]. Specifically, it provides 10 shifts or 10 collective strategies for higher education from 2015-25, as shown in Fig 4.

The 10 Shifts



Figure 4: The 10 shifts in Malaysia Education Blueprint 2015 – 2025

Shift 5 – 10 (Financial sustainability, Empowered governance, Innovation ecosystem, Global prominence, Globalised online learning, and Transformed higher education delivery) are the enablers while Shift 1 – 4 (Holistic, entrepreneurial and balanced graduates, Talent excellence, Nation of lifelong learners and Quality Technical and Vocational Education, and Training TVET graduates) are the outcomes. All UniMAP planning, operation, processes and academic programs are in-line the MEB 2015-25. The challenges from Industry 4.0 fit and well covered under shift 7 – Innovation ecosystem. With the adoption of MEB 2015-25, UniMAP is in a better position in overcoming Industry 4.0 challenges.

CEO @ Faculty Program ‘learning from the pros’

In order to reduce and to ensure a no-gap between the industry and the universities, one of many initiatives of MEB 2015-25 is the CEO @ Faculty Program ‘learning from the pros’. The main objective is to intensify the participation of the industrial sector as part of the national higher education system through experiences and expertise sharing from industry leaders [18]. Indirectly, this program could improve graduate employability by reducing mismatches between the graduate capabilities and the industrial demand. In total, sixty five (65) captains of industry from private industries, government linked companies and public services, have participated in this program. To date, UniMAP has 3 CEO’s so far, Ms Anna Maria Brown, president of B-braun Medical Industries Sdn Bhd, Mr Badrul Feisal Abd Rahim, President and Group CEO of UMW Holdings Sdn Bhd, and Dato’ Seri Jamil Salleh, Secretary General of Ministry of Domestic Trade, Co-operatives and Consumerism (Fig 5) [18].



Figure 5: UniMAP CEO @ Faculty Program

iCGPA : Integrated Cumulative Grade Point Average

iCGPA is an integrated process to assess and report students' performance in a comprehensive manner, including the knowledge, the practical and social skills, the ethics and the entrepreneurship abilities. iCGPA is used to assess holistic and balance graduates via 8 domains of learning outcomes according to Malaysian Qualifications Framework – knowledge, practical skills, social skills & responsibility, ethics & values, communication, problem solving, information management and entrepreneurship (Fig 6) [19].

Under the shift 1 of MEB 2015-25, all public universities are required to develop and use iCGPA to assess student holistic performance. The advantages of iCGPA are three folds – 1. University is able to clearly gauge student holistic performance while realigning its academic program, 2. Industry is able to match its requirement with graduate performance, and 3. Student is able to have valuable feedback for their self-improvement. Therefore, iCGPA is expected to ensure academic programs and graduates keep close trail with industry needs especially with the adoption of Industry 4.0.

In UniMAP, iCGPA has been adapted to 9 undergraduate engineering programs and will be implemented to all academic programs by 2025. All elements of practical and social skills, ethics and entrepreneurship are embedded in academic curriculum via compulsory courses. For example, 17 credit out of 137 in all undergraduate engineering programs, amounting to 13% are allocated for compulsory courses including languages, entrepreneurship, thinking skills, ethnic relations, Islamic and Asia civilization, and co-curriculums. The remaining 87% is for the engineering core and the fundamental courses.

UniMAP Co-curriculum courses are the most extensive in Malaysia with 3 compulsory credits for all students. There are 55 varieties of co-curriculum courses, including uniformed bodies such as the Reserve Officer Training Unit (ROTU - PALAPES), Police Undergraduate Voluntary Corp (SUKSIS's Corps) and sport courses.

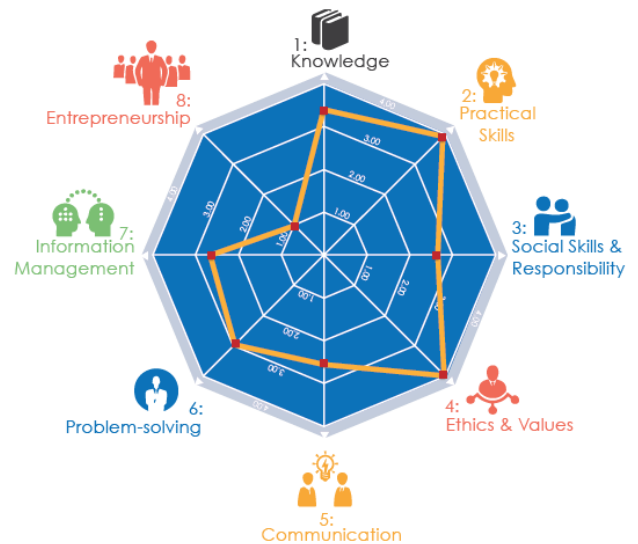


Figure 6: Integrated Cumulative Grade Point Average and its 8 domains

Agile Governance

In 2016, UniMAP was awarded with an autonomy status by the Ministry of Higher Education Malaysia. The autonomy status enables UniMAP to be independent and self-governed in 4 main areas – institutional governance, finance and income generation, human resource management, and academic management, along with student enrolment. The autonomy status is important as UniMAP could be responsive and resilient to always be relevant in its ecosystem, especially in the era of Industry 4.0.

The effort to increase university income is greatly intensified by establishing a subsidiary, Technopreneur UniMAP Sdn Bhd (TUSB). In 2016, TUSB was approved with a research and development status under Malaysia Investment Development Authority (MIDA). With this status, TUSB has the benefits of double tax incentive in research, consultation and commercialisation services with the industries. To date TUSB has managed to generate research and consultation contract values of RM 2.8 million while another RM 9.5 million is under negotiation.

Additionally, to ensure all processes leading to income generations being smooth and efficient, they are streamlined and rationalised under a one stop centre. Endowment is also recognised as an alternative source of funding and its processes are optimised by working closely with local Islamic administrative agency, MAIPs.

Moving forward, UniMAP had recently launched its strategic plan for 2025, focusing on creating partnerships and driving growth. The plan focuses on 4 main thrusts (Fig 7):

- Internet Of Things
- Internet of people
- Industrialized graduate association
- Wealth creation.

The strategic plan will provide clear directions with tangible targets and outcomes, for examples, 85% graduate employability, 65% of PhD academicians, and RM30 million from endowment by 2025.

Globalised Online Learning

In order to respond to the needs of students from Generation-Z or the digital natives, Malaysia Massive Open Online Courseware (MOOC) was launched in September 2014 [20]. This is part of the Ministry of Education’s initiatives in shift 9 – globalised online learning under MEB 2015-25 (Fig 3). The Malaysia MOOC is a national e-learning platform where all 21 public universities can provide course materials in online forms, and accessible for free to all. To date, there are 207 courses in Malaysia MOOC with over 220,000 active students from 170 countries [21]. Malaysia MOOC could be accessed via url: <https://www.openlearning.com/malysiamoocs>. Currently, UniMAP is offering 6 courses in Malaysia MOOC with around 800 active students. UniMAP encourages its staff and student to be part of Malaysia MOOC, and intensifying its effort to have more courses by 2020.



Figure 7: UniMAP strategic plan 2025

Additionally, all administrative processes in UniMAP are facilitated by many integrated websites, online systems, portals and mobile applications. For example, the student registration system, the staff human resource management. The advantages are twofold – 1) ensuring information and administrative processes could be continuously accessed regardless of time and locations, 2) all processes became more efficient as their cycle time became shorter and reduce the needs of printing. In the latest webometric ranking for websites, UniMAP is ranked 9th out of around 400 institutions in Malaysia, and 32nd from over 3300 institutions in Southeast Asia [22].

INDUSTRY 4.0 DRIVEN ACADEMIC PROGRAMS

The focus of UniMAP is in engineering programs, and specifically in the field of electronics to support the industries in the northern region of Malaysia. UniMAP is currently offering 38 undergraduate programs, 6 diploma program and postgraduate programs including Master of Science (MSc) and Doctor of Philosophy (PhD), summarised in Table 1. To maintain the excellent quality and standard, all UniMAP programs are accredited by Washington Accord and Malaysia Qualification Agency (MQA). Teaching and learning in all academic programs are also supported by cutting-edge labs and appropriate facilities.

Table 1: Summary of UniMAP academic programs

Level	Programs
Diploma	6 Engineering programs
Undergraduate	21 Engineering programs 14 Engineering technology programs 3 Business management programs
Postgraduate	PhD by research MSc by research 6 MSc by coursework (mixed mode)

All undergraduate programs are developed and maintained by close interaction with the industry as the stakeholders. Therefore, the elements of Industry 4.0 are embedded in all engineering programs, and for example, the majority of the compulsory final year projects, and integrated design projects in all undergraduate programs are related to Industry 4.0 elements. Additionally, PhD and MSc programs also focused on multidisciplinary elements related to Industry 4.0. The teaching and facilities in UniMAP are rated as excellence, as indicated by the award of 5 stars in QS Teaching and QS Facilities from 2015 to 2017.

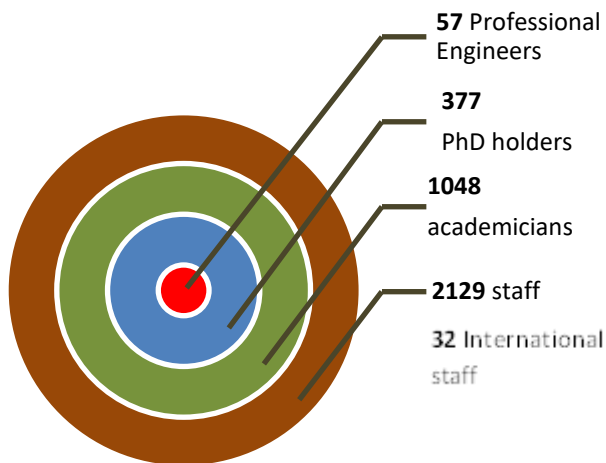
In the current academic session, over 13,740 students are enrolled in UniMAP with 888 international students from 35 countries. The majority of international student come from Middle East countries.

In terms of industry acceptance, UniMAP graduates are highly sought after, indicated by the 92% graduate employability (GE) index (2016) with the majority of the students managed to secure job positions in the period of 6 months after their graduation. In 2016, UniMAP graduate employability is ranked third, out of 21 public universities in Malaysia.

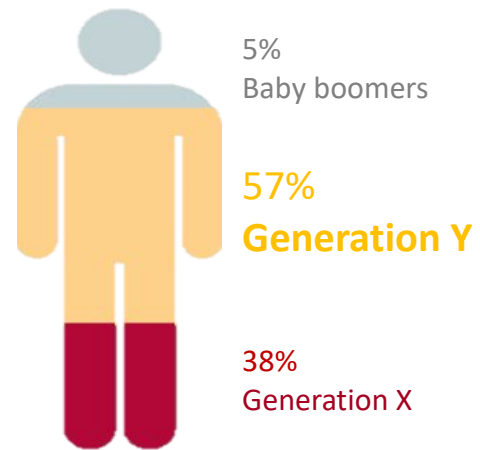
DYNAMIC AND PROFICIENT STAFF

UniMAP is supported by a total of 2,129 staffs, with 1048 being the academicians with wide range of expertise as indicated in Fig 8a. In summary, around 50% of UniMAP staffs are academicians and 36% of them have their PhD in various engineering fields. The majority of them are focusing on electronics and engineering. Around 6% (57) of academicians hold professional engineer status, and 3% (32) are international staffs.

Referring to Fig 8b about UniMAP academic staffs profile, according to generation – majority of academic staffs (57%) were born in the period of 1981 to 1995 (Generation-Y) and 38% were born in 1965 to 1980 (Generation-X) and 5% were born in 1940 to 1964 (Baby boomers). Thus, the generation gap between majorities of UniMAP academic staffs to students in Generation-Z (the digital natives) is not significant. This scenario results in a straightforward technology adoption and the application of new teaching and learning methods – especially in dealing with the digital natives and Industry 4.0.



a) Staffs profile according to position and qualification



b) Academic staffs profile according to generation

Figure 8: UniMAP staffs profile

The excellent performance of UniMAP staffs is well demonstrated by 2017 QS ranking by subjects- Mechanical engineering (top 300), Engineering and technology (top 500) and Electrical and Electronic (Ranked).

Additionally, the interlacing between dynamic and proficient staff, cutting-edge facilities and efficient processes, a number of Industry 4.0 related projects were successfully completed. These projects create huge income and saving to the university. Two of these projects are:

- Point-to-point wireless bridge project – optimisation of broadband connectivity in UniMAP distributed campuses using self-developed technology, results in a saving of over RM 5 mil per year.
- Optimisation of routing for buses – real time tracking and optimisation of UniMAP fleet of buses using self-developed embedded systems and sensory devices, results in saving RM 1 mil per year for a fleet of 45 buses.

CHUPING VALLEY INDUSTRIAL AREA

Chuping Valley Industrial Area (CVIA) is one of many growth node development planned by the Northern Corridor Implementation Authority (NCIA) – the authority responsible for devising policies and strategies for socioeconomic development in the northern part of Malaysia [23]. CVIA covers an area of around 2500 acres (10km²) located in UniMAP vicinity (in between all UniMAP campuses and 15 km away from UniMAP Pauh Putra campus (main campus), as shown in Fig 9.

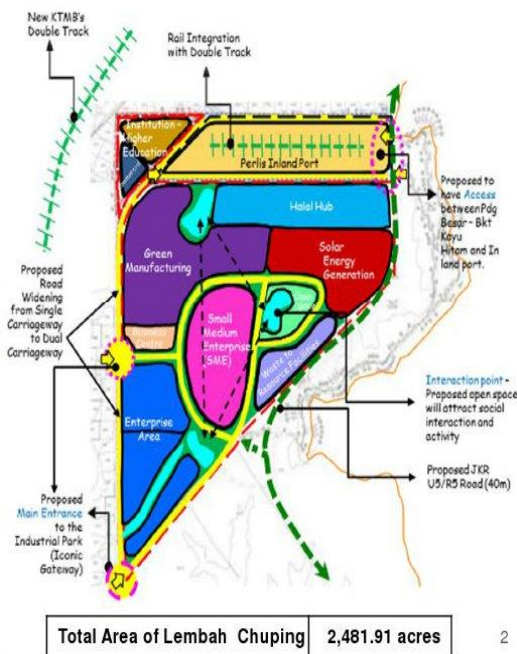


Figure 9: Chuping Valley Industrial Area

The focused development and industries in CVIA are renewable energy, green manufacturing, and halal industry. By 2025, over 12,500 jobs are to be created in CVIA with a contribution of RM2.5 billion to Malaysia gross national income, (GNI) [24]. The main strategy thrust of CVIA, is to be efficient and to be optimised, is by utilising Industry 4.0 concept.

UniMAP has been in a close engagement with NCIA and thus far has completed many training and development projects for students, graduates and engineers in collaboration with the industries and NCIA. As an example, RM11.1 million was secured from NCIA, and various electronics industries for training and research in MEMS, LED and FPGA. Moving

forward, UniMAP has recently secured 3 new projects with CVIA:

- Community innovation centre for Electrical 2 Wheeler (E2W) or eScooter,
- Industry 4.0 – IoT training centre for SME’s in the northern region, and
- Electronic test training & development centre.

Engagement with NCIA, CVIA and other industries are ongoing and it is expected, more collaborative and profitable projects will be materialised.

CONCLUSIONS

UniMAP approaches to stay relevant in Industry 4.0 era were highlighted. Proactive policies and initiatives are in place – comprehensive blueprint (MEB 2015-25), CEO @ faculty programs, the iCGPA, autonomy status and UniMAP strategic plan 2025. Additionally, UniMAP capabilities of its academic programs, dynamic staff and available golden opportunities (CVIA) provide a solid foundation for the university. With these approaches and capabilities, UniMAP is confident to overcome Industry 4.0 challenges, and to stay relevant.

REFERENCES

- [1] Universiti Malaysia Perlis, <https://www.unimap.edu.my> (assessed 18/9/2017)
- [2] Industry 4.0 – The future of the Factory, BCM Advanced Research Report http://www.bcmcom.com/solutions_application_industry_40.htm (assessed 20/9/2017)
- [3] Koch, V., Kuge, S., Geissbauer, R., & Schrauf, S. (2014). Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet. *Strategy & PwC*.
- [4] Internet Speeds Across ASEAN, <http://www.aseanbriefing.com/news/2014/04/24/internet-speeds-across-asean.html> (assessed 16/9/2017)
- [5] Digital in South East Asia in 2017, Special report <https://wearesocial.com/special-reports/digital-southeast-asia-2017> (assessed 16/9/2017)
- [6] Leila Abboud (2017) Uber’s \$6b billion dilemma, Bloomberg Gadfly, <https://www.bloomberg.com/gadfly/articles/2017-03-16/uber-needs-to-get-real-about-that-69-billion-price-tag> (accessed 20/9/2017)
- [7] Bensinger Greg (2017) New funding round pushes Airbnb’s value to \$31 billion, The Wall Street Journal,

- <http://www.marketwatch.com/story/new-funding-round-pushes-airbnbs-value-to-31-billion-2017-03-09> (accessed 20/9/2017)
- [8] World Economic Forum. (2016). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. World Economic Forum, Geneva, Switzerland.
- [9] OECD Employment Outlook 2016, OECD Publishing, Paris
- [10] Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242
- [11] Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, 40, 536-541.
- [12] Generation Z Defined: Global, Visual, Digital http://mccrindle.com.au/SocialAnalysis/2012/Generation-Z-Defined-Global-Visual-Digital_McCrindle-Research-2013.pdf (assessed 15/9/2017)
- [13] Seemiller, C., & Grace, M. (2016). Generation Z goes to college. John Wiley & Sons.
- [14] Lapteva, A. V., Efimov, V. S., Лаптева, А. В., & Ефимов, В. С. (2016). New Generation of Universities. University 4.0. *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*;2016 9 (11)
- [15] Wallner, T., & Wagner, G. Academic Education 4.0. International Conference on Education and New Developments 2016
- [16] Richert, A., Plumanns, L., Gross, K., Schuster, K., & Jeschke, S. (2015). "Learning 4.0" Virtual Immersive Engineering Education. *Digital Universities: International Best Practices and Applications*, 2.
- [17] Ministry of Education, Malaysia (2015). *Malaysia Education Blueprint (2015-2025) (Higher Education)*, Putrajaya, Malaysia: Ministry of Education
- [18] Ministry of Education, Malaysia, CEO @ Faculty Programme 'Learning from the Pros'. <http://ceo.myain.my/about> (accessed 15/9/2017)
- [19] Hemdi, M. A., Zahari, M. S. M., & Hanafiah, M. H. M. Integrated Cumulative Grade Point Average (iCGPA): CONCEPTS, CHALLENGES, AND REALITY, Conference Heads of Academic Department (CHAD), 2016
- [20] OpenLearning Selected as Malaysia's National MOOC Platform, <https://www.openlearning.com/blog/OpenlearningComSelectedAsMalaysiaSNationalMooPlatform> (assessed 16/9/2017)
- [21] Students and varsities are ready, the star 26/3/17, <http://www.thestar.com.my/news/nation/2017/03/26/students-and-varsities-are-ready/> (assessed 15/9/2017)
- [22] Webometric – Ranking Web for Universities, <http://www.webometrics.info/en/detalles/unimap.edu.my> (accessed 16/9/2017)
- [23] Koridor Utara Malaysia Annual Report 2015
- [24] Koridor Utara Malaysia, <http://www.koridorutara.com.my/> (assessed 18/9/2017)

Industry 4.0 / e-Manufacturing: Origins, drivers and future trends

Muammer Koc

*Hamad bin Khalifa University (HBKU) / Qatar Foundation, Education City, Doha, Qatar
mkoc@hbku.edu.qa*

Industry 4.0 has been another trendy term during the past few years mainly promoted by scientists, business leaders and government agencies from Germany. When studied closely, it is apparent that it has been mainly based on “cyber-physical systems- CPS” concept, but with an emphasized relation and utility in manufacturing field. In fact, it has been highlighted and promoted under different names in different countries and regions. For example, in early 2000s, it was studied and reported as “e-Manufacturing” in the U.S. whereas “Smart Factory” was the name mainly used among Japanese and East Asian researchers.

e-Manufacturing was defined as “the ability to monitor the plant floor assets, predict the variation of product quality and performance loss of any equipment for dynamic rescheduling of production and maintenance operations, and to synchronize with related business services to achieve a seamless integration between manufacturing and higher level enterprise systems.”

Today, even with the best implemented lean manufacturing practices, many companies still face the following problems, which are all interrelated to each other: 1) Defect parts, 2) High downtime, 3) High energy utilization and cost, 4) Long changeover and ramp up time, 5) Long lead time for new product realization (long part and process design, and validation periods), 6) Slow decision making (high inventory, slow scheduling, etc.). The proposed e-manufacturing architecture addresses the above issues by bringing about innovations on smart assessment methodologies for degradation prediction and prevention as well as to develop advanced maintenance and service technologies to enable manufacturers and customers to sustain their assets with near zero-downtime conditions.

Dynamically updated information and knowledge about the capabilities, limits and variation of manufacturing assets for various suppliers guarantee the best decisions for outsourcing at the early stages of design. In addition, e-Manufacturing platform enables customer orders autonomously across the supply chain, bringing unprecedented levels of speed, flexibility and visibility to the production process reducing inventory, excess capacity and uncertainties.

The intrinsic value of an e-Manufacturing system is to enable real-time decision making among product designers, process capabilities, and suppliers. It provides tools to access life cycle information of a product or equipment for continuous design improvement. Traditionally, product design or changes need to take weeks or months to be validated with suppliers. With the e-Manufacturing system platform, designers can validate product attributes within hours using the actual process

characteristics and machine capabilities. It also provides efficient configurable information exchanges and synchronization with various e-business systems (Fig. 1).

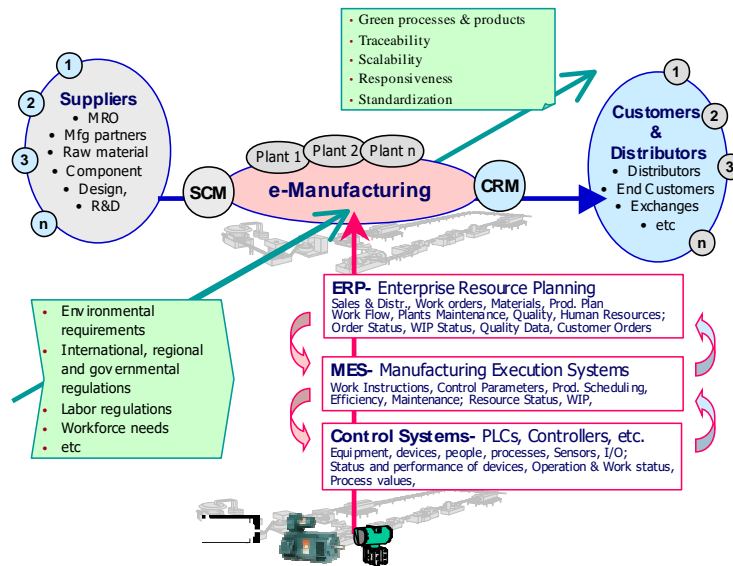
The major functions and objectives of e- Manufacturing are:

- transparent, seamless and automated information exchange process that can be also coined as O.H.I.O (only handle information once),
- total asset management that aims improving the utilization of plant floor assets using a holistic approach combining the tools of predictive maintenance techniques,
- e-supply chain network that links entire SCM operation and asset optimization, and

sophisticated customer service system that serves customers utilizing the latest predictive intelligence methods and tether-free technologies.

The remaining research issues in the field of e-Manufacturing or Industry 4.0 can be summarized as follows to benefit and attention of young researchers:

1. Development of intelligent agents for continuous, real time, remote and distributed monitoring and analyses of devices, machinery and systems to provide the first and most needed element of predictive maintenance via offering real time information about machine’s performance status (health condition), its capability of producing quality parts (or completing its tasks), etc.,
2. Development of remote, distributed and web-based quality control systems and their integration with intelligent predictive agents described above in order to identify quality variations and their causes in real time,
3. Development of a dependable and scalable information pipeline/platform for complete transformation, optimization and synchronization of plant floor problems, issues, and solutions with higher level production, maintenance and transaction scheduling systems, inventory control systems, supply chain systems and with ERP for dynamic scheduling of production, maintenance, human and other resources, dynamic inventory monitoring and control, optimization of energy/power utilization, etc.,
4. Development of virtual design platform for collaborative part, process, tooling design among suppliers, design and process engineers and as well as customers for fast validation and decision making.



Integration of e-Manufacturing into e-Business systems to meet the increasing demands through tightly coupled SCM, ERP and CRM systems as well as environmental and labor regulations and awareness

Fig. 1: Overall depiction of e-Manufacturing system to ensure seamless flow of information, materials and people for quality, traceable provision of products, processes and services.

More specific research goals, which call for multi-disciplinary training of researchers or interdisciplinary teamwork can be listed as follows: Development of embedded intelligent machine infotronics and dependable link between the devices/machinery and business systems that enable products, machinery and systems to

1. learn about their status and environment,
2. predict degradation of performance,
3. reconfigure itself to sustain functional performance, and
4. inform business decisions directly from the device itself.

Availability, generation and handling of big data into information to knowledge and to actions, and vice-versa call for special attention and care on overall system security including cyber-physical security as depicted in Fig. 2. Thus, big data, machine learning, data mining and cyber security remain to be very critical research and training grounds for future generation particularly if e-Manufacturing or Industry 4.0 concepts are extended into 4th social revolutions to influence business, health, financial, education and commercial aspects of our lives, even into the metaphysical world of people as summarized in Fig. 3.

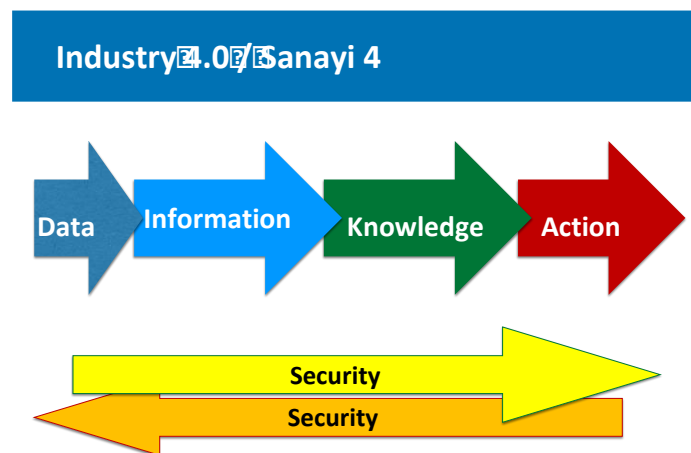
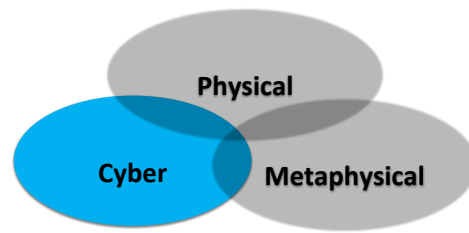


Fig. 2: Flow of big data into information to knowledge and action in an e-Manufacturing or Industry 4.0 concept, and the critical importance of security (both cyber and physical) in this envisioned system.

Trends



- Multiple-player Internet-based games
- Virtual lives
- Mind crafting

Fig. 3: Tools and enablers developed for cyber-physical systems (CPS) or e-Manufacturing are expected to be embedded in other aspects of our lives including business and commercial transactions, services, operations, financial, health and education systems, even with a potential to be extended into metaphysical world.

Endüstri 4.0 ve toplum üzerindeki etkileri

Prof. Dr. Ercan Öztemel

*Endüstri Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Marmara Üniversitesi,
Göztepe Kampüsü, İstanbul
eoztemel@marmara.edu.tr*

Bu sunumun amacı genel hatları ile endüstri 4.0 hakkında bilgiler vermek ve teknolojik gelişmelerin insan hayatı üzerindeki etkisine yönelik bir değerlendirme yapmaktır. Hayatımızdaki her şey değişmektedir. Değişmeyen bir tek şey vardır. O da DEĞİŞİMİN kendisidir. Tarım toplumundan sanayi toplumuna oradan da enformasyon toplumuna dönüşüm hızla bilgi toplumuna doğru evrilmektedir. Endüstride dijital hâkimiyet her an kendisini daha fazla hissettirmektedir. Sanayileşme hareketi buhar makinesinin bulunması ile (birinci devrim) başlamış, elektriğin icat edilmesi neticesinde seri imalat yoğun (ikinci devrim) bir şekilde devam etmiştir. Bilişim teknolojisindeki gelişmeler ve otomasyon (üçüncü devrim) endüstriyel toplumlarda beklentilerin çok üzerinde bir dönüşüm oluşturmuş bu değişimin etkisi günümüze kadar gelerek dijital ve otonom sistemlerin hâkim olduğu (dördüncü devrim) bir dünyaya evrimleşmektedir. Dijital imalat (otomasyon, veri alışverişi, üretim teknolojileri), entegre iletişim ağı (nesnelerin interneti), siber fiziksel sistemler, akıllı fabrikalar (esneklik, hız, verimlilik) temelinde bir yapılanma görülmektedir. Gelişen teknolojik bilgi ve alt yapı ile artık makinelerin yorum yapabileceğini, problem çözebileceğini, ilişki kurup karar verebileceğini, öğrenebileceğini, bilgisayarların normal koşullarda çözemediği karmaşık problemlere çözümler üretebildiğini, kelimeleri anlayabildiğini, merdiven çıkabildiklerini, top oynayabildiklerini, sorulara cevap verebildiklerini haberleşebildiklerini, olayları algılayıp önceliklendirebildiklerini vb. biliyoruz. Bu gelişmeler geleceğin imalat sistemlerinin ürün, zeka, bilişim ağı ve iletişim olanaklarının bir bütün halinde yürütüldüğü sistemler olacağını göstermektedir. Endüstri 4.0 adı verilen bu değişim sürecinin insan hayatını da yakından etkileyecek gelişmelere yol açacağını söylemek yanlış olmaz.

Bu kapsamda özellikle 10-15 yıllık süreçte “implante teknolojilerinin” insan sağlığı başta olmak üzere birçok alanda fayda üreteceğini söylemek yanlış olmaz. Dijital dünyada etkin olmak ve “görüş

gözlükleri” ile sanal dünya ile gerçek dünyayı bire bir eşleştirecek sistemler ile özellikle önleyici bakım çalışmalarının daha etkin yürütüleceği açıktır. Bilişim sistemleri her yerde kendisini gösterecek hatta “giyilebilir internet” teknolojisi ile insandan ayrılmaz bir yapıya bürünecektir. Tüm dünyada internetin kullanıma başlanması, internet için artık ücret ödemeye dahi gerek kalmayacağı, veri depolamanın maliyetlerinin günümüzdeki maliyetlerinde çok daha ucuz hale geleceğini söylemek artık öngöründen öte bir gerçeği ifade etmek ile aynı anlama gelmektedir. “Nesnelerin interneti” ile insanlar ile evleri arasında yakın bir arkadaşlık bağı kurulacaktır. Makineler birbirleri ile konuşacak ve insansız fabrikaların yolu açılacaktır. İnsanların iş profili değişecek ve yeni meslekler kendisini gösterecektir. Gidişata ayak uydurmakta zorlanan ülkeler de “teknolojik işsizlikle” uğraşmak durumunda kalacaklardır. Akıllı fabrikalar ile birlikte akıllı şehirler doğmak ve milyonlarca sensörün desteği ile insanlar yaşamlarını sürdürecektir. Boyutları artık ölçülemeyecek boyutlara ulaşan “büyük veri” üzerinde analizler yaparak tahmin edilmesi mümkün olmayan bilgilere ulaşılacak ve karar vermenin etkinliği şaşırtıcı şekilde artacaktır. O kadar ki! İşletmelerde robotlar yönetim kurullarında görev alarak karar verme sürecini destekleyeceklerdir. Sürücüsüz araçlar ile trafik sorunlarının üstesinden gelinebilecek, eczacılık hizmetleri gibi hizmetler robotlar tarafından gerçekleştirilebilecektir. 3 Boyutlu yazıcılar oyuncak sektörü başta olmak üzere hayatın her aşamasında kullanılan araç ve gereçleri üretebiliyor olacaklardır. İnsanların seyahat için araçlarını paylaşmaları şimdiden hayatın bir parçası olmuştur. Bu tür paylaşımcılık yaygın hale gelecektir. Devletler dahi her türlü işlemlerini internet üzerinden gerçekleştirecektir. E-fatura, e-arşiv uygulamaları ile ülkemizde e-devlet uygulamalarında önemli aşamalar şimdiden kat edilmiştir. Bu gidişatın beklenenin üzerinde bir hızla devam edecektir.

Determination of cutting parameters of silicon ingot by using fuzzy logic

Savas Ozturk¹, Cihan Mizrak², Erhan Kayabasi³,
Huseyin Kurt⁴, Erdal Celik⁵

¹ Faculty of Engineering and Architecture, Department of Material Science and Engineering, Izmir Katip Çelebi University, Izmir, Turkey
ozturksavas@gmail.com

² Faculty of Engineering, Department of Mechatronic Engineering, Karabuk University, Karabuk, Turkey
cihanmizrak@karabuk.edu.tr

³ Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Karabuk University, Karabuk, Turkey
erhankayabasi@karabuk.edu.tr

⁴ Faculty of Engineering and Architecture, Department of Mechanical Engineering, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey
hkurt@karabuk.edu.tr

⁵ Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Dokuz Eylul University, Izmir, Turkey
ercelik2000@gmail.com

Abstract— A fuzzy logic (FL) simulation was used to estimate surface roughness values (R_a) for an n-type single crystalline Silicon (c-Si) ingot cutting operation with a Diamond Wire Saw (DWS) cutting machine. The three parameters affecting surface quality: spool speed, z axis speed and oil ratio in a coolant slurry were assumed as input data for DWS cutting operation. Other parameters such as wire tension, wire thickness, and work piece diameter were assumed as constant. The DWS cutting machine performed 28 cutting operations with different values of the selected three parameters and new cutting parameters were derived for different cutting conditions to achieve the best surface quality by using FL. Wafers 400 μm thick were cut from a same n-type c-Si ingot in a STX 1202 DWS cutting machine. R_a values were measured three times from different regions of the wafers. In present study R_a values corresponding to the cutting parameters, and proper cutting parameters for specific R_a values were determined for DWS cutting using FL.

Keywords— Silicon wafer, Fuzzy Logic, cutting parameters, roughness

I. INTRODUCTION

microelectronic devices and solar cells [1, 2]. For instance, Si is fundamental material in PV solar cell application and c-Si comprises more than %85 of the PV market in recently [3]. The cost of growing a Si ingot and wafering the ingot into thin pieces comprise 28% of the total cost distribution of solar module production [4-6]. In last decades, DWS became a conventional method for wafering Si ingots because it has high cutting capacity, low material requirement and permits desired thickness and provides low R_a values [1, 7-10]. However, it causes long cutting duration, requires high cost coolant slurries in high quantities. In addition, a corrugated surface remains after cutting operation. Also, many wafers and diamond wire are lost because of the breakages. So, total production cost of a solar cell increases by these incidents. [6, 8, 10]. In addition, the surface condition after DWS promotes the duration, energy and material consumption of lapping step [6, 11]. Hence, DWS

parameters have to be specified exactly to optimize material and energy consumption, minimize R_a values and control total process duration [3].

A Fuzzy logic (FL) is logical system, consists of an addendum of multivalued logic. In general, fuzzy logic (FL) is equivalent with theory of fuzzy sets theory developed on the logic of the sort of objects with indefinite frontiers belong to membership functions[12]. In fact, FL is based on a mathematical theory of imprecise argument permitting to model reasoning process with linguistic terms such as medium, slow, and fast, may be defined by fuzzy sets[13].

In a FL, a fuzzy data set must be formed consisting of set of rules without exact and sharp boundaries and containing elements partial degree of membership. Curves that describes how points in input space is mapped to a membership value (or degree of membership) between 0 and 1, is called membership functions (MFs) [12]. That is to say, FL is focused on steady transition from correct results to in correct results on the contrary of disconnected transition in binary logic. The fundamental manner of fuzzy logic theory permits to determine the potential ability of a subset in belonging to another subset. Therefore, fuzzy logic is preferable in many engineering branch than statistical methods [13, 14].

Here, we specified new cutting parameters to minimize R_a values by using experimental parameter set and surface measurements with a FL for the first time. For this purpose, 28 cutting were performed with two different coolant ratio and different spool speeds and z axis speeds by utilizing a STX 1202 DWS machine. Then, average R_a values were recorded from three various points of wafer surfaces. In second step, cutting parameters used in experiments and R_a measurements after DWS were used in FL as to develop membership functions and rules. Thirdly, new non-performed data parameters set was

prepared and simulated in developed FL. Consequently, R_a values for several cutting parameters were predicted and. Variation of R_a values versus cutting parameters were supplied via curves evaluated in terms of R_a , cutting duration, material and energy consumption. Thirdly, best DWS parameters were specified to minimize surface R_a , cutting duration, and material and energy consumption for further applications of Si.

II. EXPERIMENTAL AND METHOD

Three parameters were preferred for DWS process, z axis speed, spool speed and coolant oil ratio, because they are fundamental parameters on R_a , in STX 1202 DWS cutting system with operated maximum 5 m/s spool speed and 10 mm/min z axis speed. Cutting parameters were preferred between 2.5 to 4.5 m/s and 0.5 to 1 mm/min for spool speed and the z axis speed, respectively with a pure oil coolant. In addition, spool speed and z axis speed were performed between 2.5 to 5 m/s and 1 to 2 mm/min for coolant oil and diluted water mixture in 3:10 ratio by volume. All cutting parameters and their intervals were given in Table 1.

TABLE I
CUTTING SETTINGS USED IN EXPERIMENTS

Spool Speed (m/s)	z Axis Speed (mm/min)	Coolant Oil [%]
2.5	0.5 0.75 1.0	100
3.0		
3.5		
4.0		
4.5		
2.5	1.0 2.0	30
3.0		
3.5		
3.75		
4.0		
4.5		
5.0		

R_a measurements were performed with a Mitutoyo SJ 210 instrument. Spool speed and z axis speed and coolant oil mixture should be adjusted properly for the lowest R_a in shortest cutting duration. Deep DWS damages on a sample Si wafer cut with non-optimized parameters were demonstrated in Figure 1. Also, higher R_a values increases lapping duration, material and energy consumption.

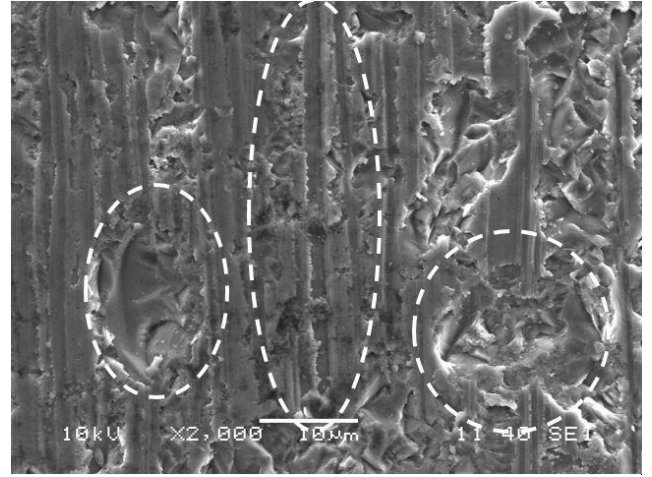


Fig. 1 Deep damage of DWS on Si wafer

Moreover, some of DWS damages might remain after further applications such as texturization process because of non-optimized cutting parameters. One of SEM image subjected to our study showing remained DWS prints were demonstrated in Figure 2. Many deep DWS prints between upright pyramidal shapes formed in a micro texturization process can be observed obviously.

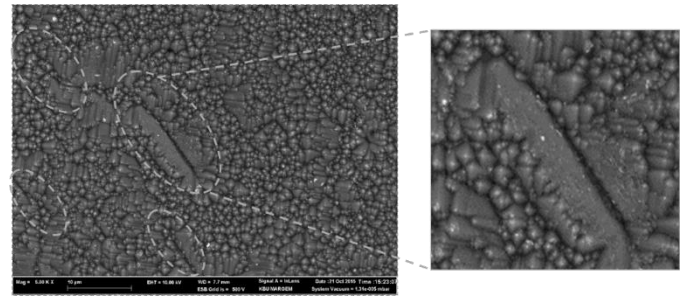
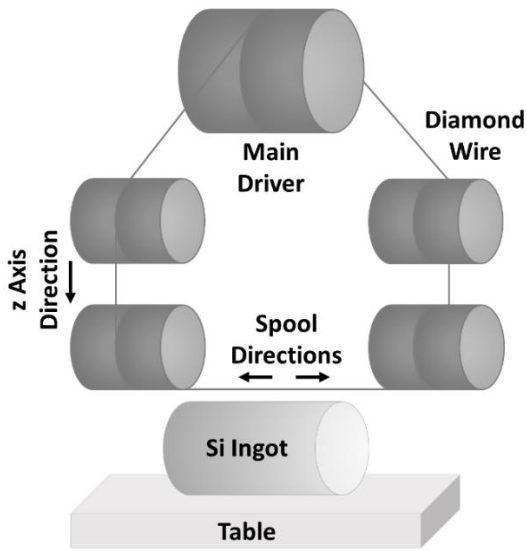


Fig. 2 Deep damage of DWS on textured Si wafer

The operation schema of STX1202 DWS machine is given in Figure 3. Main driver supplies spool speed for the wire consisting of a steel wire carrying diamond particles in right and left directions. Main system moves along the z direction to for wafering Si ingot in desired thickness. Si ingot was rigidly clutched on a table to prevent unwanted movements to the diamond wire and Si ingot. “Digit” cutting oil was used as coolant slurry, which is soluble in water. Wafers were washed in distilled water, acetone and a 5% HF solution for the cleaning step.

Fig. 3 Schematic of STX 1202 machine cutting system



III. RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study spool speed, z axis speed and oil ratio effecting surface roughness were defined as input variables and surface roughness was defined output variable for fuzzy logic system. Spool speed and z axis speed have 9 logic intervals and their membership functions were selected triangle type. Oil ratio input variable has also triangle type membership function and 2 logic intervals as demonstrated in Fig. 4.

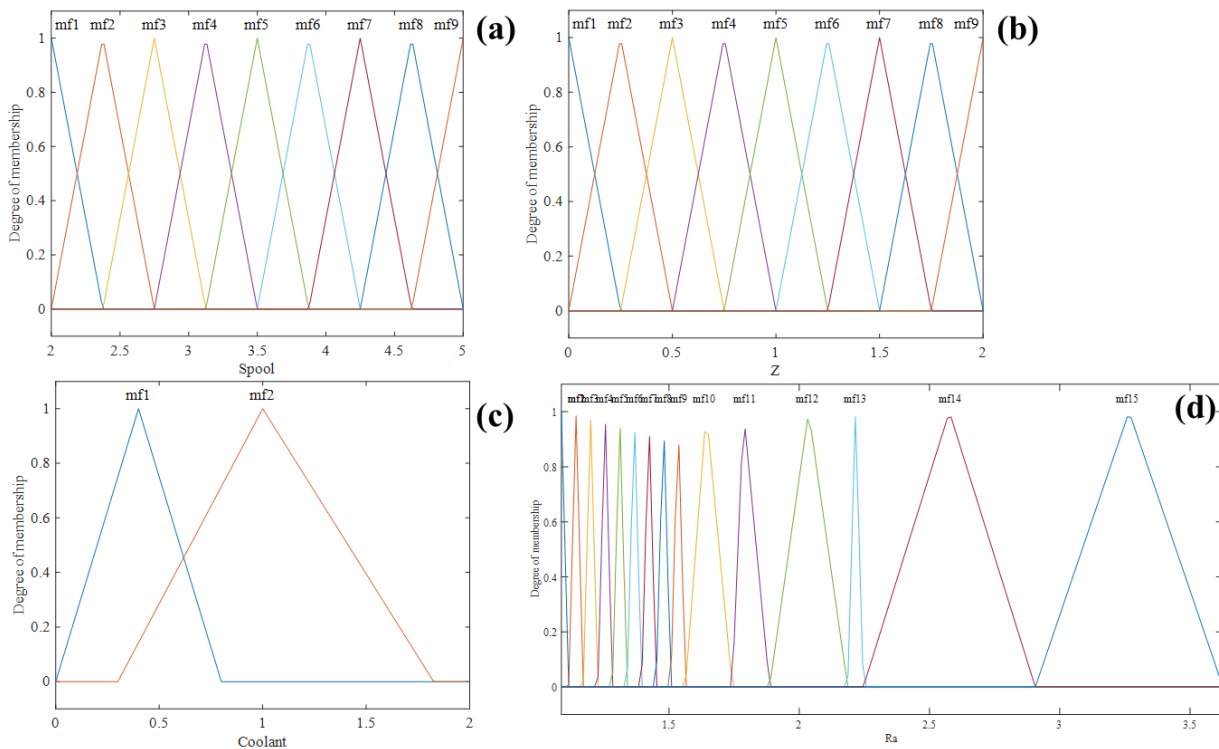


Fig. 4 Membership functions: a) Spool speed, b) z axis speed, c) coolant oil, d) Surface Roughness

According to results of the experiments, most of surface roughness's were observed below $2\ \mu\text{m}$ intensively. So, logic intervals of output variable were defined below $2\ \mu\text{m}$. That's because Ra values greater than $2\ \mu\text{m}$ were in lower number, logic intervals of output variable were rare as given in rare Fig. 4d. Experimental results and fuzzy logic results were compared and maximum relative error was observed nearly 7% as given in Table 2. Minimum relative error was observed in experiment 27 with 0.039%. Moreover, most of the error values were observed around 0% and 2%.

Hence, Table 2. proofs the success of developed Fuzzy logic system due to low errors between measured and simulated Ra results.

Relations between input variables and output variables were defined with 112 rules and variation of Ra values according to variations in spool speeds, z axis speeds and coolant oil mixture were represented in Fig. 6. Fig. 5 gives all surface variation graphs of Ra values under different spool speed, z axis speed and coolant oil.

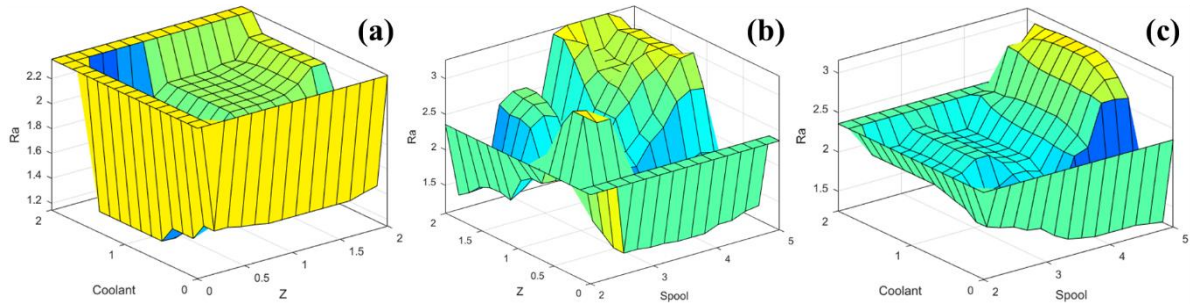


Fig. 5 Variation of surface roughness values across the samples

Lower z axis speeds provide lower R_a values according to Fig. 6. However, in lower z axis speeds cutting operation takes too much time more than two hours and causes too much expensive coolant oil and energy. In Fig. 6a, researchers can choose a suitable spool speed and z axis speed for their special

applications to provide optimum R_a values in lower cutting operation durations. In Fig. 6b, we can observe that, dilution of cutting oil provided more stable cutting operation for almost all cutting parameters. In addition, increasing spool speeds provided lower R_a values in contrast to Fig 6a.

TABLE III
EXPERIMENTAL RESULTS, FUZZY LOGIC SIMULATION RESULTS AND RELATIVE ERRORS

Exp. no.	Spool speed (m/s)	Z axis speed (mm/min)	Coolant oil (%)	Measured R_a (μm)	FL result R_a (μm)	Relative error (%)
1	2.5	1	0.3	1.745	1.739	0.352
2	2.5	2	0.3	1.431	1.448	1.162
3	2.5	0.5	1	3.269	3.162	3.259
4	2.5	0.75	1	2.036	1.979	2.788
5	2.5	1	1	2.080	2.056	1.130
6	3	1	0.3	1.569	1.609	2.568
7	3	2	0.3	1.424	1.448	1.659
8	3	0.5	1	1.141	1.168	2.403
9	3	0.75	1	1.432	1.468	2.534
10	3	1	1	2.219	2.216	0.125
11	3.5	1	0.3	1.377	1.368	0.678
12	3.5	2	0.3	1.406	1.424	1.309
13	3.5	0.5	1	1.157	1.144	1.100
14	3.5	0.75	1	1.499	1.479	1.317
15	3.5	1	1	2.176	2.036	6.438
16	3.75	2	0.3	1.416	1.394	1.548
17	4	1	0.3	1.321	1.308	0.946
18	4	2	0.3	1.358	1.368	0.722
19	4	0.5	1	1.087	1.117	2.720
20	4	0.75	1	1.786	1.807	1.153
21	4	1	1	2.303	2.349	1.982
22	4.5	1	0.3	1.304	1.308	0.345
23	4.5	2	0.3	1.340	1.368	2.075

24	4.5	0.5	1	1.256	1.217	3.127
25	4.5	0.75	1	1.839	1.985	7.928
26	4.5	1	1	2.906	3.014	3.722
27	5	1	0.3	1.254	1.254	0.039
28	5	2	0.3	1.259	1.254	0.358

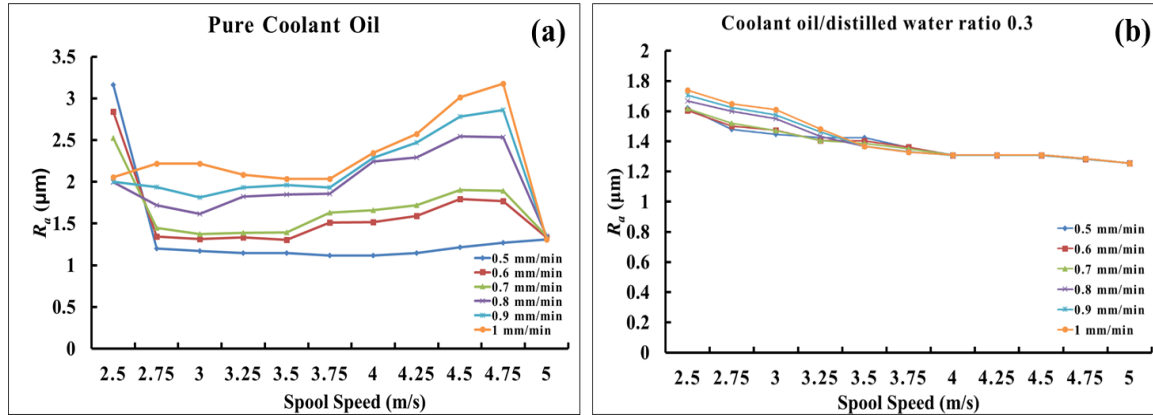


Fig. 6 Fuzzy Logic simulation results: a) for pure coolant oil, b) for 0.3 coolant oil ratio

IV. CONCLUSION

After surface measurements, a fuzzy logic system was developed to determine new cutting parameters to perform optimum cutting operation with lowest surface roughness. These results permit researchers to select the best spool speed, z axis speed and coolant oil ratio for DWS operation while considering low R_a , low material and low energy consumption. In addition, optimized parameters also prevent the formation of corrugated shapes and breakage of the diamond wire and Si wafer. This study provides a roadmap for researchers studying the cutting of Si ingot in DWS and facilitates the selection of optimal parameters for future studies.

REFERENCES

- [1] Sun, X., et al., Waviness removal in grinding of wire-sawn silicon wafers: 3D finite element analysis with designed experiments. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2004. 44(1): p. 11-19.
- [2] Yahia, I.S., F. Yakuphanoglu, and O.A. Azim, Unusual photocapacitance properties of a mono-crystalline silicon solar cell for optoelectronic applications. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2011. 95(9): p. 2598-2605.
- [3] Wu, H., C. Yang, and S.N. Melkote, Effect of reciprocating wire slurry sawing on surface quality and mechanical strength of as-cut solar silicon wafers. *Precision Engineering*, 2014. 38(1): p. 121-126.
- [4] Anspach, O., B. Hurka, and K. Sunder, Structured wire: From single wire experiments to multi-crystalline silicon wafer mass production. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2014. 131: p. 58-63.
- [5] Ranjan, S., et al., Silicon solar cell production. *Computers & Chemical Engineering*, 2011. 35(8): p. 1439-1453.
- [6] Schwinde, S., M. Berg, and M. Kunert, New potential for reduction of kerf loss and wire consumption in multi-wire sawing. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2015. 136: p. 44-47.
- [7] Zhuang, Y.F., et al., Versatile strategies for improving the performance of diamond wire sawn mc-Si solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2016. 153: p. 18-24.
- [8] Bidiville, A., et al., Wire-sawing processes: parametrical study and modeling. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2015. 132: p. 392-402.
- [9] Pei, Z.J., et al., An experimental investigation into soft-pad grinding of wire-sawn silicon wafers. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2004. 44(2-3): p. 299-306.
- [10] Yu, X., et al., Thin Czochralski silicon solar cells based on diamond wire sawing technology. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2012. 98: p. 337-342.
- [11] Kayabasi, E., et al., Determination of cutting parameters for silicon wafer with a Diamond Wire Saw using an artificial neural network. *Solar Energy*, 2017. 149: p. 285-293.
- [12] Fuzzy Logic Toolbox™, User's Guide. 2017: The MathWorks, Inc.
- [13] Kanish, T.C., et al., A Fuzzy Logic based Model to Predict the Improvement in Surface Roughness in Magnetic Field Assisted Abrasive Finishing. *Procedia Engineering*, 2014. 97: p. 1948-1956.
- [14] Ali, Y.M. and L.C. Zhang, Surface roughness prediction of ground components using a fuzzy logic approach. *Journal of Materials Processing Technology* 1999. 89-90 (1999): p. 561-568.

Canlının kemik veya kıkırdak dokusunu oluşturmak için üç boyutlu biyoyazıcının tasarımı ve geliştirilmesi

Aysu Akilli*, Hatice Evlen⁺

*Amasya Üniversitesi, Makine ve Metal Teknolojisi, Amasya, Türkiye

aysu.akilli@amasya.edu.tr

⁺ Karabük Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği, Karabük, Türkiye.

hakgul.karabuk.edu.tr

Özet— Üç boyutlu biyoyazıcıların günümüzün ilerleyen teknolojisinde tıbbi ve medikal alanda birçok üretim işlevleri bulunmaktadır. Vücut parçaları için üç boyutlu biyoyazıcılar ile kısa zamanda istenilen boyut ve şekilde üretim yapılmaktadır. Yaygın kullanımı olan biyoyazıcıların kullanılabilirliğini kolaylaştırmak için tasarımı yapılan biyoyazıcının çalışma kabınınin üretilen kemik veya kıkırdak dokusunun canlılık vücutuna uyumunun sağlanması için sıcaklık, nem, karbondioksit oranı vb. kabin içi ortam koşullarının ve biyoyazıcı konstrüksiyonunun analizi yapılmıştır. Böylece işlevsel ve özgün biyoyazıcı tasarımı yapılarak canlılık eksik veya zarar görmüş kemik veya kıkırdak dokusunun üretilmesi yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler— Biyoyazıcı tasarımı, biyomalzeme, delta yazıcı, FEM Analizi.

I. GİRİŞ

Üç boyutlu yazdırma, dijital ortamda çizimi yapılan üç boyutlu dosyadan (CAD çizimleri) üç boyutlu katı nesnelere üretilme sürecidir. Bu işlemleri gerçekleştiren makineler üç boyutlu yazıcı olarak adlandırılır.

Günümüzde, tıp dünyasında birçok hastalığın tanısında, tedavi sürecinde ve gerektiğinde cerrahi operasyonlarda hasta dokuların görüntülerinden yararlanır. Görüntüleme tekniği ile iki boyutlu görüntüleri alınarak canlı vücudunun üç boyutlu modellerinin oluşturulması gerekmektedir. Üç boyutlu modeli oluşturabilmek için bilgisayar programında modellenmesi yapılır ve uygun biyoyazıcı tasarlanır. Modellenen canlı kemik veya kıkırdak parçanın üretimi yapılarak biyo uyumluluğunun tespit edilmesi yapılır.

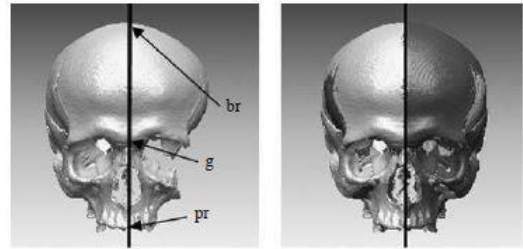
II. G BİYO MALZEME BASKISI

Biyomalzeme baskısı Bilgisayar destekli tasarım ve imalat, biyomalzeme ve biyo yazdırma aşamalar izlenerek oluşturulacak üretimdir.

A. Bilgisayar destekli tasarım ve imalat

CAD/CAM sistemlerinde modelleme yapabilmek için, ölçüm cihazları (dijital dönüştürücü ve tarayıcı), geniş hacimli üretim cihazları, gerekli bilgisayar grafiklerini oluşturarak restorasyonun dizaynını belirleyen bir bilgisayar programı. Modelin taranmasıyla elde edilen dijital verilerin bilgisayar programı aracılığıyla grafik ve tasarım haline dönüştürülmesi bir dakika gibi kısa bir sürede olmaktadır. Şekil 1’de insan

kafatasının MR ile görüntüsü alınıp üç boyutlu modelleme programında modellenmesi yapılarak hasarlı kafatasının tekrar modellenmesi görülmektedir.



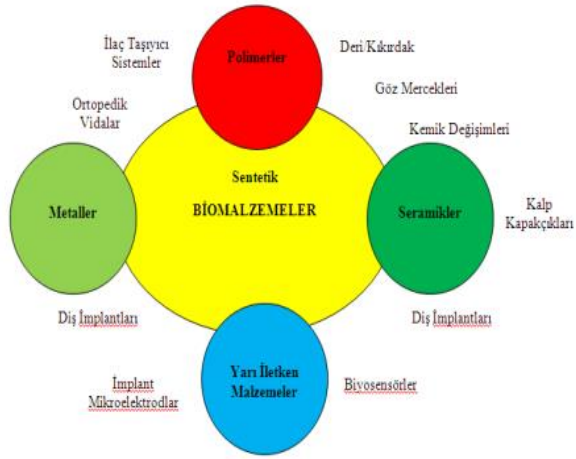
Şekil 1. İnsanın hasarlı kafatası ve düzelen kafatası görüntüsü [1].

CAD/CAM sistemlerin çalışma prensiplerini ve üretim şekillerini inceleyecek olursak; bilgisayar destekli teknolojiyle yapılırken, istenilen bölgenin görüntüsünü dijital ortama aktaran dönüştürücüler ölçüyü veya ana modeli okuyabilen tarayıcılar sayesinde dijital veriler elde edilir. Bu veriler doğrultusunda CAD programları kullanılarak restorasyonun son şekli dizayn edilir ve biyoyazıcıya veriler *.stl uzantılı olarak gönderilir.

B. Biyo Malzeme

Üç boyutlu biyo yazıcı ile bilgisayar programından aldığımız üç boyutlu modelleme verileri ile kemik veya kıkırdak dokusu üretimi yapılacaktır. Bio yazıcıda kullanılmak üzere biyo malzeme yapılarak biyo yazıcılarda kullanılması planlanmaktadır.

Biyomalzemeler, ortopedik uygulamalarda eklem protezi ve kemik yenileme malzemesi olarak, yüz ve çene cerrahisinde, diş implantlarında, yapay kalp parçalarında, kalp kapakçığında, kateter, fiksator malzemesi olarak, bel kemiği enstrümantasyonlarında, metal parçalarda, vidalarda, delikli vidalarda, vida pullarında, çivilerde, fiksator tellerinde, kalça plaklarında, anatomik plaklarda, açılı plaklarda ve vücuda yerleştirilebilir cihazlarda v.b. yerlerde kullanılmaktadır[2]. Temel malzeme gruplarından üretilen sentetik biyomalzemelere genel bir bakış Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. Senteetik Biyomalzemelere Genel Bakış [2].

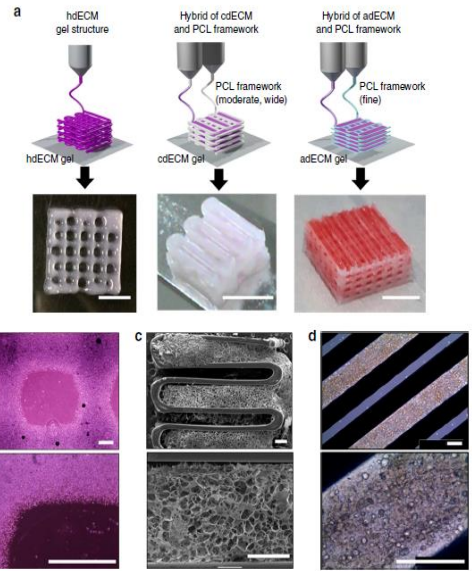
Doku mühendisliği yöntemi genel olarak hücre tutunması ve işlevselliğini koruyup destekleyen bir doku desteği, hedef dokuya uygun olarak seçilen zengin bir hücre kaynağı ve bu hücrelerin davranışını kontrol eden büyüme faktörlerini içermektedir. Laboratuvar ortamında canlı, fonksiyonel üç boyutlu kemik oluşturulmasını hedef alan kemik doku mühendisliğinde önemli nokta, doğal kemiğin yapısını ve rejenerasyon sürecini iyi bir şekilde taklit edebilmek ve üç boyutlu taşıyıcı üzerinde yeterli miktarda mineralize doku elde edebilmektir[3].

C. Biyo Yazdırma

Biyoyazdırma, 3boyutlu baskı işleminin, canlı hücrelerin hassas konumlandırılmasıyla, kompleks biyolojik yapıların (doku, organ) katman katman oluşturulmasıdır[4].

Biyoyazdırma tekniği iki ve üç boyutlu biyolojik yapıların oluşturulmasını sağlar. Biyomalzemelerin yanısıra; hücreler arası madde, proteinler, büyüme faktörleri, canlı hücreler bu teknik ile işlenebilirler. Biyoyazdırma sahip olduğu mikron boyutundaki çözünürlük sayesinde geleneksel doku mühendisliğinin sahip olduğu dezavantajları aşmaktadır. Biyoyazdırma; homojen gözenek dağılımı, yapı ve geometri, gözeneklilik ve hücreler arası bağlılık özelliklerini sağlayabilmektedir. Ayrıca heterojen yapıları da üretebilmektedir. Heterojen yapıların üretilmesi geleneksel doku mühendisliği ile mümkün değildir[5].

Mikroekstrüzyon teknolojisi kullanan yazıcılar, robot kontrollü materyal ekstrüzyonu gerçekleştirir[6].



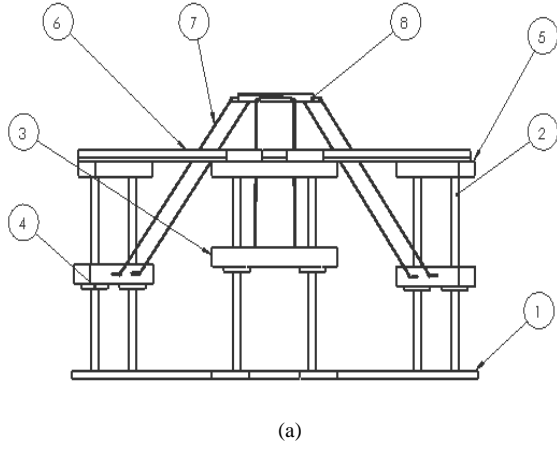
Şekil 3. DECm bioink ile belirli doku yapılarının baskı işlemi[6].

Mikroekstrüzyon teknolojisinde ekstrüzyon, pnömatik ya da mekanik (piston ya da mil) sistemler ile gerçekleştirilir. Mekanik sistemler, pnömatik sistemlere göre daha sağlıklı bir ekstrüzyon gerçekleştirir. Bunun sebebi pnömatik sistemlerde bu olayın gaz basıncı, mekanik sistemlerde ise bir piston ya da mil ile gerçekleştirilmesidir. Pnömatik sistemler büyük ve kolay uygulanabilir sistemler iken, mekanik sistemler daha küçük, hassas ve kompleks bir yapıya sahiptir. Mikroekstrüzyon teknolojisi, akışkan özelliklerine sahip, literatürde bilinen pek çok biyoyumlu malzeme ile kullanılabilir[6].

BİYO YAZICI TASARIMI

Bu sistemin çalışması, oluşturulan kabin içinde belirlenen uzayda ve atmosfer koşulları altında mikroenjeksiyon baskı teknolojisiyle bir kemik veya kıkırdak dokusu oluşturulması planlanmaktadır.

Kabin içerisinde belirlenen üç boyutlu uzayda; malzemenin üretileceği alt hareketli tablanın delta tipinde X, Y ve Z eksenleri senkronize hareket edecek şekilde bir sistem düşünülmüştür. Şekil 4'de Delta tipi hareketli tablanın teknik resim görüntüsü verilmektedir.

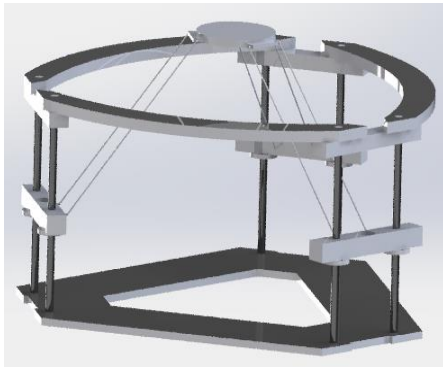


ITEM NO.	PART NUMBER
1	alt tabla 300 eskenar
2	mil cap 12x300
3	hareketli aparat
4	rulman
5	hareketli aparat kapak
6	üst hareketli sabitleme
7	mil cap 3x300 küre uc
8	deney tablası

(b)

Şekil 4. Delta tipi(a) hareketli tabla parça listesi(b)

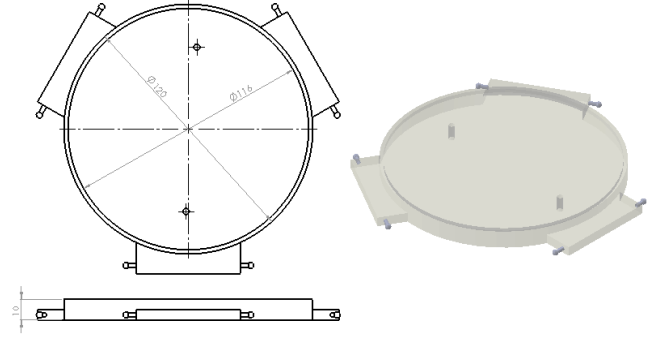
Delta tipi tablanın alt kısmında sistemi tutan tabla bulunmaktadır. Alt tablada hareket için merkezleme görevi üstlenen çap 12 ve boyu 300 mm olan indüksiyonlu kromlu mil kullanılmaktadır. Deltanın hareketini sağlayacak olan çap 16 mm olan vidalı mil üç adet nema 17 step motor kullanılmaktadır. Step motorları sürücü kartları programlanarak vidalı milin step motorundan aldığı hareket ile hareket aparatın bağlı olduğu sisteme aşağı yukarı hareket edecektir. Bu sayede hareketli aparata bağlı olan tablanın bağlı olduğu çap 3 mm boyu 300 mm olan kromlu mil hareketi ile tablanın esnek hareketi sağlanacaktır. Şekil 5’ de Delta tipi hareketli tabla model görünümü bulunmaktadır.



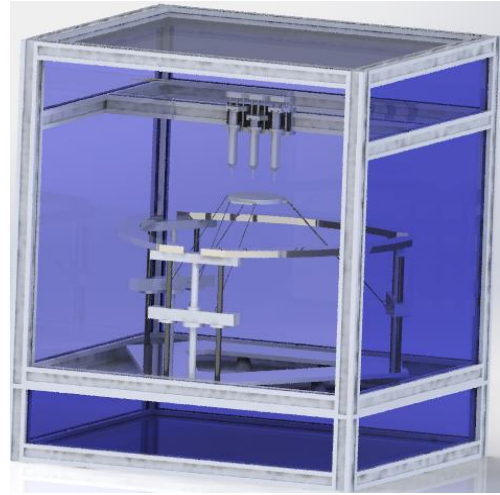
Şekil 5. Delta tipi hareketli tabla model görünümü

Enjeksiyon sisteminde tüm şırıngaların tam otomatik kullanımını destekleyecek şekilde tasarlanmıştır.

Üç boyutlu biyo yazdırma prosesinde kabin içerisinde uygun atmosferik koşulların sağlanması için mevcut ortam ölçümleri; karbondioksit miktarının ölçümü, sıcaklık ve nemin ölçümü yapılacaktır. Malzemenin yazdırılacağı tabla Şekil 6’da verilmektedir. Tabla üzerinde iki delik bulunmaktadır bu delikler tabla içerisindeki sıvının pompa yardımı ile giriş ve çıkışını sağlaması için tasarlanmıştır.



Şekil 6. Deney tablası model görünüşü



Şekil 7. BiyoBone’un görüntüsü.

Projede kabin sisteminde nem, sıcaklık ve karbondioksit oranlarının istenilen seviyede tutulması için kabinin sızdırmazlık özelliği olan malzemeler kullanılmıştır. Kabinin titreşimin en az seviyede tutulması için 40x40- K8 tipinde sigma profil seçilmiştir. Sigma profillerinin çevresini kapatacak ve sızdırmazlık sağlayacak olan plexyglass malzeme kullanılmıştır. Şekil 7’de planlanan sistemin modeli bulunmaktadır.

SONUÇLAR

Biyo yazıcıda canlının kırık veya kemik dokusunu oluşturabilecek sistem tasarlanmıştır. Bu sistemde canlının farklı dokularını oluşturmak için üç şırınga kullanılarak farklı biyo malzemelerle mikroekrüzyon yöntemi kullanılmıştır.

Üretim tablasında sıvı geçişleri sağlanarak dokunun canlılığının korunması sağlanmıştır. Kabin sızdırmazlığı sağlanarak ortamın nem ve sıcaklık dengesi sağlanarak karbondioksit uygun seviyede tutulmuştur. Böylece biyo uyumlu ürün üretimi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] *Gümüşderelioğlu, M., 2002, Tıbbın geleceği biyomalzemeler, Bilim ve Teknik Dergisi, 2- 4.*
- [2] *Yilgor P, Sousa RA, Reis RL, et. al. Effect of Scaffold Architecture and BMP-2/BMP-7 Delivery on in vitro Bone Regeneration. J Mater Sci Mater Med 2010; 21; 2999-3008.*
- [3] *Murphy, S. V. & Atala, A. (2014) 3D bioprinting of tissues and organs. Nature Biotechnology. 32 (8). p. 773.*
- [4] *Jana, S., Lerman, A., "Bioprinting a cardiac valve", Biotechnol Adv, <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.006>, (2015).*
- [5] *Aydın L., Küçük S., Kenar H., "Doku Ve Organ Biyo Yazdırma Amaçlı 3b Biyo Yazıcı Tasarımı Ve Geliştirilmesi", tıp teknolojileri ulusal kongresi, Muğla, 2015.*
- [6] *Falguni Pati, Jinah Jang, Dong-Heon Ha, Sung Won Kim, Jong-Won Rhie, Jin-Hyung Shim, Deok-Ho Kim & Dong-Woo Cho," Printing three-dimensional tissue analogues with decellularized extracellular matrix bioink", Article number: 3935 (2014) doi:10.1038/ncomms4935.*

Tedarik zinciri sözleşmeleri literatürünün bulanık ortamda incelenmesi

Gülçin Canbulut*, Hülya Torun⁺

*Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü Kayseri/TÜRKİYE
gcanbulut@nny.edu.tr

⁺Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü Kayseri/TÜRKİYE
hbehret@erciyes.edu.tr

Özet— Tedarik zinciri yönetimi; 20. Yüzyılda araştırılan önemli iş stratejilerinden biridir. İşletmeler içinde buldukları tedarik zincirlerini etkin bir şekilde yönetmek istemektedirler ve bu sebeple tedarik zinciri üyelerinin birtakım aktiviteleri yerine getirmeleri gerekmektedir. Ancak çoğu zaman tedarik zinciri üyelerinden olan tedarikçi ve perakendecinin istekleri birbirinden farklılık göstermektedir. Bu sebeple de üyeler arasındaki uyumun sağlanması gerekmektedir. Ortaya çıkan bu ihtiyaç sebebiyle tedarik zinciri üyeleri kendileri aralarında birtakım koordinasyon mekanizmaları oluşturmaktadırlar. Tedarik zincirindeki üyeler karşılıklı yapılan sözleşmeler ile hem kendi performanslarını hem de tedarik zinciri toplam performansını artırmaya yönelik çalışmalar yapmaktadırlar. Tedarik zinciri üyeleri arasındaki bu uyumun belirsizlik içeren ortamlarda sağlanması koordinasyon problemini daha da zorlaştırmaktadır. Mevcut literatürdeki çalışmaların çoğunda stokastik belirsizlik altındaki tedarik zinciri sözleşmeleri incelenmiştir. Ancak yeterli verinin olmaması halinde olasılık dağılımlarının oluşturulması mümkün olmadığı için bulanık küme teorisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada da tedarik zinciri sözleşmeleri ile ilgili olarak bulanık ortamda yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler— Tedarik zinciri yönetimi, Sözleşme analizi, Bulanık küme teorisi, Bulanık tedarik zinciri.

I. GİRİŞ

1990'lerden sonra işletme kararlarının tam merkezinde müşteriler yer almaya başlamıştır. Ve firmalar müşterilerini tatmin edebilmek için yer aldıkları değer zinciri içerisindeki bütün üyelerle işbirliği yollarını geliştirmeye çalışmaktadırlar. Bu işbirliği sürecinin adı da Tedarik Zinciri Yönetimi olarak belirlenmiştir [1].

Optimum tedarik zinciri performansı için üyelerin birtakım aktiviteleri yerine getirmesi gerekmektedir. Ne yazık ki; bu aktiviteler tedarik zinciri üyelerinin pek ilgisini çekmemektedir. Buna rağmen; firmalar bazı ödemeler üzerine birtakım sözleşmeler yaparak; optimum performansı elde edebilirler [2].

Tedarik zinciri üyeleri arasındaki sözleşmelerin; belirsizlik içeren ortamlarda sağlanması; koordinasyon problemini daha da zorlaştırmaktadır. Bu belirsizliklerin modele yansıtılabilmesi için literatürde kullanılmış olan birçok teknik ve teori bulunmaktadır. Bu teknik ve teorilerden en yaygın olarak kullanılanı olasılık teorisi ve olasılık dağılımlarıdır ve olasılık teorisi ve dağılımları sadece ölçülebilir ve rassal

belirsizlikleri modele yansıtılabilmektedir. Ancak gerçek hayattaki problemler ölçülemez, belirsiz ve muğlak veriler içerebilmektedir. Bu belirsizlik kümesini modele yansıtılabilmek için kullanılacak alternatif teori Lotfi A. Zadeh [3] tarafından 1965 yılında sunulan bulanık küme teorisidir. Konu ile ilgili yapılan literatür taraması sonucunda; yapılan çalışmalarda incelenen belirsizliklerin genellikle stokastik ortamda olduğu ve bulanık belirsizlik içeren çalışmaların daha dar kapsamda kaldığı görülmektedir.

Bu çalışmada öncelikli olarak stokastik ortamdan yapılan tedarik zinciri sözleşme çalışmalarının başlıcalarından bahsedilmiş; ardından bulanık ortamda yapılan tedarik zinciri sözleşme literatürü incelenmiştir.

II. LİTERATÜR TARAMASI

Çalışmanın bu kısmında literatürde yapılan çalışmalar stokastik ve bulanık ortamda yapılmış olanlar şeklinde sınıflandırılarak açıklanmıştır.

A. STOKASTİK ORTAM ÇALIŞMALARI

Tedarik zinciri yönetimi ve sözleşmeleri üzerine iki detaylı çalışma; Tsay ve Nahmias [4] ve Cachon [2] tarafından yapılmıştır.

Tsay ve Nahmias [4] sözleşmelerin sınıflandırılması ve genel kullanımları ile tedarik zinciri modeli üzerine çalışmalar yapmıştır.

Cachon [2]'a göre ise; tedarik zincirini koordine etmek için kullanılan birçok sözleşme bulunmaktadır: geri satın alma sözleşmesi, kar paylaşım sözleşmesi, miktar esnekliği sözleşmesi, satış indirimi sözleşmesi ve miktar indirimi sözleşmesi. Cachon ayrıca tedarik zincirinde talep belirsizliğine odaklanmıştır.

Tedarik zinciri yönetimindeki sözleşmeler için uygulanabilecek en temel tedarik zinciri modeli gazeteci çocuk (newsvendor) problemi olarak karşımıza çıkmaktadır [2]. Bu problemde bir tedarikçi ve bir perakendeciden oluşan bir tedarik zinciri yapısı bulunmaktadır. Stokastik talepli tek bir satış sezonu vardır ve perakendecinin satış sezonu başlamadan tedarikçiye edeceği sipariş miktarı için tek bir şans bulunmamaktadır.

Notasyonlar:

- ✓ D: Perakendeci talebi
D > 0

F: talebin dağılım fonksiyonu

f: talebin yoğunluk fonksiyonu

F; diferansiyellenebilir, sürekli artan ve F(0) = 0

$$\bar{F}(D) = 1 - F(D) \text{ ve } \mu = E[D]$$

- ✓ p: Perakende fiyatı
- ✓ g_s : Tedarikçi birim üretim maliyeti
- ✓ g_r : Perakendeci marjinal üretim maliyeti
- $g_r + g_s < p$
- ✓ v_r : Perakendeci hata maliyeti
- v_s : Tedarikçi hata maliyeti

Notasyonel olarak kolay gösterim için;

$$g = g_s + g_r \text{ ve } v = v_s + v_r$$

✓ h: Hurda maliyeti, perakendecinin sezon sonunda satılmayan her ürün için kazandığı miktar (h < g)

✓ T: Perakendeciden tedarikçiye beklenen transfer maliyeti

Tedarikçi perakendeciye bir sözleşme önerir. Perakendeci bu sözleşmeyi ya reddeder ya da kabul eder. Diyelim ki perakendeci sözleşmeyi kabul etti; tedarikçiye bir sipariş miktarı (Q) önerir. Tedarikçi üretir; perakendeciye sezon öncesinde gönderir. Sezon talebi oluşur ve ödeme gerçekleşir. Eğer perakendeci sözleşmeyi kabul etmezse; her firma varsayılan miktarı kazanır.

Buna göre; perakendeci kar fonksiyonu;

$$\pi_r(Q) = \begin{cases} pD + h(Q - D) - g_r Q - T & D \leq Q \\ pQ - v_r(D - Q) - g_r Q - T & D \geq Q \end{cases}$$

tedarikçi kar fonksiyonu;

$$\pi_s(Q) = \begin{cases} v_s D - g_s Q - v_s D + T & D \leq Q \\ v_s Q - g_s Q - v_s D + T & D \geq Q \end{cases}$$

ve tedarik zinciri kar fonksiyonu;

$$\Pi = \begin{cases} p * D + h * (Q - D) - Q * g & D \leq Q \\ p * Q - v * (D - Q) - Q * g & D \geq Q \end{cases}$$

şeklinde elde edilir.

Q ; tedarik zinciri optimum sipariş miktarı olsun. F sürekli artan olduğu için; optimum sipariş miktarı tektir. Yani Q^* ;

$$Q^* = F^{-1} \left(\frac{p-g+v}{p-h+v} \right) \text{ eşitliğini sağlar.}$$

Cachon'a [2] göre; bir tedarik zincirini koordine etmek ve karı paylaşırabilmek için kullanılabilir sözleşme türleri şunlardır:

- Geri satın alma sözleşmesi,
- Kar paylaşım sözleşmesi,
- Miktar esnekliği sözleşmesi,
- Satış indirim sözleşmesi ve
- Miktar indirim sözleşmesi
- Geri Satın Alma Sözleşmesi (Buy Back Contract)

Tedarikçi perakendeciye satılan her birim için w sorumlu tutar; fakat sezon sonunda elde kalan her birim için perakendeciye k birim geri öder. Perakendeci sezon sonunda elde kalan envanterden kar elde etmemelidir; bu sebeple $k \leq w$ olmalıdır.

Geri satın alma sözleşmesine göre transfer ödemesi şu şekildedir:

$$T = wQ - k(Q - D)^+$$

- Kar Paylaşım Sözleşmesi (Revenue Sharing Contract)
Tedarikçi perakendeciye satın aldığı her birim için w kadar sorumlu tutar; ayrıca perakendeci karından bir miktar (\emptyset oranında) tedarikçiye verir.

Kar paylaşım sözleşmesine göre transfer ödemesi şu şekildedir:

$$T = (w + (1 - \emptyset)h)Q + (1 - \emptyset)(p - h)\min\{D, Q\}$$

- Miktar Esnekliği Sözleşmesi (Quantity Flexibility Contract)

Tedarikçi perakendeciye satın aldığı her birim için w kadar sorumlu tutar fakat daha sonra satılmayan her birim için kaybını telafi eder. Perakendeci dönem sonunda tedarikçiden $(w + g_r - h) \times \min\{D, Q\}$ kadar kredi alır.

Miktar esnekliği sözleşmesine göre transfer ödemesi şu şekildedir:

$$T = wQ - (w + g_r - h) \min\{D, Q\}$$

- Satış İndirimi Sözleşmesi (Sales Rebate Contract)

Tedarikçi perakendeciye satılan her birim için w sorumlu tutar; fakat birim üzerindeki satılan her birim için r indirim verir.

Satış indirim sözleşmesine göre transfer ödemesi şu şekildedir:

$$T = \begin{cases} wQ & Q < t \\ (w - r)Q + r \left(t + \int_t^Q F(y) dy \right) & Q \geq t \end{cases}$$

- Miktar İndirimi Sözleşmesi (Quantity Discount Contract)

Miktar indirim sözleşmesinin birçok çeşidi bulunmaktadır. Burada bütün birimler miktar indirim olması halindeki durumdan bahsedilecektir.

Miktar indirim sözleşmesine göre transfer ödemesi şu şekildedir:

$$T = w(Q)Q$$

Bu sözleşmeler dışında yapılan literatür taramasında şu sözleşmeler ile de karşılaşmıştır:

- Toptan Fiyat Sözleşmesi (Wholesale Price Contracts)
- Geri Satın Alma Sözleşmesi (Buy Back Contracts)[5],[6]
- Kar Paylaşımı Sözleşmesi (Revenue Sharing Contract)[5],[6],[7]
 - Kapsayan Kar Paylaşımı Sözleşmesi (Spanning Revenue Sharing)

- Miktar Esnekliği Sözleşmesi(Quantity Flexibility Contract)[5],[6]
- Satış İndirimi Sözleşmesi(Sales Rebate Contract)
 - Hedef Satış İndirimi Sözleşmesi(TSR-MOQ; Target Sales Rebate-Minimum Order Quantity Ve TSR-FOQ; Target Sales Rebate- Fixed Order Quantity)
 - Müşterek İndirim Sözleşmesi(Joint Rebate Contract)
 - Çıktı Ceza Sözleşmesi(Output Penalty Contract)
- Miktar İndirimi Sözleşmesi(Quantity Discount Contract)[6],[7]
- Maliyet Paylaşım Sözleşmesi (Cost Sharing Contract)[8]

B.BULANIK ORTAM ÇALIŞMALARI

Yapılan çalışmalarda incelenen belirsizliklerin genellikle stokastik ortamda olduğu görülmüştür. Bulanık belirsizlik içeren çalışmaların daha dar kapsamda kaldığı görülmektedir.

Bulanık belirsizlik içeren tedarik zinciri sözleşmelerine ait çalışmalar Tablo 1'deki gibi gruplandırılabilir. Bir tedarik zincirinin yapısı; üretici ve perakendeci sayısına göre belirlenir.1-M/1-R;bir üretici-bir perakendeci anlamına gelirken;1-M/1-D/1-R;bir üretici, bir dağıtım merkezi, bir perakendeci;1-M/n-R; bir üretici, birden çok perakendeci anlamlarına gelmektedir. Sözleşme uzunluğu ise; sözleşmenin ne kadar dönem için geçerli olduğunu belirtir.1-p;bir periyot anlamına gelirken; n-p; çok periyot anlamına gelmektedir.

J. Zhao ve ark. ları [9]; iki basamaklı tedarik zinciri ve bu tedarik zincirine ait talep fonksiyonunun bulanık ve fiyat ile efora bağlı olduğu ortamda çalışma yürütmüşlerdir. Perakendecinin ölçek parametresinin simetrik ve asimetrik olduğu durumlar için koordinasyon problemi üzerine bir karar modeli geliştirilmeye çalışılmıştır.

Müşteri talebinin fonksiyonunun şu şekilde olduğu kabul edilmiştir:

$$D(p, \theta) = \alpha - \beta p + \gamma \theta$$

Daha sonra perakendeci, tedarikçi ve tedarik zinciri toplam performans fonksiyonları için beklenen maksimum karları elde edecek şekilde formüller oluşturulmuş ve numerik analiz ile sonuçlar yorumlanmıştır.

A. Saba ve ark. larının [10] kurmuş olduğu model; bulanık stokastik ortamda kar paylaşım sözleşmesi uzun dönem için risk ve bütçe kısıtlı çok ürünlü çok amaçlı tedarik zinciri modelidir. Tedarik zinciri tek üretici ve tek perakendeciden oluşmaktadır. Parçaların üretim maliyetleri bulanık; bu parçalar için talepler ise; her periyot için stokastiktir. Modellerde perakendecinin bütçe kısıtı ve hem üretici hem perakendeci için risk kısıtları bulunmaktadır. İlk modelde sabit bütçe kısıtı düşünülürken; ikinci modelde olası bütçe kısıtı kullanılmıştır. Modeller kar maksimizasyon problemi olarak ele alınmıştır. Olasılıklı kısıtlar şans kısıtlı programlama ile çözülmüş ve güvenilirlik ölçüsü bulanık parametreler üzerinden değerlendirilmiştir. Daha sonra; çok amaçlı problemin bütün amaçlarını ilgilendiren tek amaçlı probleme dönüştürmek

amacıyla; bulanık uzlaşma programlama metodu, global kriterler metodu ve ağırlıklandırılmış toplam metodu kullanılmıştır. Farklı stokastik talep modelleri için sayısal örnekler ile model gösterilmiştir. Talep modelleri için düzgün, üssel, doğrusal ve normal dağılım modelleri kullanılmıştır.

B. Zhang ve ark. [11] yapmış oldukları çalışmada tek dönemli gazeteci çocuk modeli için iki aşamalı geri satın alma sözleşmesi üzerine dayalı bir tedarik zinciri sisteminde belirli olmayan talep bulanık bir değişken olarak tanımlamıştır. Merkezileştirilmiş ve merkezileştirilmemiş sistemlerde optimum sipariş miktarları analiz edilmiştir. Bu çalışma; bulanık rastgele talep üzerinde geri satın alma sözleşmesine dayalı çok az sayıda tedarik zinciri koordinasyonu bulunduğunu gösteren çalışma olduğunu ortaya çıkarmıştır. S. Sang [12]; bir üretici, bir dağıtıcı ve bir perakendecinin olduğu üç basamaklı bir tedarik zincirinde; bulanık talep ortamında tedarik zinciri koordinasyon mekanizması incelemiştir. Talep uzmanlar tarafından yaklaşık olarak tahmin edilir ve bulanık rakamlarla gösterilir. Merkezileştirilmiş karar verme sistemi ve kapsayan kar paylaşım sözleşmesi araştırılmış ve perakende fiyatı, sözleşme parametrelerinin değerleri ve talebin bulanıklık değeri ayrıca analiz edilmiştir. Çalışma sonucuna göre; diğer parametreler sabit kaldığında; perakende fiyatı arttıkça optimum sipariş miktarı da artış göstermektedir. Ayrıca yine diğer parametreler sabit kaldığında; perakendecinin, tedarikçinin ve tedarik zincirinin optimum beklenen karı; perakende fiyatı arttıkça artış göstermektedir.

S. Sang [13] bir diğer çalışmasında; bir tedarikçi ve birden fazla rakip perakendeciye sahip tedarik zinciri sözleşmelerini bulanık talep ortamında incelemiştir. Pazar talebi pozitif üçgensel bulanık sayı olarak düşünülmüştür. Geri satın alma sözleşmesi ve kar paylaşımı sözleşmesi bulanık kesme teorisi metodu adı verilen yöntem kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışmada perakendecilerin optimum sipariş miktarları bulanık talebin merkezinde dalgalandığı sonucu elde edilmiştir. Ayrıca; perakendeci sayısındaki artışla beraber, optimum sipariş miktarı ve her bir perakendeci için beklenen bulanık kar azalırken; tedarikçinin beklenen karı artış göstermektedir.

X. Li ve ark.[14];talebin bulanık değişken olması halinde ve sürekli güncellendiği durum için geri satın alma sözleşmesini içeren bir model geliştirmişlerdir.

Ryu ve Yücesan [15]; sadece talebin değil aynı zamanda; toptan satış fiyatı ve perakendeci pazar fiyatı parametrelerinin bulanık olduğu düşünülmüştür. Tedarik zincirini koordine etmek üzere; geri satın alma, kar paylaşım ve miktar indirimi sözleşmeleri üzerine çalışılmıştır. Çalışmada; perakendecinin sipariş miktarına bağlı olarak; geri satın alma oranı, kar paylaşım oranı ve optimum toptan satış fiyatı parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Xiaoyu ve Shao [16];tedarikçinin karar verici olduğu bulanık talep içeren bir tedarik zinciri sisteminde; miktar indirimi sözleşmesi ile model kurmuşlardır. Bu modelde; tedarikçi en üst seviyede karar verici iken; perakendeci en alt seviyede karar verici konumundadır. Önerilen modelin çözümünde; genetik algoritma ve bulanık simülasyona dayalı hibrit bir algoritma geliştirilmiştir.

TABLO III
BULANIK ORTAMDA YAPILMIŞ TEDARİK ZİNCİRİ SÖZLEŞME ÇALIŞMALARI

Referans	Tedarik Zinciri Problemi				Sözleşme Tipi
	Yapı	Sözleşme Uzunluğu	Karar Değişkeni	Bulanıklık İçeren Değişken	
J. Zhao ve J. Wei (2014) [9]	1-M/1-R	1-p	sipariş miktarı,toptan satış fiyatı	Bulanık talep	
A. Saha, S. Kar ve M. Maiti (2015) [10]	1-M/1-R	n-p	sipariş miktarı,toptan satış fiyatı	Bulanık üretim maliyeti,stokastik talep	kar paylaşım sözleşmesi
R. Xu ve X. Zhai (2010) [17]	1-M/1-R	1-p	sipariş miktarı	Bulanık talep	toptan satış sözleşmesi
F. Barzinpour ve H. Wee	1-M/1-R	1-p	sipariş miktarı	Bulanık talep	toptan satış sözleşmesi
B. Zhang, S. Lu, D. Zhang ve K. Wen (2014) [11]	1-M/1-R	1-p	sipariş miktarı,toptan satış fiyatı,geri satın alma fiyatı	Bulanık talep	geri satın alma sözleşmesi
S. Sang (2013) [13]	1-M/n-R	1-p	sipariş miktarı,toptan satış fiyatı	Bulanık talep	kar paylaşım sözleşmesi ve geri satın alma sözleşmesi
X. Ji ve Z. Shao (2006) [16]	1-M/n-R	1-p	sipariş miktarı	Bulanık talep	miktar indirimi sözleşmesi
S. Sang (2014) [12]	1-M/1-D/1-R	1-p	sipariş miktarı,toptan satış fiyatı	Bulanık talep	kapsayan kar paylaşım sözleşmesi
K. Ryu ve E. Yücesan (2010) [15]	1-M/1-R	1-p	sipariş miktarı	Bulanık toptan satış fiyatı,bulanık talep,bulanık perakendeci satış fiyatı	miktar indirimi sözleşmesi,kar paylaşım sözleşmesi ve geri satın alma sözleşmesi

Xu ve Zhai [17]; iki aşamalı tedarik zinciri koordinasyonunu düşünmüştür ve talep belirsizliğinin bulanıklığı üzerine odaklanmışlardır. Yapılan çalışma neticesinde klasik olasılıklı analizlerde olduğu gibi; koordinasyonun olması halindeki kar değerinin koordinasyonun bulunmadığı haldekinden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Xu ve Zhai [18] yapmış oldukları bir diğer çalışmada ise talebin üçgen üyelik fonksiyonuna sahip bulanık bir sayı olduğunu düşünmüşlerdir. Ve yine buna göre koordinasyonun olması ve olmaması halindeki kar değerlerini karşılaştırmışlardır.

Ling-Yu,Bing-wu ve Fang [19] bir tedarikçi ve bir perakendecinin bulunduğu bir tedarik zincirinde; bulanık talep ortamında tedarik zinciri koordinasyonu üzerine çalışma yapmışlardır. Merkezi karar verme sistemi ortamında; geri satın alma ve kar paylaşım sözleşmeleri incelenmiştir. Farklı toptan satış fiyatı ve geri satın alma fiyatı politikalarına göre sözleşmeler analiz edilmiştir.

Wang, Li ve Du [20] bulanık ortamda kar paylaşım sözleşmesi ile tedarik zinciri koordinasyonu üzerine çalışılmıştır. Bulanık programlama modellerinden bulanık doğrusal talep modeli ve bulanık fiyat etkili talep modeli olduğu durumlar için incelenmiştir. Merkezi ve merkezkaç karar sistemlerinin optimum sipariş miktarları belirlenerek karşılaştırmalar yapılmıştır.

Hu, Zheng, Xu,Ji ve Guo [21]; bulanık rasgele talep için bir perakendeci ve bir tedarikçiden oluşan tedarik zinciri sistemi incelenmiştir.Merkezi ve merkezkaç tedarik zincirinde, gazeteci çocuk problemi için iki bulanık rasgele talep modeli üzerine çalışılmıştır.

III. SONUÇLAR

Yapılan literatür taramasında da görüldüğü üzere; tedarik zinciri koordinasyonu için muğlaklık; ölçülemezlik durumlarında bulanık küme teorisine yer verilmiştir. Ve genel olarak bulanıklık içeren modeller; rassallık içeren modellere nazaran daha dar kapsamda kalmıştır. Bulanıklık içeren çalışmaların çoğunda tek üretici ve tek perakendeciden oluşan modeller incelenmiştir. Bulanıklık içeren değişken ise genellikle talep parametresi olarak belirlenmiştir. Çok az çalışmada bulanık talep yanında maliyet değerleri de bulanık parametrelerle ifade edilmiştir. Bu sebeple; literatürde bu konu üzerinde ciddi bir eksiklik söz konusudur. Özellikle, çok aşamalı bulanık tedarik zinciri sözleşmeleri ve bulanık talep yanında bulanık maliyet parametrelerinin de incelenmesi konuları gelecek çalışmalar olarak önerilmektedir.

REFERANSLAR

- [1] Özdemir,A.İ., "Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları", Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,vol.23,pp. 87-96,2004.
- [2] Cachon G.P.,Supply Chain Coordination with Contracts,3 rd draft,S. Graves ve T.Kok, Ed.Philadelphia,2003.
- [3] L.A. Zadeh "Fuzzy Sets", Information and Control, vol.8, pp. 338-353, 1965.
- [4] A.Tsay ve S. Nahmias, Supply Chain Contracts:A Review, Boston, 1999, pp. 299-336.
- [5] Arshinder,Kanda,A.,Deshmukh,S.G., "A Framework for Evaluation of Coordination by Contracts:A Case of Two-Level Supply Chains", Computers&Industrial Engineerings, vol.56, pp.1177-1191,2009
- [6] Hezarkhani,B., Kubiak, W., "Coordinating Contracts on SCMA Review of Methods and Literature" Decision Making in Manufacturing and Services, vol.4,pp. 5-28, 2010.
- [7] Sarathi,G.P., Sarmah,S.P., Jenamani, M., "An Integrated Revenue Sharing and Quantity Discounts Contract for coordinating A Supply

- Chain Dealing With Short-Life Cycle Products”, *Applied Mathematical Modeling*, vol.38, pp.4120-4136, 2014.
- [8] K.Onur, “Outsourcing vs.In-House Production:A Comparison of Supply Chain Contracts with Effort Dependent Demand”, *Omega*, vol.39, pp. 168-178, 2011.
- [9] J.Zhao, J. Wei, “The Coordinating Contracts for a Fuzzy Supply Chain with Effort and Price Dependent Demand” , *Applied Mathematical Modelling*,vol.38 , 2014.
- [10] A.Saha,, S.Kar ,M.Maiti, “Multi-item Fuzzy-Stochastic Supply Chain Models for Long-Term Contracts with a Profit Sharing Scheme”, *Applied Mathematical Modelling*, vol.39, 2015.
- [11] B.Zhang, S.Lu,D.Zhang,K. Wen, “Supply Chain Coordination Based on a Buyback Contract Under Fuzzy Random Variable Demand”,*Fuzzy Sets and Systems*,vol.255, 2014.
- [12] S.Sang, “Coordinating a Three Stage Supply Chain with Fuzzy Demand”, *Engineering Letter*,vol.22:3,2014.
- [13] S. Sang, “Supply Chain Contracts with Multiple Retailers in a Fuzzy Demand Environment”, *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering* Volume, 2013.
- [14] X.Li, Z.Zhao, “Supply Chain Real Time Coordination Method Based on Buyback Contract with Fuzzy Random Demand”, in *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 2006,pp. 1543-1549.
- [15] K.Ryu, E.Yücesan, “A Fuzzy Newsvendor Approach to Supply Chain Coordination”, *European Journal of Operational Research*, vol.200, pp.421-438, 2010.
- [16] X.Ji, Z.Shao, “Model and Algorithm for Bilevel Newsboy Problem with Fuzzy Demands and Discounts, *Applied Mathematics and Computation*, vol.172, pp. 163-174, 2006.
- [17] R.Xu, X.Zhai, “Analysis of Supply Chain Coordination under Fuzzy Demand in a Two-Stage Supply Chain”, *Applied Mathematical Modelling*, vol.34, pp.129-139, 2010
- [18] R.Xu, X.Zhai, “Optimal Models for Single-Period Supply Chain Problems with Fuzzy Demand”, *Information Sciences*, vol.178, pp.3374-3381, 2008
- [19] H.Ling-Yu;L.Bing-Wu, Y.Fang, “Coordinating Supply Chain Contracts with Fuzzy Demand”, In *International Conference on Management Science and Engineering*, 2009,pp.562-568.
- [20] J.Wang, X.Li, Z.Du; “ Supply Chain Coordination through a Revenue Sharing Contract with Two Kinds of Fuzzy Demand” *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*, vol.7, pp.69-79, 2014.
- [21] Hu JS, Zheng H, Xu RQ, Ji YP, Cai CY (2010) Supply chain coordination for fuzzy random newsboy problem with imperfect quality. *Int J Approx Reason* 51:771–784

Çok kriterli karar verme yöntemi ile bir doğalgaz dağıtım şirketi için yeni yatırım merkezi seçimi probleminin incelenmesi

Hilal Eroğlu*, Hülya Torun⁺

*Erciyes Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri, Türkiye
erogluhilal@gmail.com

⁺ Erciyes Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri, Türkiye
hbehret@erciyes.edu.tr

Özet—Yatırım yapılacak yerin doğru seçilmesi şirketlerin geleceği için hayati bir öneme sahiptir. Yer seçimi yapılırken; ilgili yerin özellikleri, hangi ürün için yatırım yapılacağı, diğer lokasyonlara göre durumu ve daha bir çok kriter dikkate alınmaktadır. Çeşitli kimyasal ürünlerin başlıca hammaddesi olan doğalgaz için de yeni dağıtım merkezleri seçmek doğalgaz dağıtım firmaları için stratejik öneme sahip kararlar arasındadır. Bu çalışmada, karar verme problemlerinde etkin çözümler sunan Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden yararlanılarak bir doğalgaz firmasının yeni yatırım yapması durumunda dikkate alınması gereken kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Bu amaçla yapılan fizibilite çalışmalarıyla seçim kriterleri ele alınmıştır. Bu kriterlerin içsel ve dışsal bağımlılıklarının olması ve alt kriterlerle etkileşimlerinin bulunması nedeniyle çözüm için Analitik Ağ Süreci (AAS) yönteminin kullanılabilmesi tespit edilmiştir. AAS yöntemi ana kriterler ve alt kriterlerin birbirleriyle ilişkilerini ve geri beslemelerini dikkate alan, kararı etkilediği halde çözüm sürecinde doğrudan ele alınamayan faktörlerin nasıl ele alınabilecekleri konusunda yol gösteren ve geleneksel yöntemlerden farklı olarak sezgiye de yer veren bir yöntemdir. Yapılan çalışma sonucunda, bir doğalgaz şirketinin yeni yatırım yapması durumunda değerlendirmesi gereken en önemli kriterlerden ilk 5'inin; tarife, yıllık ortalama sıcaklık derecesi, arazinin topoğrafyası, imar planları ve arazinin jeolojik ve tektonik yapısı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler— Çok kriterli karar verme, Analitik ağ süreci, Yatırım yeri seçimi, Doğalgaz yatırımı

I. GİRİŞ

Şirketlerin gelecek projeksiyonları dâhilinde yeni yatırımlarını nerelere yapacaklarını belirlemeleri ve planlarını beklenen şekilde hayata geçirmeleri gelecekteki konumları açısından hayati bir öneme sahiptir. Yatırım yapılacak yer seçilirken; ilgili yerin özellikleri, hangi ürün için yatırım yapılacağı, diğer lokasyonlara göre durumu ve daha bir çok kriter dikkate alınmaktadır. Bu denli stratejik kararların verilmesinde Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri sonuca ulaşma açısından etkin bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, Kayseri'de bir doğalgaz firmasının yeni yatırım yapması durumunda alternatif dağıtım merkezlerinin seçiminde dikkate alınması gereken kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterlerin hangi oranda seçimi etkilediğinin tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Uygulamanın yapılacağı şirket 14 yıldır Kayseri iline doğalgaz arzını sağlayan bir şirket olup

halihazırda şehir merkezine ilave olarak Develi, İncesu ve Bünyan ilçelerine de doğalgaz hizmeti sunmaktadır. Zahmetsiz ve ekonomik doğalgazı Kayseri'nin tüm ilçelerine ulaştırmayı amaçlayan firma gelecek yıllar için yatırımlarını hangi ilçeden başlatacağına dair stratejik bir karar vermek durumundadır. Lisans alanı içerisindeki yatırım yapılması öngörülen 5 ilçe; Yahyalı, Yeşilhisar, Tomarza, Pınarbaşı ve Felahiye olarak firma tarafından belirlenmiştir. Firma, karar verme aşamasında analitik bir yol izleyerek daha önceki uygulamalarından farklı bir yöntem uygulamayı amaçlamaktadır. Bu nedenle normalde tecrübeye dayalı ve daha önceki yer seçim çalışmalarından yararlanılarak ya da yönetimin ani olarak verilen yatırım kararlarının yerine sayısal bir yöntemle yer seçim probleminin çözülerek yatırım için seçilen yerin daha analitik sebeplerle ifade edilmesi düşünülmektedir.

Yatırım yeri seçimi için analitik yöntemler incelendiğinde seçim kriterlerine uygun yöntem olarak AAS yönteminin uygulanabileceği tespit edilmiştir. AAS yöntemi ile hem nicel hem de nitel kriterlerin bir arada değerlendirilmesi yapılmaktadır. Kurulan ağ yapısı ile ana ve alt kriterler arası bağımlılıklar ve geri bildirimler kolaylıkla değerlendirilirken ikili ilişkiler de çözümlenmektedir [1].

Çalışma sonucunda yatırım yeri seçimi ile ilgili olarak doğalgaz dağıtım şirketlerinde baz alınabilecek bir çalışma yapılmış olması hedeflenmiştir. Bu önemli ve karmaşık sürecin bir yöntem ile sonuçlandırılmasının daha güvenilir bir sonuç oluşturacağı düşünülmektedir. Böylelikle zaman, iş gücü ve ekonomik kayıpların önlenmeye çalışıldığı bir yatırım planı oluşturulması hedeflenmiştir. Çalışma altı aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak çalışmanın amacı ve sektörle ilgili genel bilgiler paylaşılmıştır. Ardından ÇKKV yöntemleri ve uygulamaları ile ilgili literatür araştırmasına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde AAS yönteminde kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi aşamasından bahsedilmiş olup dördüncü bölümde kullanılacak AAS yöntemi ile ilgili bilgiler paylaşılmıştır. Beşinci bölümde AAS uygulaması gerçekleştirilmiş ve son olarak uygulama sonuçları değerlendirilip önerilerde bulunulmuştur.

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

İşletmenin gelecekteki durumuyla ilgili önemli kararların verilmesinde genellikle çok kriterli karar verme (ÇKKV)

yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Karar verme ve analiz yapma yönetim bilimlerinin en önemli kısımlarından biridir. Birçok gerçek yaşam problemi ele aldığımızda karar vericilerin birden çok hedef ve ölçüm kriterini izlediklerini görmekteyiz. Karar verme problemleri Çok Amaçlı Karar Verme problemleri ve Çok Özellikli Karar Verme problemleri olmak üzere iki başlık altında ele alınabilir. Bu iki kategori problemi “Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Problemi” başlığı altında da incelenmektedir. ÇKKV Teknikleri bu iki kategorideki problemlerin çözüm tekniklerinin kombinasyonlarıdır [2].

Karar verme problemlerinde genellikle karmaşık durumlarla karşılaşmaktadır. Alternatifler arasında ölçülmezlik ve karşılaştırılmazlık durumları karar vermeyi zorlaştıran durumlardır. ÇKKV yöntemleri bu durumları göz önüne alarak çözüme ulaştırma konusunda karar vericiye (KV) farklı alternatif çözüm yöntemleri sunarak karar verme konusunda yardımcı olmaktadır. Alternatifler farklı kriterler açısından değerlendirildiğinde; bir kriter bir alternatifte çok yüksek bir değerde ele alınırken başka bir alternatifte çok düşük bir değerde işlem gördüğü görülmektedir. İşte bu aşamada ÇKKV yöntemleri ile alternatifler ve kriterler farklı çözüm tarzları ile irdelemekte ve uygun çözüm yöntemi ile problem çözüme kavuşturulmaktadır [3].

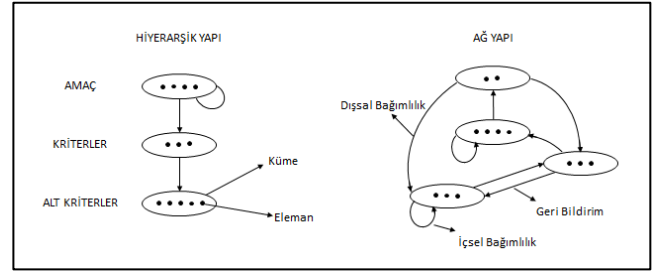
Problemlerin karmaşıklığının artması ve çözüm süreçlerinin nitel ve nicel bilgi gerektirmesi ile birlikte karar verilecek neden için alternatiflerin de birden çok olması klasik karar verme sürecinin ötesinde bir yöntem arayışı ile ÇKKV'nin ortaya çıkmasını sağlamıştır. ÇKKV teknikleri, karar vericiye kalitatif ve kantitatif olan kriterleri bir arada değerlendirebilme imkanı sunmaktadır. Böylelikle objektif ve subjektif olarak kriterler değerlendirilip alternatifler arasından seçim yapılması sağlanmaktadır [4].

A. Analitik Ağ Süreci (AAS)

ÇKKV yöntemlerinden biri olan Analitik Ağ Süreci (AAS), son yıllarda farklı alanlarda problemlerin çözümlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. AAS yöntemi; problemin amacı, ana-alt kriterleri ve alternatifler olmak üzere problemi 3 başlık altında ele almaktadır [5]. AAS yönteminde kararı etkileyen kriter ve seçim yapılacak alternatifler belirli sayıdadır. Seviyeler arası ilişkilerin ele alındığı ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yönteminden daha gelişmiş şekilde bir uygulama yapılan bir yöntemdir [6]. Alternatifler arası seçim yapılırken problemler her zaman karşımıza hiyerarşik bir yapıyla çıkmazlar. Hiyerarşik yapıda tanımlanamayan karmaşık problemler AAS ağ yapısı ile tanımlanmaktadır. Karmaşık durumlarda kriterlerin ve alternatiflerin kendi aralarında karşılıklı etkileşimde oldukları görülmektedir. AAS yönteminde problemin ağ yapısı oluşturulurken kriterler arası her bağın bir anlamı vardır ve bağlar bu anlamlara göre kurulmaktadır. Dışsal bağımlılık, içsel bağımlılık ve geri bildirimlerin ifade edilebildiği etkin bir yöntemdir [7]. Hiyerarşi ve ağ yapısı ile kriterler arası ilişkiler Şekil 1'de gösterilmektedir.

Problemin çözümü için kriterlerin ağırlıklarının bulunabilmesi detaylı bir çalışma gerektirmektedir. Analitik

Ağ Süreci bu tür problemleri kriterlerin ilişkilerini analiz ederek çözüme kavuşturan bir tekniktir [8].



Şekil 1: Kriterler Arası Hiyerarşi ve Ağ Yapısı Modeli [9], [10]

AAS yönteminde AHS yöntemine göre karar düzeyleri ve özellikler arasında daha karmaşık ilişkiler yer almaktadır. AHP yönteminde çözüm esnasında aynı seviyedeki kriterler birbirlerinden bağımsız olarak değerlendirilirken gerçek hayat problemlerinde birçok kriterin birbirini karşılıklı etkilediği görülmektedir. Bu nedenle en iyi seçimin yapılabilmesi için tüm etkileşimlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir [11].

AAS yöntemi farklı birçok alanda kullanılan ve uygulama oranı artan bir yöntemdir. Yöntem uygulanırken izlenen adımlar aşağıdaki gibidir;

- Adım1: Karar probleminin tanımlanması ve modelin kurulması,
- Adım2: Tüm kriterler arası etkileşimlerin belirlenmesi,
- Adım3: İkili karşılaştırmaların yapılması,
- Adım4: Karşılaştırma matrislerinin tutarlılığının hesaplanması,
- Adım5: Süper matrisin oluşturulması,
- Adım6: Limit matrisin oluşturulması ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi.

UYGULAMA ÇALIŞMASI

Çalışmada öncelikle doğalgaz yatırımını etkileyen kriterlerin belirlenebilmesi için; ilgili literatür çalışmaları, Enerji Piyasaları Denetleme Kurulu (EPDK) tarafından belirtilen gerekli şartlar ve mevzuatlar ve daha önce doğalgaz yatırımı yapılan yerler için hazırlanmış fizibilite çalışmaları incelenmiştir. Bu analiz sonucunda yer seçimi konusunda dikkate alınması gereken özellikler belirlenmiştir. Bu özellikler incelenerek ve uzman ekibinde onayı alınarak yer seçiminde olması gereken ana ve alt kriterler tanımlanmıştır. Yapılan kriter belirleme çalışmasında 10 ana kriter ve 28 alt kriter oluşturulmuş olup bu kriterlerin bir kısmının nicel bir kısmının da nitel olduğu tespit edilmiştir.

Belirlenen kriterler aşağıdaki gibidir;

1. Teknik Özellikler:
 - a) İmar Planları
 - b) Lisans Durumu
 - c) Tarife

- d) Teknik Şartlar
2. *Toplam Maliyet:*
 - a) İşçilik Maliyeti
 - b) Malzeme Maliyeti
 - c) Yüzey Kaplama Maliyeti
 - d) Proje Geliştirme Maliyeti(dizayn, mühendislik, proje, harita ve raporlama)
 - e) İşletme Giderleri(arazi, bakım, sistem, personel, sigorta, amortisman kaybı)
3. *Gelir Kalemleri:*
 - a) Abone Bağlantı Bedeli
 - b) Güvence Bedeli
 - c) Tüketici Kademeleri & Gaz Satış(Fatura)
4. *Tüketim Durumu:*
 - a) Yapılaşma Durumu
 - b) Enerji Tüketim Alışkanlıkları
 - c) İlgili Yer İçin Ort. Birim Tüketim Miktarı
 - d) Sanayileşme Oranı
5. *Tedarikçi Firmanın Durumu:*
 - a) Firmanın Hizmet Kalitesi
 - b) Firmanın Finansal Durumu
 - c) Sektörel Yetkinlik
6. *İklim Şartları:*
 - a) Yıllık Ort. Sıcaklık Derecesi
7. *Çevresel Etki:*
 - a) Havaya etki

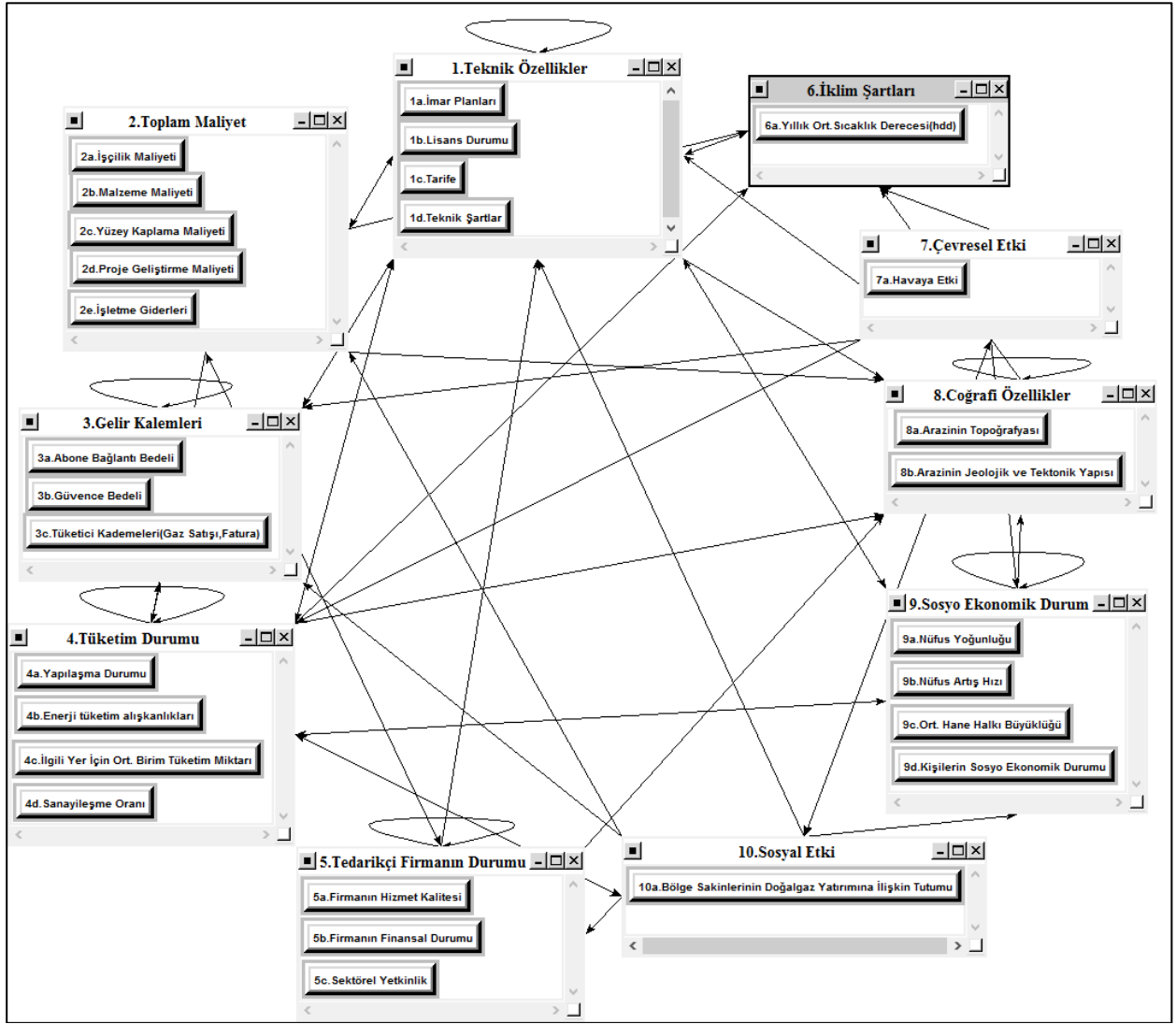
8. *Coğrafi Özellikler:*
 - a) Arazinin Topoğrafyası
 - b) Arazinin Jeolojik ve Tektonik Yapısı
9. *Sosyo Ekonomik Durum:*
 - a) Nüfus Yoğunluğu
 - b) Nüfus Artış Hızı
 - c) Ortalama Hane Halkı Büyüklüğü
 - d) Kişilerin Sosyo Ekonomik Durumu
10. *Sosyal Etki:*
 - a) Bölge Sakinlerinin Doğalgaz Yatırımına İlişkin Tutumu

Ana ve alt kriterler belirlendikten sonra AAS uygulamasına geçilmiştir; AAS yöntemi için ilk olarak kriterlerin birbirlerini nasıl etkilediği belirlenmiştir. Etkilenen ve etkileyen kriterlerin gösterildiği bir matris ile genel tablo oluşturulmuştur. Böylelikle uygulama aşamasında bu matris yardımı ile ilişkiler belirlenmiştir. İlgili matris Şekil 3'te gösterilmektedir.

AAS yöntemi uygulaması yapılırken sonucun daha objektif olması için 3 kişilik bir uzman ekipten yardım alınmıştır. Sonuçlar değerlendirilirken ise literatürde önerilen grup çalışması kullanılmıştır. Grup tekniğinde uzman kişilerin vermiş oldukları yanıtlar geometrik ortalama yardımı ile tek bir sonuca indirgenmiştir. Yöntemin uygulanabilmesi için SuperDecisions programı kullanılmıştır. Kriter etki matrisindeki tüm ilişkiler SuperDecisions'a aktarılmıştır. İlgili ağ yapısı Şekil 4'te gösterildiği gibidir.

		Etkilenen Kriterler																											
		1a	1b	1c	1d	2a	2b	2c	2d	2e	3a	3b	3c	4a	4b	4c	4d	5a	5b	5c	6a	7a	8a	8b	9a	9b	9c	9d	10a
Etkileyen Kriterler	1a		↑	↑	↑				↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑					↑			↑	↑	↑	↑	↑
	1b			↑																			↑			↑	↑		↑
	1c								↑			↑	↑	↑	↑	↑						↑	↑						↑
	1d			↑		↑	↑	↑	↑	↑	↑			↑				↑	↑										
	2a			↑															↑	↑									↑
	2b			↑															↑	↑									↑
	2c			↑															↑										↑
	2d			↑															↑										↑
	2e			↑															↑										↑
	3a			↑																									↑
	3b			↑																									↑
	3c			↑																									↑
	4a		↑	↑	↑	↑			↑	↑					↑	↑	↑	↑						↑			↑	↑	
	4b		↑	↑											↑									↑					↑
	4c		↑	↑											↑									↑					↑
	4d		↑	↑											↑									↑			↑	↑	
	5a					↑															↑	↑							↑
	5b																				↑								↑
	5c																				↑	↑							↑
	6a			↑		↑	↑	↑	↑	↑					↑	↑								↑	↑	↑			
7a			↑											↑	↑								↑	↑	↑			↑	
8a	↑			↑	↑	↑	↑	↑	↑					↑	↑										↑	↑	↑	↑	
8b	↑			↑	↑	↑	↑							↑	↑									↑					
9a		↑	↑											↑	↑	↑							↑			↑	↑		
9b	↑	↑	↑											↑	↑	↑							↑			↑	↑		
9c			↑											↑	↑								↑			↑	↑		
9d			↑											↑	↑								↑			↑	↑		
10a														↑	↑								↑			↑	↑		

Şekil 3: Kriter Etki Matrisi



Şekil 4: AAS Yöntemi İçin Tüm Kriterlerden Oluşan Ağ Yapısı

Oluşan ağ yapısı ile ana kriterlerin ve alt kriterlerin birbirlerini etkileme durumları belirlenmiş ve kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. İkili karşılaştırmalar için soru setleri hazırlanmış ve sorular yanıtlanırken Saaty'nin 1-9 Skalası kullanılmıştır [12]. Böylelikle kriterlerin birbirlerine

baskınlıkları belirlenmiştir. İkili karşılaştırmalar neticesinde toplamda 216 soru oluşturulmuştur. İlgili soru setinden bir örnek Tablo 1'de gösterilmektedir. İlgili soruların yanıtları geometrik ortalama sonucu SuperDecision programına girilerek kriterlerin ağırlıkları elde edilmiştir.

TABLE I: "YAPILAŞMA DURUMU" ALT KRİTERİ İÇİN İKİLİ KARŞILAŞTIRMA SORULARI

"Yapılaşma Durumu" alt kriterini etkileme derecesine göre aşağıdaki alt kriterleri karşılaştırınız.																		
İmar Planları	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tarife
İmar Planları	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teknik Şartlar
Tarife	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Teknik Şartlar
Arazinin Topoğrafyası	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Arazinin Jeolojik ve Tektonik Yapısı
Nüfus Yoğunluğu	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Nüfus Artış Hızı

SONUÇ

Farklı kimyasal ürünlerin önemli hammaddelerinden biri olan doğalgaz dünyada önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Çevre politikalarının giderek önem

kazanmasıyla birlikte emisyon miktarı daha az olan doğalgazın kullanımına yönelim artmaktadır [13]. Günlük hayatta birçok alanda kullanılan ve işimizi kolaylaştıran doğalgazın kolaylıklarından herkesin yararlanması için doğalgaz dağıtım firmaları, ilerleyen yıllardaki stratejik planlarında dağıtım

ağlarını genişletme konusuna büyük önem vermektedir. Hangi bölgeye, ne kadarlık bir yatırımın yapılacağı ve buna nasıl karar verileceği önemli bir aşamadır. Karar verme işlemini kolaylaştırmak için kuruluş veya tesis yeri seçimi problemi için uygun olan çözümler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada da doğalgaz dağıtımı için en uygun lokasyon seçilirken hangi kriterlerin ne düzeyde etkili olduğu araştırılmıştır. Çalışmada; depo, tesis yeri veya bayileri için yapılan yer seçiminden farklı olarak boru hattı ağ yapısının nereye kurulacağı kararlaştırılmaktadır. Daha önce yapılmış yatırımlar ve fizibilite çalışmaları incelenerek çözüm metodları araştırılmıştır. AAS yönteminin kriterlerin tümüne cevap vermesi nedeniyle uygun çözüm için kullanılmasına karar verilmiştir. 10 ana kriter ve alt kırılımında 28 alt kriterin ağırlıkları belirlenmiş ve % 19.88'lik bir oranla "tarife" kriteri en çok etkili olan kriter olmuştur. Daha sonraki 4 sıralama ise; yıllık ortalama sıcaklık derecesi, arazinin topoğrafyası, imar planları ve son olarak da arazinin jeolojik ve tektonik yapısı olarak belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

"Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2017-7472".

REFERANSLAR

- [1] Y. Balaban, B. Birdoğan, "Analitik ağ süreci yaklaşımıyla en uygun katı atık bertaraf sisteminin belirlenmesi: trabzon ili örneği," Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, cilt 24, s. 183-194, 2010.
- [2] R. Z. Farahani, M. SteadieSeifi, N. Asgari, "Multiple criteria facility location problems: a survey," Applied Mathematical Modelling, vol. 34, pp. 1689-1709, Jul. 2010.
- [3] F. Urfaloğlu, T. Genç, "Çok kriterli karar verme teknikleri ile türkiye'nin ekonomik performansının avrupa birliği üye ülkeleri ile karşılaştırılması," Marmara Üniversitesi İ.İ.B Dergisi, cilt. 35, s. 329-360, 2013.
- [4] M. Yavaş, T. Ersöz, M. Kabak, F. Ersöz, "Otomobil seçimine çok kriterli yaklaşım önerisi," İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi, cilt. 2, s. 110-118, Oct. 2014.
- [5] G. Sakthivel, M. Ilangkumaran, A. Gaikwad, "A hybrid multi-criteria decision modeling approach for the best biodiesel blend selection based on anp-topsis analysis," Ain Shams Engineering Journal, vol. 6, pp. 239-256, Mar. 2015.
- [6] N. Ömürbek, N. Demirci, P. Akalin, "Analitik ağ süreci ve topsis yöntemleri ile bilim dalı seçimi," Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi, cilt 5, s. 118-140, Kas. 2013.
- [7] A. Görener, "Bütünleşik anp-vikor yaklaşımı ile erp yazılımı seçimi," Havacılık ev Uzay Teknolojileri Dergisi, cilt 5, s. 97-110, 2011.
- [8] Ö. Üstün, M. Sağır Özdemir, E. Aktar Demirtaş, "Kıbrıs sorunu çözüm önerilerini değerlendirmede analitik serim süreci yaklaşımı," Endüstri Mühendisliği Dergisi, cilt. 16, s. 2-13, 2005.
- [9] T.L. Saaty, L.G. Vargas, Decision making with the analytic network process economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, cost and risks, 2nd ed., New York, Springer-US, 2006.
- [10] E.E. Karsak, S. Sozer, S.E. Alptekin, "Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach," Computers & Industrial Engineering, vol. 44, pp. 171-190, Jan. 2003.
- [11] M. Dağdeviren, N. Dönmez, M. Kurt, "Bir işletmede tedarikçi değerlendirme süreci için yeni bir model tasarımı ve uygulaması," Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 21, s. 247-255, 2006.
- [12] T.L. Saaty, "How to make a decision: the analytic hierarchy process," European Journal of Operational Research, cilt 48, s. 9-26, Sep, 1990.

- [13] A.Y. Jafari, "Potansiyel abonelerin kazanılmasına yönelik pazarlama stratejilerinin veri madenciliği ile geliştirilmesi: konya şehri doğalgaz örneği," Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, Şub. 2013.

Big data, smart city and smart city initiatives of Istanbul

Omer Faruk Gurcan* and Onur Dogan*

* *Department of Industrial Engineering, Istanbul Technical University
Istanbul, Turkey
{ofgurcan, odogan}@itu.edu.tr*

Abstract— In recent years, enormous amounts of digital is generated in a short time. In parallel, data collection, storage and analysis technologies have developed. Today than 53.86% of the world's population lives in cities and urban population increases day after day. Urban areas are big data resource. Because they include millions of citizens, technological devices, vehicles which generate data continuously. Besides, rapid urbanization brings many challenges such as environment pollution, traffic congestion, health problems, energy management etc. Some policies for countries are required to cope with urbanization problems. One of these policies is to build smart cities. Istanbul is the most crowded city and economic, cultural and historic center of Turkey. It has visitors from all corners of the world during the year as one of most popular tourist destinations. Istanbul completed or have progressing mega projects. These investments help development of city and the same time will increase population. Istanbul has started to apply some smart city initiatives using big data to ensure sustainable development and increase quality of life for its citizens. However, more initiatives are needed for Istanbul. This paper discusses different applications of big data in the domain of smart city. In addition, it underlines some areas where smart city initiatives are required for Istanbul.

Keywords— smart city, big data, Istanbul

I. INTRODUCTION

Data increases at exponential growth rate year after year. Advances in mobile devices, digital sensors, communications, computing, and storage have enabled to collect data [1]. During the 2012 World Economic Forum in Davos, it is reported that big data has become a strategic economic resource, similar in significance to currency and gold [2]. Jeanne Ross (MIT) [3] proposed the five key areas of Social media, Mobile systems, Analytics, Cloud and IoT that are significant drivers for enterprise digital transformation. This classification aims to emphasize the relations of these technologies with Big Data characteristics [3].

With advances in IoT technology, interconnection of different networked embedded devices such as home appliances, surveillance cameras, monitoring sensors, actuators, displays, vehicles and so on used in the everyday life, integrated into the Internet [4, 5]. IoT provides new services to citizens, companies, and public administrations, facilitates human life considerably including healthcare, automation, transportation, and emergency responses to manmade and natural disasters [6, 5].

More than 53.86% of the world's population was living in cities as of 2015. On the other hand, Turkey has an urban population of 73.40%. Cities continue to grow and it is predicted that 70% of the world's population will be living in cities by 2050 [7]. The growth increases complexity and management challenges for government authorities in dealing problems about water supply, local waste disposal, urban traffic management system, health, education, public safety, economy, environment and tourism. With this huge volume of the population, billions of devices communicate with each other. Significant increase in volume of data, variety of device and sensor technologies have offered opportunities to build smart cities for countries [6, 8, 9, 10]. According to Doran et al. [11] sensors are useful for identifying what is happening, but they are not successful to identify why and how such an incident occurs. In this case, social media is useful to capture human perception. Cities are increasingly aware of the smart city concept and develop strategies to become smart and manage the city resources more efficiently.

The Smart City concept was introduced for the first time in the "Strategic Energy Technology Plan" [12]. According to this smart city is defined as "a city that makes a conscious effort to innovatively employ information and communication technologies (ICT) to support a more inclusive, diverse and sustainable urban environment" [13]. The main goal of the smart cities is to solve common public problems for the benefit of citizens and public administrations [14]. Urban big data is an important strategic resource for the development of smart city. It is a massive amount of dynamic and static data generated from the subjects and objects including urban facilities, organizations and individuals [15]. Smart city applications can be made on transportation systems, education, healthcare, energy management etc. with private companies and urban administration cooperation. Smart city applications promise both improved delivery of services to citizens and reduced environmental impact in an era of urbanization [8]. According to Pike Research on Smart Cities, the smart city market is estimated at hundreds of billion dollars by 2020 [16].

Next sections mention big data and smart city concepts. Some worldwide smart city applications using big data and used techniques and methods are given. Then Istanbul's smart city initiatives are mentioned and some recommendations are made. Lastly, various challenges of building smart city are argued.

BIG DATA

Over the last decades, the volume of data worldwide has increased dramatically with the use of various digital devices that continuously generate massive amounts of heterogeneous, structured or unstructured data. This data is called big data. Walmart processes and imports more than 1 million customer transactions into databases, and this value involves about more than 2.5 petabyte of data each hour [1]. It is an example of big data generation. Traditional database mechanisms have become inefficient in terms of storage, processing and analysis big data. Big data is a popular term that originated from the need of large companies, such as Google, and Facebook, to analyze large amounts of data. Massive amounts of recently created digital data are often called as big data. Various explanations from 3V to 5V, Volume, Velocity, Variety, Veracity and Value, have been provided to define big data. The term volume related to the size of the data, the velocity related to the speed of incoming and outgoing data, the variety related to the sources and types of data such as pictures, audio and video, 3D models, and simulation and location data and the value refers to the worth of hidden insights inside big data. When hidden insights are extracted, big data provides value such as saving time for drivers by suggesting the best alternative route. The veracity is related to the unreliability and uncertainty of data sources. Uncertainty and unreliability increases due to incompleteness, inaccuracy, latency, inconsistency, subjectivity, and deception in data [1, 17, 2, 18].

Big data sources have a variety of data quality. Data quality is a multidimensional concept describing information accuracy, timeliness, completeness, consistency, relevance and fitness for use [19]. Organizations capitalize on big data by paying attention to data flows, relying on data scientists and moving analytics away from the IT function [3].

Big data has a great potential for firms in creating new businesses, developing new products and services, and improving business operations [18]. Daimler produces about 10000 cylinder heads daily that are used in car engine. During the manufacturing process, Daimler collects more than 500 different data of cylinder heads such as physical dimensions and cylinder temperature. The company analyzes the data then predict errors and correct variances before cylinder head defects can occur. Two years after the application began, Daimler cylinder production increased by about 25% [2]. Firms that use data analytics in their operations have faster and more effective reaction time to supply chain. Southwest Airlines uses social media analytics for better understanding of customer intent and better service offerings. Tesco analyzes refrigerator data to reduce energy cost by about \$25 million annually. Sears analyzes big data about product availability in its stores, prices at other retailers and local weather conditions in order to set prices dynamically. Innovative firms have applied social media data to assess the credit risk and financing needs of potential customers and provide new types of financial products for them [18]. Big data can improve the potential value of the US medical industry estimated at 300 billion \$. When retailers fully utilize Big Data, they may increase their profit by more than 60% [3].

Today, most of the world's population can be used as agents for data collection for real-time, fine-grained spatial observations [20]. The applications are the main sources of producing big of data, namely Internet of Things (IoT), self-quantified, multimedia, and social media data [1]. Social media can give information about the situation of public transport, traffic and environmental conditions, public safety and general events in cities [10]. Smart-phones, computers, sensors, cameras, global positioning systems, intelligent/smart cars, PDAs, social networking sites, commercial transactions, and games are possible data sources which generates a large amount of data [21]. Especially developed mobile operating systems such as IOS, android and windows as well as applications (Apps) have made the smartphone as a must to have devices in human life. One of the most important features of smartphones is the internet connectivity which provides them to access internet 24/7 [17].

Millions of people lives in urban areas which are big data resources. City data is obtained from a variety of governmental departments, private and public stakeholders, individual citizens and visitors [22]. Notice that hidden patterns, correlations or other insight from city data can offer city planners to make successful urban policies and it can increase life quality of citizens.

[3] investigated literature in terms of big data application areas. According to research, earth, energy and medicine are the most searched topics between 2013 and 2016. It is followed by ecology, marketing, and health. The rest of areas are listed in Table 1.

TABLE IV
PAPERS ON BIG DATA APPLICATION AREAS (2013-2016) [3]

Application Areas	# of papers
<i>Earth</i>	83
<i>Energy</i>	58
<i>Medicine</i>	51
<i>Ecology</i>	48
<i>Marketing</i>	46
<i>Health</i>	44
<i>Finance</i>	35
<i>Government</i>	35
<i>Education</i>	22
<i>Chemistry</i>	10
<i>Tourism</i>	7
<i>Agriculture</i>	2

SMART CITY

Urban population is higher than the rural area population in the worldwide since 2008. This fact means that there will be many challenges for city economies in terms of resource efficiency and social sustainability in the near future [23].

High rate of urbanization brings some problems related to health, traffic, pollution, waste management, scarcity of resources, poor infrastructure etc. make development of cities difficult [9]. These problems call for the design of new strategies to maintain and improve a liveable, sustainable, accessible, and economically-viable environment. The digital developments have enabled cities and policy makers to realize

the link between technology benefits and urban development. As a response, various conceptualizations have been introduced wired cities, techno cities, cyber cities, creative cities, knowledge-based cities, real-time city, WIKI cities, digital cities and networked cities etc. Although there are variety of city descriptions, the concept of smart city became most recognized among practitioners and urban researchers [20].

Smart city was introduced in 1994 and since 2010, after the appearance of smart city projects and support by the EU, it has become a popular topic in academia. Smart cities combine technology, government and society to provide a smart economy, smart mobility, smart environment, smart people, smart living and smart governance. The human capital plays a significant role besides new technologies in smart cities [24]. Some technology companies such as Cisco, Microsoft, HP, IBM, Siemens and Oracle have adopted smart city concept since 2005 [25]. According to [26], smart cities are '*places where information technology is combined with infrastructure, architecture, everyday objects, and even our bodies to address social, economic, and environmental problems*'.

The key concept of the smart city is to obtain the right information at the right place and on the right device to make a city-related decision with ease and to aid citizens more quickly [6].

The smart cities include millions of information sources. It is expected more than 50 billion devices connected by using IoT or other technologies in 2020 [25]. A smart city monitors streets, people and objects continuously and gathers, analyses and uses data from websites, social media, smart phones, messaging services, weblogs etc. [27]. Smart cities perform well in the following areas: smart economy, smart people, smart mobility, smart environment, smart living and smart governance [28].

Smart Cities ensure sustainable environment with the help of Big Data and IoT; provides long-term effectiveness of network security, optimizing infrastructures, better life environment, convenience of the public services, efficiency in city management and services, industry that is more modern and a dynamic and innovative economy [29]. Business creation, job creation, workforce development, and improvement in the productivity are the economic outcomes of the smart city [9]. Smart city initiatives with urban big data can enhance the awareness of people about the status of their city and motivate the citizens to participate in the management of public administration actively [5].

BIG DATA APPLICATIONS FOR SMART CITIES

Modern cities are getting smarter because technology grows rapidly. Problems can be avoided, anticipated and mitigated by analyzing huge data from variety of resources. This is where Big Data arises [9]. The need for smart cities has been emerging because of the increasing urbanization accompanies many problems. The processing power and storage capacity of computer technology increased with mobile broadband. Generated data from technological devices provides some of the solutions to urbanization problems by reducing environmental impact, creating new jobs, innovations,

economic growth also helping traffic congestion, energy consumption, and behavioral change etc. [8]. According to [22] data can be categorized as personal and impersonal that can be used service to citizens or surveillance of citizens in smart city applications.

Mobile phone data is one of the resource for smart city applications. Most people spend most of their time at a few locations. To know these location points and routes can be used in effective network management, public transportation planning and city management. Mobile phone data can be used to find varied patterns at a temporal and spatial levels. Then after analyzed properly, this data offers many benefits to city officers such as knowing where workers live and work can help manage public transportation traffic flows and plan services. As an another example, knowing where and what times people come together for social activities, allows business and cultural institutions to better target and price their outdoor advertising as well as increase opening times and schedule of events. In city government point of view, mobile phone data can be used in crowd modeling. The smart city applications offer predicting the use of space, preventing dangerous situations, or planning an emergency evacuation [20].

Big data is generated from different resources, such as power utilization habits of customers or energy consumption data measured by smart meters. When big data is analyzed, future need of power supply can be predicted, specific pricing plans can be made. Smart grids aim to manage the power supply of cities effectively. Information flow is very important subject in smart grid. Information flow and energy flow are integrated and large amounts of and various types of data are collected in smart grid. Such as device status, electricity consumption and user interaction data. When big data is analyzed, power generation can be optimized, electricity demand can be predicted accurately, electricity consumption patterns can be discovered, or dynamic pricing can be developed. Smart healthcare includes electronic records management, hospital asset management, and remote monitoring systems. When big healthcare data analyzed properly, epidemics, cures, and diseases can be predicted. Personalized medicine can be improved. Large amounts of traffic data can be used in minimizing traffic congestion by offering alternative routes, transport data can be used to optimize shipping movements or some solutions for parking, public transport can be developed. Smart education includes eLearning, massive open online courses (MOOCs). Smart buildings include smart meters, light, heating or water and waste management systems [4, 8, 21, 30].

When smart energy management is succeeded, energy big data has potential benefits in terms of operational efficiency and cost control, system stability and reliability, renewable energy management, energy efficiency and environmental issues, customer engagement and service improvement [30]. The monitoring of the energy consumption, temperature and the salubrity of the environment in public buildings such as schools and administration offices with different types of sensors, it is possible to increase the level of comfort of the persons besides decreasing costs of heating/cooling [5].

Smart parking helps by monitor the vehicles coming and going out of different car parking areas. So, smart car parking can be designed considering the number of vehicles in an area, or new car parking can be developed where there are more cars overall. Citizens can easily obtain information on the nearest free place of parking or more suitable places to park their vehicles [6].

Smart governance is based on citizen participation and private/public partnerships. Smart governance enables service integration, collaboration, communication and data exchange [9]. Smart technologies can be used in waste management of cities to reduce cost and enhance efficiency. Predictive policing can be made using individual and aggregate data by analyses crime patterns and enhance police performance [22].

The most important thing for the citizens of a smart city is security. Smart public safety initiatives by feeding real-time information such as continuous video monitoring to fire and police departments enables safety personnel to respond more quickly to emergency situation [6, 31].

The impact of light earthquakes on city buildings can be evaluated with data collected by sensors located in the buildings, such as vibration and deformation sensors and then building stress can be monitored [5]. The concept of the smart tourism destination arises from smart city [28].

Urban Big Data Lab is a project of Rotterdam universities and local government. It aims to optimize the understanding and usage of big, open and linked data for city policies and planning [22].

Some sensors are placed on bins which measure how full the bin is. When a certain level of waste in the bin has been reached, a dustcart will come to collect garbages. This can help save cities up to 50% of their costs in waste logistics according to some companies [22].

Rio de Janeiro, hosting the 2014 World Cup and the 2016 Olympics, collaborated with IBM to be a 'smart city' with the aim of offering advanced traffic and emergency services to citizens and visitors [23].

New York City decreased crime rate by 27% with gathering data in a central location and delivering real time information to officers instantly. Police department has real-time dashboards which shows a single view of emergency needs and its resources. The department can access event notifications using a Web portal, email and handheld devices [31].

The Virtual Power Operating Center (Vi-POC) project is developed to support renewable energy providers in Italy. Data is collected from heterogeneous energy production plants (such as wind, geothermal, sterling engine etc.) using sensors in a wide territory. Weather information is also collected from related institutions. Combining these data sources, real-time energy production of power plants is predicted [32]. National New Urbanization Planning of China has smart city initiatives about broadband access of network, informationized planning and management, smart infrastructures, convenient provision of public service, modernized industrial development and elaborate social governance [33].

Stockholm installed various sensors in urban roads, including radio frequency identification, laser scanning and

automatic photographing. These sensors can monitor traffic of cars in downtown area. Based on collected data, special tax can be imposed on these cars in order to alleviate traffic jam and decrease emission of greenhouse gas [33].

USED TECHNIQUES AND METHODS

Data Analytics

There are three types of analytics: descriptive, predictive and prescriptive. Descriptive analytics provide to summarize the data of what happened before such as Twitter posts. Predictive analysis is processing statistical data to predict the future and lastly, the prescriptive analysis helps to make suggestion to take action or can also be used to identify necessary solutions [17].

The entire data process occurs as follows: The first step is acquiring and storing the original data, including pattern extraction and filtering the data obtained from the desired data source according to the target requirements and then cleaning and preprocessing the acquired data (i.e., data filling, data optimization, data merging, data normalization, data consistency check, and preliminary organization of diverse data attributes), and establishing the dataset to be processed. The second step is processing and analyzing the dataset (including linear analysis, nonlinear analysis, factor analysis, sequential analysis, linear regression, variable curve analysis, and bivariate statistics), and then categorizing the data and analyzing the inter-data and inter-category relationships via the support vector machine (SVM), Naive Bayes, random forest, and logistic regression. The third step is identifying the inherent relationships among the categorized data and uncovering the further patterns, rules, and knowledge via an artificial neural network, genetic algorithm, and cross-media algorithm. Finally, the relationships among the variables are explained in an interactive and visual way to express a deeper understanding of the results [15].

Big Data Analytics

Although the information and communication techniques play an important role in collecting, transmitting, and storing big data, the development of smart city is of more dependence on mining the useful information existed in the collected data [33]. Ninety five percent of big data is unstructured, the development of new analytic tools and techniques specific to the properties of big data sets is required [34].

Big data analytics have similarities with business intelligence (BI). Both concepts use data management technologies and computer-based analytical tools to discover actionable knowledge and to facilitate decision making. BI is often uses on organizational data architecture which relies on finite set of highly structured and offline mode data sources. On the other hand, big data aims to develop data management technologies and analytical tools that can overcome an infinite number of data sets, highly complex and dispersed data in real-time formats [2]. Big data analytics capabilities include descriptive, exploratory, inferential, predictive, causal and mechanistic techniques [19].

Some techniques are needed to analyze large amounts of data within limited time. Data mining, social network analysis, web

mining, machine learning, visualization approaches and optimization methods are helpful as big data analysis techniques. Data mining includes classification, regression, cluster analysis and association rule of learning; and employs machine learning and statistical methods to extract meaningful information from data. Web mining is used to discover a pattern from large web repositories. It includes web content and web structure mining. Unknown knowledge about a website and users to perform data analysis, can be obtained. Visualization approaches generate tables and diagrams to understand data. Visualization enables to identify patterns and relationships. Quantifiable problems can be solved with optimization methods. Some strategies to solve the problem quickly and find a solution near to optimum are simulated annealing, quantum annealing, swarm optimization, and genetic algorithms. Lastly, social network analysis is applied to view social relationships in social network theory [1]

Machine learning and text mining are the main techniques for location and mobility mining. The core techniques used in literature are: k-Means, Self-organizing map, Density-based clustering, Spectral clustering and Mean-shift [35].

Constraint programming, fuzzy possibilistic model, dynamic programming, Particle swarm optimization based method, Biogeography-based optimization algorithm, Time series models, autoregressive models, artificial neural network, Bayesian networks, support vector machine, quantile regression, artificial neural network, Sequential Monte Carlo simulation, Ant colony optimization, K-means clustering, Hierarchical clustering, Self-organized Mapping, fault tree analysis, autoregressive models are big data driven smart grid management methods [30].

City data as a big data has various kinds of imperfection (imprecision, uncertainty, ambiguity). Several theories are applied to model data's imperfections such as: the probability theory for modeling incomplete data, the possibility theory for modeling imprecise data, the fuzzy set logic for modeling ambiguity and imprecise data. The bipolar logic and the set approximate (Rough Sets) and the Dempster, Shafer, theory (DST) are also used [25].

Architecture of Smart City and Big data is presented in Table 2. It is a 4-tier model and includes data resources, human resources, technologies, and tools. Developed smart city applications should be environment friend. Examples for each tier is given in Table 2.

ISTANBUL'S INITIATIVES

Istanbul is the most crowded city also is economic, cultural and historic center of Turkey. Its population is 14.804.116 according to the Address Based Population Registration System Results in 2016 and there is 1% increase in population compared to the last year [36]. In 2015 according to Turkish Statistical Institute report which makes it 15th largest city in terms of population in the world. Istanbul has visitors from all corners of the world during the year as one of most popular tourist destinations. Tourism Statistics Report [37] says 25.352.213 foreign visitors visited Istanbul in 2016. Domestic tourists are also too much.

TABLE VI
ARCHITECTURE OF SMART CITY AND BIG DATA

Data Resource	Human Resource	Technology	Tools
Machine data captured by sensors, meters etc.	Citizens	Mobile Phone	Data mining
Data from mobile phones	Data scientists	Network (4G LTE, LTE-A, and 5G)	Hadoop and its companion tools
Internet data	Predictive modelers	Smart meters	Predictive analytics
Web server logs	Statisticians	Sensors, screens	Machine learning
Social media	Other analytics professionals	Vehicle technology	Deep learning
GPS	Government officials	RFID	Cloud computing
Various records such as hospital data	Industry managers	PCs	Text mining
Other mobile phone data	Municipal authority	WiFi, Ultra-wideband, ZigBee, and bluetooth	Statistical analysis
Weather data		Camera	Data visualization tools
Vehicles		Wearable devices	Web mining
Applications			

Environment Friendly Smart Applications

Many Syrians have immigrated to Turkey because of ongoing war in Syria. More than 394000 of them live in Istanbul according to 2016 Immigration Authority report. Istanbul completed or have progressing mega projects. High-speed train constructions, Marmaray, 3th Bridge, 3th Airport, Kanal Istanbul, Istanbul-Izmir Motorway, Great Istanbul Tunnel. These investments help development of city also increase population growth. Rapid population growth brings many problems at the same time is a big data resource. This data which can be collected through various sources, has the potential to get valuable insights for Istanbul.

World Smart Cities Congress and Exhibit (Smart City Expo Istanbul 2016) had been held in Barcelona for 6 years since the first anniversary. It was organized for the first time in a place outside of Barcelona, in Istanbul Halic Congress Center on 1-3 June 2016 [38]. It indicates that Istanbul really wants to be a smart city and strives for it. Smart, aesthetic, sustainable and solution oriented urban life was shared in the congress and exhibit. Smart urban applications were presented by a new generation of solutions developed by the leading cities and companies of the world. Istanbul made some innovations in field of especially transportation, traffic and social issues to build a smart city by taking these studies as an example.

International Istanbul Smart Grid and Cities Congress and Exhibit, which will be held in Istanbul for the fifth time is another study for smart city [39]. An International Conference on Smart Cities that is a part of Istanbul will be held in Ankara,

capital of Turkey, for the second time on May [40]. There are dozens of congress and exhibits to being smart city in Turkey, especially in Istanbul. These are just a few.

IETT has worked on IoT since 2009. It has Smart Transportation Systems department. Passenger informing systems and fleet management are early projects in terms of offering smart transportation services. Collecting sensor information from 6000 buses and 1050 bus stops, passengers are informed where is the bus at moment, how many minutes later it will arrive etc. with smart bus stops and MOBIETT application. Passengers are able to watch seat occupancy rates from displays in stops. When a disabled passenger comes to bus stop, bus driver is informed before coming to that stop. Instant passenger number information is used to increase effectiveness in bus routes. Advanced passenger informing system is in under test. When it is activated, passengers will be able to get information at any time. As an example, a person will get a message before leaving home if there is traffic congestion in that area. There is also black box project. In this project scope, more than 80 varied data (Indoor temperature, fuel saving, breaking number, engine temperature, breakdown information, idle running time etc.) will be collected with communication technology infrastructure in buses. It will be a big data resource. It offers to increase passenger satisfaction level.

ISBAK was established by Istanbul Metropolitan Municipality (IBB) in 1986 with the aim of realizing the project and application services with traffic and system engineering to facilitate the life. It started professional work in the field of Intelligent Transportation Systems, mainly traffic signalization.

Its works classified into three main groups: intelligent transportation systems, smart parking management system and social projects.

Intelligent Transportation Systems are advanced information and communication technology applications that promote mobility and safety by increasing mobility and reducing environmental impacts in transportation.

Full Adaptive Traffic Management System (ATAK) is a real time operating system which optimizes signalized intersections according to parameters such as the volume of traffic created or queuing. It aims to minimize the average stop numbers the average vehicle lag times in a road network and the planning times of the signalized intersections.

General features of ATAK can be listed as below [41]. ATAK,

- Accelerates traffic flow and reduces latency by intervening real-time interchanges blocked by increasing traffic volume.
- Reduces vehicle lag times by 15% to 30%.
- Interferes instantly by optimizing intersection and network signal times by evaluating the data received from the field.

ATAK evaluates the sensor data by taking into account the states of the signal group outputs. Thus, it is understood from which direction the counts from the sensors belong to the current flow. The presence of the sensors at the junctions allows the perception of queues and the performance of the junction to be measured. Fig. 1 shows the data flow for ATAK.

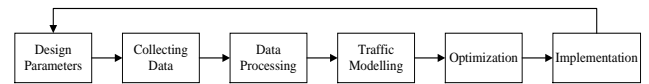


Fig. 1. Data Management for ATAK

As *Traffic Measurement Systems*, traffic measurement detectors, which are one of the basic components of intelligent transportation systems, are used to collect traffic measurement data such as speed violation and vehicle count in a center and present them instantly. Using data gathered from traffic measurement detectors, people are being informed, directed to alternative routes, trying to maximize the efficiency of existing road network capacity by reducing demand in regions with increasing traffic intensities. It is aimed to decrease the time lost in traffic by using the collected traffic data in improvement current traffic structure and in prospective traffic prediction algorithms. The instant data obtained in traffic measurement system can be used for variable message systems as input data.

Variable Message Systems are used to inform drivers about traffic congestion, traffic accidents, weather and road conditions, direct drivers to alternative routes in the direction of given information, and control traffic flow. Thus, road traffic capacity is used more efficiently by reducing the regional traffic densities.

Smart Parking Management System is an integrated park management system that contributes to the country's economy by aiming to reduce carbon emissions by generating profit from fuel in time, with intelligent systems for efficient, environmental friendly, practical usage of parking lots.

Equipment and system solutions are offered in parking lots in order to speed up the transition in a safe way and to save time with intelligent systems.

Social Projects include also another smart systems in Istanbul constructed by ISBAK. Some of them are "Traffic Training Park for Children" as an example of effective education and development management, "Earthquake Park" as an instance for disaster and emergency management and "Smart Container" as an example of clean environment.

Traffic Education Park is designed as a small city for children and disabled people to provide traffic education. The training is taught theoretically and practically with an amusing teaching accompanied by teachers, traffic policemen and animators. The signalization system works with the logic of transferring the data received from GPS satellites and sensors connected to the devices to the server computers via GSM/GPRS. The position and the sensor data from the vehicles are processed together with the defined regions, routes and alarm definitions to produce the data.

Earthquake Park are planned to be established in residential areas with natural disaster risks such as earthquakes, floods, landslides, and settlements that require people to meet basic needs for at least 48 hours after a disaster, since Turkey is an earthquake-stricken country. The system works with alternative energy sources such as wind and sun.

Smart Container (recyclable solid waste collection automation) has been developed in order to overcome the recycling awareness by rewarding people in the recycling-conscious yet unsettled country and to contribute to the

CONCLUSION

country's economy and natural resources through the recovery that can be achieved in this context.

Some of benefits of the smart container can be seen below [42].

- To bring recycling awareness to people
- Supporting the environmental ecosystem with less consumption of our natural resources
- Contributing to the national economy by establishing the starting point of waste recovery
- Pioneering the recycling system with the separation method at the source

Turk Telekom is one of the other companies the first integrated Telco company of Turkey. Turk Telekom also has some applications about smart cities called Turk Telekom smart cities [43]. They are a collection of applications that are used to make life of citizens permanently easier by using information communication technologies. Some of their practices are traffic density information, for safety in public areas park camera view and cloud eye (buluTT eye), to spend less time in the traffic intersection information, parking occupancy rate and monthly water saving information.

Istanbul needs other smart city applications as soon as. Especially security is one of the top priority subjects. As mentioned earlier, ongoing war in Syria therefore immigrations (many people who have high crime potential immigrated and lives in Turkey), terrorism activities decreased safety level and happiness of people. Istanbul as the most important city in Turkey has been affected from these developments very much. Firstly, big data should be used in providing public safety as smart city application.

Secondly, traffic congestion is always popular in Istanbul. Although some smart city projects have been started by Istanbul Electric Tramway and Tunnel Establishments (IETT), Istanbul Informatics and Smart City Technology Corp. (ISBAK), Turk Telekom and many investments made in infrastructure, they are not enough. The citizens suffer from this problem mentally and physiologically due to traffic jam. Applications should be increased through including private institutions and some political decisions can be required.

Energy is also an important concern. Considerable energy consumption, increasing prices, dependence on foreign countries' resources also environmental concerns make smart energy applications necessity for Istanbul. Environmental pollution especially sea pollution is also at high level. Solutions are needed to find in smarter ways. As mentioned in literature, there are many smart city application possibilities. Istanbul is lucky because it has a big data resource but it has also many problems in variety of areas. Some recommendations that may be solutions were made. For future studies, other important areas should be defined and collaboration of Istanbul Municipal with private sector, citizens even with other countries' municipal authorities is necessary to turn Istanbul to a smart city.

Big Data is considered to be the new resource to sustain the high growth of the information industry. Today firms' competitiveness is determined by their skills to leverage the technologies associated with Big Data [3].

People produces digital signs increasingly interacting with devices, social media and other technological systems. This data gives many opportunities to support policies and planners in responding to citizens' needs [32]. Uncovering hidden patterns, correlations, and other insights from large amounts data offer business owners to improve their businesses and serve their customers [21].

Rapid urbanization and growth of urban populations require some policies for countries. One of these policies is to build smart environments. Smart City applications are oriented on the strategic use of new technology and innovativeness to enhance the efficiencies and the competitiveness of cities [25]. Smart homes, smart transportation, smart grids and smart health cares have been introduced recently. Big data has the potential for especially big cities to get valuable insights from a large amount of data collected through various sources [21]. Big data can be shared, integrated, analyzed and mined to enable people a deeper understanding of the status of urban operations. More informed decisions on urban administration can be made with a more scientific approach [15].

Smart cities have challenges about legal compliances, environmental and regulatory issues. Both political and legal components are important for smart city development [9]. Becoming a smart city has technical, organizational or educational challenges [8]. Another challenge in building smart cities is the extraction of relevant information from the information communication technology infrastructure of cities [10]. A well planned infrastructure should be set up and developed. The use of a variety of sensors have some challenges that are related to restricted physical capabilities (as energy, processing, and memory) [10]. While some argue that big data will help cities become richer, cleaner and more efficient, contrary to this, some argue that cities will turn into data driven robotic places where creativity and deviance disappear [22]. Information is collected from various sources and has various kinds of imperfection: imprecision, uncertainty, ambiguity [25]. Lack of data science skills in organizations, organizational cultures that are not leading to data-driven operations or data-driven decision making are another barriers [2].

Smart city is popular subject in worldwide currently. The continuous development of internet, internet of things, and big data analytics enable authorities to build smart cities. Big cities need smart city applications more. Istanbul as a one of the most crowded city in the world, faces many problems. It has started some smart city applications but they are not enough. Istanbul should speed up generation of other projects to become a smart city by following developments around the world. Some areas where smart city applications are needed in Istanbul are suggested. For future studies, some platforms can be developed and smart city applications can be created and maintained by partnership of Istanbul Municipality, universities, public sector

firms, various government agencies and citizens. When Istanbul succeeds to become a smart city in different areas, developed models can be used in other.

REFERENCES

- [25] I. Yaqoob, I. A. T. Hashem, A. Gani, S. Mokhtar, E. Ahmed, N. B. Anuar and A. V. Vasilakos, "Big data: From beginning to future," *International Journal of Information Management*, vol. 36, no. 6, pp. 1231-1247, 2016.
- [26] A. Alharthi, V. Krotov and M. Bowman, "Addressing barriers to big data," *Business Horizons*, 2017.
- [27] J. Akoka, I. Comyn-Wattiau and N. Laoufi, "Research on Big Data—A systematic mapping study," *Computer Standards & Interfaces*, 2017.
- [28] M. Jaradat, M. Jarrah, A. Bousselham, Y. Jararweh and M. Al-Ayyoub, "The internet of energy: smart sensor networks and big data management for smart grid," *Procedia Computer Science*, vol. 56, no. 6, pp. 592-597, 2015.
- [29] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi, "Internet of things for smart cities," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, 2014.
- [30] M. M. Rathore, A. Ahmad, A. Paul and S. Rho, "Urban planning and building smart cities based on the Internet of Things using Big Data analytics," *Computer Networks*, vol. 101, no. 3, pp. 63-80, 2016.
- [31] World Bank, "Urban population (% of total)," [Online]. Available: <http://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2015&start=1960&view=chart>. [Accessed 20 03 2017].
- [32] J. Holler, V. Tsiatsis, C. Mulligan, S. Avesand, S. Karnouskos and D. Boyle, *From Machine-to-machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence*, Cambridge: Academic Press, 2014.
- [33] S. Joshi, S. Saxena, T. Godbole and Shreya, "Developing Smart Cities: An Integrated Framework," *Procedia Computer Science*, vol. 93, pp. 902-909, 2016.
- [34] A. Souza, M. Figueredo, N. Cacho, D. Araújo and C. A. Prolo, "Using Big Data and Real-Time Analytics to Support Smart City Initiatives," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 30, pp. 257-262., 2016.
- [35] D. Doran, S. Gokhale and A. Dagnino, "Human sensing for smart cities.," in *IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining*, Canada, 2013.
- [36] European Commission, "Strategic Energy Technology Plan," September 2015. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan>. [Accessed 10 01 2017].
- [37] U. Rosati and S. Conti, "What is a Smart City Project? An Urban Model or A Corporate Business Plan," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 223, pp. 968-973, 2016.
- [38] S. Consoli, V. Presutti, D. R. Recupero, A. G. Nuzzolese, S. Peroni, M. Mongioli and AldoGangemi, "Producing Linked Data for Smart Cities: The Case of Catania," *Big Data Research*, vol. 7, pp. 1-15, 2017.
- [39] Y. Pan, Y. Tian, X. Liu, D. Gu and G. Hua, "Urban big data and the development of city intelligence," *Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 171-178, 2016.
- [40] Smart Cities Council, "Smart cities technology market to top \$20 billion by 2020," 17 02 2013. [Online]. Available: <http://smartcitiescouncil.com/tags/pike-research>. [Accessed 12 01 2017].
- [41] M. Anshari and Y. Alas, "Smartphones habits, necessities, and big data challenges," *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 26, no. 2, pp. 177-185, 2015.
- [42] I. Lee, "Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges," *Business Horizons*, 2017.
- [43] M. Janssen, H. van der Voort and A. Wahyudi, "Factors influencing big data decision-making quality," *Journal of Business Research*, vol. 70, no. 1, pp. 338-345, 2017.
- [44] J. Steenbruggen, E. Tranos and P. Nijkamp, "Data from mobile phone operators: A tool for smarter cities?," *Telecommunications Policy*, vol. 39, no. 3, pp. 335-346., 2015.
- [45] I. A. T. Hashem, V. Chang, N. B. Anuar, K. Adewole, I. Yaqoob, A. Gani, E. Ahmed and H. Chiroma, "The role of big data in smart city," *International Journal of Information Management*, vol. 36, no. 5, pp. 748-758, 2016.
- [46] L. van Zoonen, "Privacy concerns in smart cities," *Government Information Quarterly*, vol. 33, no. 3, pp. 471-480, 2016.
- [47] M. Angelidou, "Smart cities: A conjuncture of four forces," *Cities*, vol. 47, pp. 95-106, 2015.
- [48] H. Ahvenniemi, A. Huovila, I. Pinto-Seppä and M. Airaksinen, "What are the differences between sustainable and smart cities?," *Cities*, vol. 60, pp. 234-245, 2017.
- [49] H. B. Sta, "Quality and the efficiency of data in "Smart-Cities"," *Future Generation Computer Systems*, 2016.
- [50] A. M. Townsend, "Smart cities: Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia," New York, WW Norton & Company, 2013, p. 15.
- [51] J. Van de Pas, G. J. van Bussel, M. Veenstra and F. Jorna, "Digital data and the city: An exploration of the building blocks of a smart city architecture," in *Digital Information Strategies: From Applications and Content to Libraries*, Chandos Publishing, 2015, pp. 185-198.
- [52] G. Del Chiappa and R. Baggio, "Knowledge transfer in smart tourism destinations: Analyzing the effects of a network structure," *Journal of Destination Marketing & Management*, vol. 4, no. 3, pp. 145-150, 2015.
- [53] R. Susanti, S. Soetomo, I. Buchori and P. M. Brotsunaryo, "Smart Growth, Smart City and Density: In Search of The Appropriate Indicator for Residential Density in Indonesia," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 227, pp. 194-201, 2016.
- [54] K. Zhou, C. Fu and S. Yang, "Big data driven smart energy management: From big data to big insights," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56, pp. 215-225., 2016.
- [55] D. Washburn, U. Sindhu, S. Balaouras, R. A. Dines, N. Hayes and L. E. Nelson, "Helping CIOs understand "smart city" initiatives," *Forrester*, Cambridge, 2009.
- [56] S. Bergamaschi, E. Carlini, M. Ceci, B. Furletti, F. Giannotti, D. Malerba, M. Mezzananza, A. Monreale, G. Pasi and R. Perego, "Big Data Research in Italy: A Perspective," *Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 163-170, 2016.
- [57] Y. Wu, W. Zhang, J. Shen, Z. Mo and Y. Peng, "Smart City with Chinese Characteristics against the Background of Big Data: Idea, Action and Risk," *Journal of Cleaner Production*, 2017.
- [58] S. J. Miah, H. Q. Vu, J. Gammack and M. McGrath, "A big data analytics method for tourist behaviour analysis," *Information & Management*, 2016.
- [59] D. Sacco, G. Motta, L. You, N. Bertolazzo and C. Chen, "Smart Cities, Urban Sensing and Big Data: Mining Geo-location in Social Networks," in *Congresso Nazionale AICA 2013*, Fisciano, Salerno, 2013.
- [60] Turkish Statistical Institute, "Address Based Population Registration System Results 2016," [Online]. Available: <http://www.tuik.gov.tr/PdfGetir.do?id=24638>. [Accessed 16 03 2017].
- [61] Republic of Turkey Ministry of Culture and Tourism, "Tourism Statistics," [Online]. Available: <https://www.kultur.gov.tr/Eklenti/49910,decemberbulletin2016xls.xls?0>. [Accessed 16 03 2017].
- [62] Fira Barcelona, "Smart City Expo Istanbul 2016 Report," 17 03 2017. [Online]. Available: http://media.firabcn.es/content/smartcity_istanbul/docs/SCE_ISTANB_UL_2016_report.pdf.
- [63] "ICSG," 17 03 2017. [Online]. Available: <http://www.icsgistanbul.com/en/>.
- [64] Public Technology Transform, "International Smart Cities Conference," 17 03 2017. [Online]. Available: <http://www.akillisehirlerkonferansi.com/en/>.
- [65] ISBAK(a), "Adaptif Trafik Yönetim Sistemi (ATAK)," 09 03 2017. [Online]. Available: <http://isbak.istanbul/wp-content/uploads/2016/06/02-ATAK-TR.pdf>.
- [66] ISBAK (b), "Deprem Parkları," 09 03 2017. [Online]. Available: <http://isbak.istanbul/diger-uygulamalar/sosyal-projeler/deprem-parklari/>.
- [67] Turk Telekom Akıllı Şehirler, "Şehirler Akıllanıyor," 03 17 2017. [Online]. Available: <http://www.sehirlerakillaniyor.com/>.

İş ile ilgili kas iskelet bozukluğu bilgisayar destekli risk değerlendirme aracı: WMSD-RA

Ercan Şenyiğit *, Uğur Atıcı +

Department of Industrial Engineering, Erciyes University, Kayseri, 38039, Turkey

senyigiterciyes.edu.tr

+General Directorate of Military Factories, Ankara, 06100, Turkey

uguratici@yahoo.com

Özet— Bu çalışmada iş ile ilgili kas iskelet bozuklukları (WMSD) risk değerlendirmesi için bir risk değerlendirme aracı sunulmaktadır. Risk değerlendirme kanunlar, uluslararası standartlar ve sosyal sorumluluk açısından zorunludur. Risk değerlendirme aracı olarak geliştirilen bileşenler ve iş sağlığı ve güvenliği firmalarınca geliştirilen uygulamalarca iş çevresi ve organizasyona ait riskler kapsamıştır. Bununla beraber çalışma süresince maruz kalınan WMSD riskleri ise bu uygulamalarca kapsamamıştır. WMSD risk değerlendirmesi için geliştirilen bilimsel yöntemler uzun süreli gözlemler gerektirmektedir. Gözlemler esnasında çekilen fotoğraflar kullanılarak skor sayfaları yardımı ile iş esnasında uzuvların maruz kaldığı ekstansiyon fleksiyonu ve supinasyon ölçülebilmektedir. İş ile ilgili MSD'lerin değerlendirmesi için skor sayfaları veya kontrol listeleri kullanılarak puan veya indeks elde edilmektedir. Bu sayede alınması gereken önlemler teklif edilmektedir. Bu çalışmada iş ile ilgili kas iskelet bozukluğu risk değerlendirme aracı (WMSD-RA) geliştirdik. WMSD-RA son yıllarda geliştirilen OCRA, EAWS, REBA, RULA gibi bilimsel yöntemleri kapsamaktadır. Böylece önceden kayıt edilen video görüntüler kullanılarak WMSD risk değerlendirmesi yapılabilmekte ve aynı anda işlem zamanları kayıt altına alınabilmektedir.

Anahtar kelimeler— Ergonomic risk değerlendirme, Çizleleme, Bozulma, OCRA, Endüstri 4.0

I. AMAÇ

Siber-fiziksel sistemler gibi birbiri ile bağlantılı sistemler için son yıllarda ortaya çıkan yöntemler siber hesaplama alanı ve fiziksel sistemler arasında senkronizasyon ve bilgilerin izlenmesine yakından odaklanmaktadır. İzlenen fiziksel sistemlere bağlı olarak sistemler için framework uygulaması ve tasarım yaklaşımı değişmektedir. İmalat endüstrisinde, siber fiziksel sistemin sistematik dağıtımı üzerinde ileri analitik uygulamalar daha esnek, daha destekleyici ve etkili makine ağı sağlar. Böyle bir dönüşüm imalat sistemlerinin bir sonraki evrimi endüstri 4.0 olarak adlandırılmaktadır [1].

Endüstri 4.0 ile iş yeri çevresi anlık olarak izlenecektir. Burada iş yeri çevresi kavramının da değiştiğini gözden kaçırmamak gerekmektedir. Klasik manadaki fiziksel, pazar, müşteri ve tedarikçileri kapsayan iş yeri çevresine artık bilgi işlem çevresi ifade eden siber çevre dâhil olmaktadır. Öyle ki bu çevre atölye ortamındaki sensörler ile anlık izlemeye imkân verirken, üretim planlarındaki değişiklikler, çizelgelerdeki işlerin sırası, iş görenlerin zihinsel ve fiziksel performanslarının izlenmesine imkân verecektir.

Dördüncü endüstri devriminde insan makine iş birliği artarak devam etmektedir. Bu alanda değişiklikler sadece makineler için değil insanlar içinde geçerlidir. Pek çok işçi ergonominin farkında değildir. Rümor ve Bruder tarafından iş yeri çevresinde çalışanların ergonomik postur analiz yapan uygulama yapılmıştır. Gündelik yaşam teknolojisi ile montaj hatlarında iş görenlerin çalışma ergonomisinin izlenmesi kavramı sunulmuştur [2]. Yapılan uygulama çalışanların maruz kaldığı ergonomik risklerin anlık olarak izlenmesine imkân tanımakta ve farkındalığın artırılmasını sağlamaktadır.

İş yeri çevresinde maruz kalınan ergonomik risklerin işlem zamanları üzerinde etkisi, çizelgelerin nasıl değiştiği, işlerin hangi makineler tarafından hangi sırada yapılacağı araştırma konusudur. Endüstri 4.0 da planlama gerçek zamanlı olarak optimizasyon işlemine dayandırırken üretim planları üzerindeki bozucu etkilere sahip faktörlerinde yakından izlenmesi gerekecektir. Bu çalışmada üretim planları, çizelgeleri üzerinde bozucu etkilere sahip ergonomik risk faktörlerinin işlem zamanının üzerinde etkisinin araştırılmasında kullanılan WMSD-RA tanıtılacaktır.

Notasyon

FCT Çevrim süresi

NCT Çevrim süresindeki teknik işlerin sayısı

CF Teknik işlerin sıklık sabiti

PoM Duruş çarpanı

ReM Tekrarlama çarpanı

AdM İlave faktör çarpanı

FoM Kuvvet faktör çarpanı

RcM Yetersiz dinlenme faktör çarpanı

DuM Vardiya sırasında tekrar eden görevlerin toplam süre çarpanı

LİTERATÜR TARAMASI

Bir üretim sistem ve süreçlerinin esnekliği tedarik zincirinin ve ürünlerinin karmaşıklığını gösterir. Bu sadece planlama düzeyi ile üretim düzeyinin bilişim entegrasyonu ile gerçekleştirilebilir. Bu durum çabuk ve etkili bir şekilde ürünleri özelleşmesine sebep olur. Bilişim entegrasyonu siber-fiziksel sistemler tarafından gerçekleştirilebilir. Endüstri 4.0 içerisinde öğrenen fabrika kurumsal kaynak planlaması (ERP) düzeyinden atölye düzeyine üretim şirketlerinin kapsamlı bir modelidir [3]. Bu kapsamda iş yeri bir bütün olarak ele alınmalı iş fiziksel olarak gerçekleştirildiği atölye ortamı ile bilişim

sistemi entegre edilmelidir. Bilişim sistemi iş yeri çevresinden veri toplayan ve işleyen olarak tanımlanmaktadır. Bu kavramda ERP sistemlerin veri toplama aracı olarak insanın yerine sensörler alacağı değerlendirilmektedir.

Alman Yapay Zeka Araştırma Merkezi (DFKI) zeki fabrikalar için mümkün kılınması için dört unsur tanımlamıştır. Bunlar birincisi akıllı ürünler, akıllı makineler, akıllı planlama ve akıllı operatörlerdir. Akıllı ürünler kendi üretim süreçlerini bilen akıllı makineler ile anlaşılan ürünler olarak tanımlanmış, akıllı planlama nerdeyse gerçek zamanlı olarak optimizasyon işlemi olarak tanımlanmış, akıllı operatörler bu çevrenin merkezinde devam eden aktiviteleri kontrol eden ve yönlendiren olarak tanımlanmıştır [4]. Bu kapsamda akıllı fabrikaların üretim sürecini anlık olarak izleyecek, üretim programlarındaki gecikmeleri anlık olarak izleyecek, makine çizelgelerini optimize edecek, gerekirse personel kaynaklı gecikmeleri tespit edecek çizelgeleri değiştireceği değerlendirilebilir.

Endüstri 4.0 imalat sistemleri için siber-fiziksel sistem mimarisi beş düzeyli olarak tanımlanmıştır. Sırası ile dört ve beşinci düzeyler bilinç ve konfigürasyon düzeyi insan ögesini içermektedir. İnsan bu iki düzeyde karar verici, izleyici rolde tanımlanmıştır [5].

Endüstri 4.0 da planlama gerçek zamanlı olarak optimizasyon işlemine dayandırılmaktadır. İş yeri çevresinden sensörler ile veri toplanmakta bu ise dinamik olarak makine çizelgelerine yansıtılmaktadır. Bu aşamada makine çizelgelemede işlem zamanına etki eden faktörlere bakmak gerekmektedir.

Toksarı D. tarafından 2008 yılında yapılan öğrenme ve bozulma etkileri altında hazırlık zamanlı paralel makineli erken tamamlanma/gecikme çizelgeleme problemi konulu doktora tezinde yapılan literatür araştırması sonucunda aşağıda sunulan öğrenme ve bozulma etkilerinin makine çizelgelemede işlem zamanına etki eden faktörler gruplandırılmıştır [6].

TABLO-1 ÇİZELGEDE İŞLEM ZAMANINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

<i>Öğrenme etkisi</i>
<i>Pozisyon bağımlı öğrenme etkisi</i>
<i>Zaman bağımlı öğrenme etkisi</i>
<i>Nispi zaman bağımlı öğrenme etkisi</i>
<i>Bozulma etkisi</i>
<i>Doğrusal bozulma etkisi</i>
<i>Doğrusal olmayan bozulma etkisi</i>
<i>GSBHZ</i>

Makine çizelgeleme probleminin gerçek hayata yaklaştırılması zaman bağımlı öğrenme etkisi ve birleşik bozulma etkisini incelemiştir. Polinomal olarak optimal çözüm elde etmiştir [7].

Ergonomik riskler iş yeri çevresinde karşımıza çevresel ve iş ile ilgili riskler olarak karşımıza çıkmaktadır. İşçilerde iş ile ilgili olarak acı ile sonuçlanan alt, üst ve arka uzuvlardaki meydana gelen bozukluklar ve yaralanmalar kas-iskelet bozuklukları (MSD) olarak adlandırılır. MSD'ye yol açan işlerin risk değerlendirmesi; statik duruş ve vücut hareketi, elle yüklenme (3 kg aşağısı), kuvvet uygulama, tekrarlı hareketler, el

ve kol titreşimi, tüm vücut titreşimi, enerjetik yüklenme, bölgesel mekanik stres olarak tanımlanmıştır [8].

Liebrechts J. ve arkadaşları tarafından ROSA bilgisayar kullanıcıları için MSD bozukluklarını değerlendirilmesi amacı ile geliştirilmiştir. Çalışanların pozisyon değiştirmeden uzun süre çalışmalar fotoğraflar ile kayıt altına alınmıştır. Fotoğraf tabanlı risk değerlendirmesi yapılmıştır. Üst uzuvların teorik olarak ortogonal olmayan duruşları farklı beş açıdan çekilen fotoğraf ve paralaks etki kullanılarak belirlenmiştir. ROSA yöntemi kullanılarak ergonomik değerlendirmelerin uzaktan seri fotoğraflar ile yapılabileceğini göstermişlerdir [9].

Kushwaha ve Kane (2016) tarafından ergonomik açıdan vücut postur ve iş istasyonu analiz edilmiş, çalışma koşullarını iyileştirmek için yeni iş istasyonu önerilmiştir. Mevcut iş istasyonu ve önerilen iş istasyonu CATIA-V5 kullanılarak modellenmiştir. Sonrasında mevcut iş istasyonu ve önerilen CATIA-V5 içindeki manken postur kullanılarak RULA testi yapılmıştır. Böylece yapılan tadilatlar teyit edilmiştir [10].

Rümor ve Bruder tarafından iş yeri çevresinde çalışanların ergonomik duruşlarını analiz eden uygulama yapılmıştır. Uygulamada geliştirilirken gündelik teknoloji kullanılmıştır [2].

Bu makale şu şekilde düzenlenmiştir: birinci bölüm çalışmanın amacı, ikinci bölüm konu ile ilgili literatür taramasını, üçüncü bölüm ele geliştirilen uygulama WMSD-RA, dördüncü bölüm ise sonuç ve sonraki çalışmalar şeklinde düzenlenmiştir.

WMSD-RA

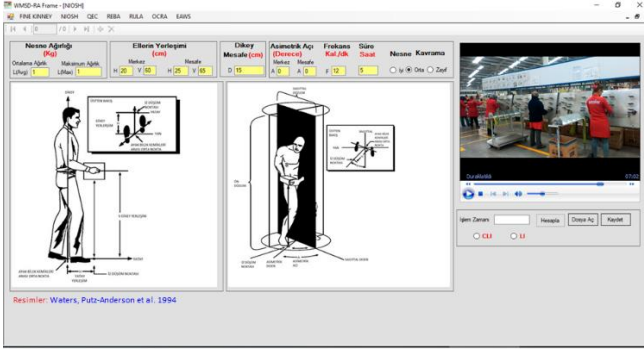
Ergonomik risk değerlendirmesi literatürde Battini ve arkadaşları tarafından parti büyüklüğü belirleme problemine uygulanmış[11], Akyol ve Baykasoğlu tarafından montaj hattı dengeleme problemine uygulanmıştır [12]. Bu çalışmada ergonomik riskler neden olduğu WMSD ile makine çizelgeleme arasında ilişkiyi ortaya çıkarmak bir analiz aracı olarak WMSD-RA geliştirilmiştir.

Literatürde MSD analizleri için pek çok bilimsel yöntem mevcuttur. Marie-Eve ve arkadaşları tarafından iş ile ilgili MSD (WMSD) risk faktörlerini belirlemek için 8 farklı yöntemin karşılaştırılması yapılmıştır. İncelenen yöntemler bir kısmı şunlardır.

- Hızlı maruziyet testi (The Quick Exposure Check -QEC),
- Mesleksi hastalıklar için Finnish Enstitü tarafından geliştirilen ergonomik iş yeri analizi (The Ergonomic Workplace Analysis developed by the Finnish Institute of Occupational Health -FIOH),
- ACGIH'nın el aktivite düzeyi eşik sınır değer yöntemi (ACGIH's Hand Activity Level threshold limit values method-HAL),
- İş gerilme indeksi (Job Strain Index-JSI),
- OCRA indeksi,
- EN 1005-3 (TSE EN 1005-3)
- Hızlı üst uzuv değerlendirmesi (Rapid Upper Limb Assessment-RULA),
- Hızlı komple vücut değerlendirmesi (Rapid Entire Body Assessment -REBA) [13].

Bu yöntemlere ilaveten NIOSH kaldırma indeksi [14] ve EAWS [15] risk değerlendirme yöntemleri de ilave edilebilir.

Biz WMSD-RA iş yerinde WMSD'lerin makine çizelgeleme işlem zamanına etkisini belirlemek için QEC, REBA, RULA, OCRA ve EAWS yöntemlerini kapsadık. QEC, REBA, RULA, OCRA ve EAWS yöntemleri için kullanılan çeklistler sonucunda elde edilen risk puanı ile gerçekleşen işlem zamanı analiz edilmek üzere kayıt imkânı tanıdık.



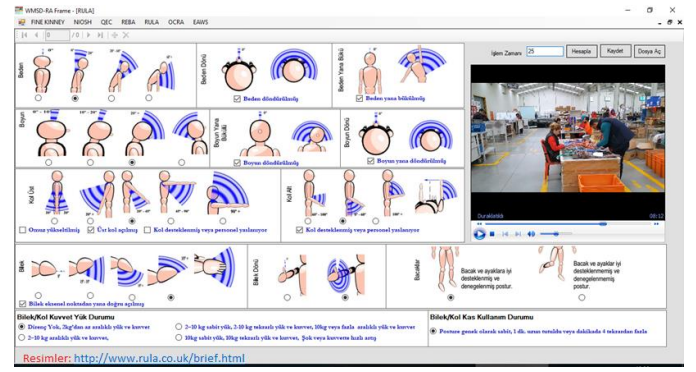
Şek. 1 Kaldırma İndeksi Hesaplama Ekranı

QEC değerlendirmesi amacı ile Bidiawati ve arkadaşları tarafından oluşturulan skor tablosu [16], NIOSH kaldırma indeksi için ise Waters ve arkadaşları tarafından [14] bildirilen eşitlikler kullanılmıştır.

REBA skor puanların hesaplanmasında Hignett and McAtamney tarafından ortaya konmuş skor tabloları ve risk puanları kullanılmıştır [17].

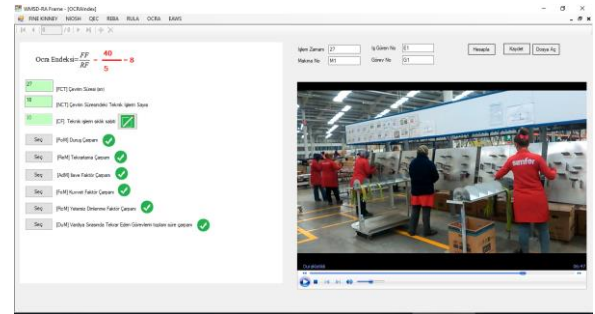


Şek. 2 REBA skor hesaplama ekranı



Şek. 3 RULA skor hesaplama ekranı

RULA skor sayfasının oluşturulması internetten faydalanılmıştır [18].



Şek. 4 OCRA indeksi hesaplama ekranı

OCRA indeksinin hesaplanması TS EN 1005-3'teki eşitlikler kullanılmıştır. Risk faktör çarpanlarının belirlenmesinde yine TS EN 1005-3 eklerinden faydalanılmıştır.

$$\text{OCRA Endeksi} = \frac{FF}{RF} \quad \text{E-1}$$

$$FF = \frac{NFC \cdot 60}{FCT} \quad \text{E-2}$$

$$RF = CF \times PoM \times ReM \times AdM \times FoM \times (RcM \times DuM) \quad \text{E-3}$$

Yine aynı ekrandan işlerin tamamlanma zamanı ölçülmesine yönelik video oynatıcı konarak WMSD analiz ve işlem zamanı hesabı için tün işlevler tek ekrana toplanmıştır [19].

SONUÇ VE SONRAKI ÇALIŞMALAR

İşletmelerde çalışma ortamına ait çevresel riskler kanunlar, yönetmelikler ve ulusal/uluslararası standartlar ile düzenlenmiştir. Risk değerlendirmesinde işlerin yapılması esnasında maruz kalınan ergonomik riskler de bu kapsamda incelenmiştir. Literatürde ergonomik riskler işlerin tekrar sayısına bağlı olarak geliştiği ve bir takım meslek hastalıklarına neden olduğu araştırmacılar tarafından tespit edilmiştir. Ancak işlerin tekrar sayısına bağlı olarak gelişen ergonomik risk faktörlerin çizelgeleme probleminde işlem zamanına etkisi literatürde incelenmemiştir. İşlerin tekrar sayısına bağlı olarak gerçekleşen öğrenme, işlem zamanı üzerinde kısaltıcı etki

yaparken, ergonomik risk faktörleri nasıl etki yapacağını ortaya çıkarmak için WMSD-RA'yı geliştirdik.

Endüstri 4.0'a yönelik olarak sunulan uygulama daha gerçekçi ve dinamik çizelgelerin kurumsal kaynak planlaması tarafından yapılmasına olanak tanıyacağı, sensörler vasıtası ile ergonomik riskler nedeni ile uzayan işlem zamanının önüne geçmek için personel, iş ve göreve bağlı olarak mola sürelerinin değişeceği değerlendirilmiştir.

Bu bildiri "Ergonomik Risk Faktörleri Altında Çizelgeleme" isimli FDK-2017-7265 proje kodlu proje kapsamında Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Bagheri, B., et al., Cyber-physical Systems Architecture for Self-Aware Machines in Industry 4.0 Environment. IFAC-PapersOnLine, 2015. 48(3): p. 1622-1627.
 - [2] 2. Römer, T. and R. Bruder, User Centered Design of a Cyber-physical Support Solution for Assembly Processes. Procedia Manufacturing, 2015. 3: p. 456-463.
 - [3] 3. Faller, C. and D. Feldmüller, Industry 4.0 Learning Factory for regional SMEs. Procedia CIRP, 2015. 32: p. 88-91.
 - [4] 4. Kolberg, D. and D. Zhülke, Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. IFAC-PapersOnLine 2015. 48(3): p. 1870-1875.
 - [5] 5. Lee, J., B. Bagheri, and H.-A. Kao, A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters, 2015. 3: p. 18-23.
 - [6] 6. Toksarı, M.D., Öğrenme ve bozulma etkileri altında hazırlık zamanlı paralel makineli erken tamamlanma/gecikme çizelgeleme problemi, in Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı. 2008, Gazi Üniversitesi Ankara. p. 199.
 - [7] 7. Toksarı, M.D., D. Oron, and E. Güner, Single machine scheduling problems under the effects of nonlinear deterioration and time-dependent learning. Mathematical and Computer Modelling, 2009. 50(3-4): p. 401-406.
 - [8] 8. Ringelberg, J.A. and T. Koukoulaki, Risk Estimation for Musculoskeletal Disorders in Machinery Design - Integrating a User Perspective. 2002, Belgium: European Trade Union Technical Bureau for Health and Safety. 79.
 - [9] 9. Liebrechts, J., M. Sonne, and J.R. Potvin, Photograph-based ergonomic evaluations using the Rapid Office Strain Assessment (ROSA). Applied Ergonomics, 2016. 52: p. 317-324.
 - [10] 10. Kushwaha, D.K. and P.V. Kane, Ergonomic assessment and workstation design of shipping crane cabin in steel industry. International Journal of Industrial Ergonomics, 2016. 52: p. 29-39.
 - [11] 11. Battini, D., et al., Ergo-Lot-Sizing: Considering Ergonomics in Lot-Sizing Decisions. IFAC-PapersOnLine, 2015. 48(3): p. 326-331.
 - [12] 12. Akyol, Ş.D. and A. Baykasoğlu, ErgoALWABP: a multiple-rule based constructive randomized search algorithm for solving assembly line worker assignment and balancing problem under ergonomic risk factors. Journal of Intelligent Manufacturing, 2016.
 - [13] 13. Chiasson, M.-È., et al., Comparing the results of eight methods used to evaluate risk factors associated with musculoskeletal disorders. International Journal of Industrial Ergonomics, 2012. 42(5): p. 478-488.
 - [14] 14. Waters, T.R., V. Putz-Anderson, and A. Garg, Applications Manual For The Revised Niosh Lifting Equation. 1994, Ohio: U.S. Department Of Health And Human Services Public Health Service.
 - [15] 15. Schaub, K., et al., The European Assembly Worksheet. Theoretical Issues in Ergonomics Science, 2013. 14(6): p. 616-639.
 - [16] 16. Bidiawati, J.R.A. and E. Suryani, Improving the Work Position of Worker's Based on Quick Exposure Check Method to Reduce the Risk of Work Related Musculoskeletal Disorders. Procedia Manufacturing, 2015. 4: p. 496-503.
 - [17] 17. Hignett, S. and L. McAtamney, Rapid Entire Body Assessment (REBA). Applied Ergonomics 2000. 31: p. 201-205.
 - [18] 18. <http://www.rula.co.uk/brief.html>. [cited 2016 24.10.2016].
- [19] Makinalarda güvenlik-İnsanın fiziksel performansı-Bölüm 3: Makinalar kullanılırken tavsiye edilen kuvvet sınırları. Türk Standartları Enstitüsü: Ankara.

Endüstri 4.0'ın Türkiye üzerindeki etkileri

Sezgin Ersoy¹, Yahya Bozkurt², İshak Ertuğrul¹, Osman Ülker¹

¹Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Kadıköy İstanbul, 34752
{ersoy, ishak.ertugrul, osman.ulkir}@marmara.edu.tr

²Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Malzeme ve Metalurji Mühendisliği Kadıköy İstanbul, 34752
ybozkurt@marmara.edu.tr

Özet— Endüstri 4.0 veya Sanayi 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimidir. 2012'de Almanya'da bir teknoloji fuarında söz edilen bu devrim; Alman Hükümetinin geleneksel sanayiye daha günümüz teknolojisine uyarlamak için bilgisayarlarla yönetilmesini ve yüksek teknoloji ile donatılmasını istediği bir projedir. Günümüzde halen daha gelişmekte olan Endüstri 4.0 daha bir çok ülkede yaygınlaşmamıştır. Endüstri 4.0 sayesinde geleneksel sanayileşme yerini modern sanayileşmeye devretmiştir. Endüstri 4.0 ile gelen akıllı fabrika terimi üretime çok büyük faydalar sağlamaktadır. Üretim süreci artmış, kalite yükselmiş ve maliyeti düşürmüştür. Endüstri 4.0 ile gelen diğer modüller birbirleriyle bütün bir şekilde çalışmaktadırlar. İnternetin olduğu her ortamda haberleşebilir, yapay zeka sistemleri sayesinde kendileri düşünebilir ve karar verebilirler. Endüstri 4.0'ın teknolojiyen destek aldığı için üretimi daha verimli hale getirmiştir.

Anahtar Kelimeler— Endüstri 4.0, Endüstriyel Otomasyon, Sanayi Devrimi, Otonom Robotlar, Akıllı Fabrika

I. GİRİŞ

Teknolojinin çok hızlı bir şekilde gelişme kaydettiği günümüzde, teknolojinin getirmiş olduğu bu yenilikler insan hayatının bir parçası olmuştur. Bu yeniliklerden insanları haberdar etme ve yenilikleri insanlara sunma bir zorunluluk haline gelmiştir. Globalleşen dünya da iletişimin çok artması insanları değişik dünya pazarlarına yönetmiştir. Çok kaliteli ürünü daha ucuzca imal etmek rekabet piyasasında bir zorunluluk olmuştur. Bu da ancak otomasyon teknolojisini kullanarak üretim yapmakla mümkün olmaktadır [1].

Endüstri 4.0 ya da Sanayi 4.0, bilgisayarlaşmayı ve üretim teknolojilerini içeren kolektif bir kavramdır. Bu devrim içerisinde bulunan sistemlerle geleneksel sanayiye modern bir sanayiye çevirmektedir. İnsan gücü yerini robotlara devretmiştir. Endüstri 4.0'ın akıllı fabrika sistemini oluşturması kaliteyi yükseltmiş, üretim sürecini arttırmış ve maliyeti düşürmüştür.

Endüstri 4.0'ın hızlı, güvenilir ve yenilikçi bir anlayışı olması bir çok sektör tarafından kabul edilmesine sebep olmuştur. Hızla gelişen teknoloji firmalar arasındaki rekabeti arttırmış ve firmaları teknolojiyi kullanmak zorunda bırakmıştır. Endüstri 4.0 ile gelen siber-fiziksel, nesnelerin interneti sistemleri akıllı fabrikaların oluşmasında çok büyük rol almıştır. Akıllı fabrikalar, minimum işgörenle çalışmaktadır ve insan gücünü otonom robotlara bırakmıştır.

II. SANAYİ DEVRİMİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

İlk sanayi devrimi (1.0) 18. Yüzyılın 2. yarısında, su ve buhar gücünü kullanarak mekanik üretim sistemleri ile ortaya çıktı. 19. Yy ortalarında ise İkinci sanayi devrimi (2.0) ile elektrik gücünün yardımıyla seri üretim tanıtılmıştı. Telefon ve telgraf gibi gelişmeler iletişimi kolaylaştırarak global entegrasyonu başlatacağı. Bilimsel çalışmalar ve bunların yayınlanmaları ise yine bu dönemde sıklıkla görülmekteydi. 20. yy ikinci yarısında ise Üçüncü sanayi devriminde (3.0) ise dijital devrim ve yeni ufuklar hayatıma girdi. Uzay insanlığın yeni merak konusu olmaya başladı. Soğuk savaş gibi tanımlamalar ile insanlar güvenlik sorunu yaşayabileceği inandırıldı. Elektronik ve bilgi teknolojilerinde hızlı gelişmeler yaşandı. Bu gelişmeler bazı devletlerden büyük şirketleri ortaya çıkardı. Şimdi ise otonom çalışan makineler, hücresel taşıma sistemleri ve nesnelerin interneti gibi gelişmeler hayatıma girmekte kalmadı, bu gelişmeleri koşulsuz sahip olma ve kullanma gerekliliğini ortaya koydu. [2,3]

Kuşkusuz 4. Endüstri devrimi devam eden bir süreci ifade etmektedir. İnsanoğlu hiç olmadığı kadar bilgiye sahip konumda ve bunu pozitif yönde kullanabilme potansiyeline sahiptir. Ve yaşanan bu endüstriyel devrim ile birlikte üretim, yönetim ve yönetim sisteminin dönüşümünü müjdeliyor [4].

III. ENDÜSTRİ 4.0 İLE İLGİLİ TEKNOLOJİLER

Endüstri 4.0 yeni teknoloji mimarisi ve üretimi ile doğrudan ilgilidir. Endüstri 4.0 gelmesi ile birlikte bir çok yeni teknoloji de açığa çıkmıştır. Bunlardan önemli bir araç olması kadar bilinen bir teknoloji olan 3d yazıcılarıdır. 3d yazıcılar medikal alanından gıda teknolojilerine kadar hemen hemen her alanda kullanılmaya başlayan bir teknolojidir. 3D Yazım sistemiyle iş hacmi süresinin ve maliyetini azalması yanı sıra, yüksek hassasiyet gibi avantajlarda elde edilebilmektedir. 3D yazıcılar kadar önemli bir gelişmede otonom robotlarda yaşanmaktadır. Kendi kendine çalışan ve şimdilik sınırlı olsa kendi karar verebilen sistemler üretim kabiliyetlerini ve daha üst seviyede rekabet gücü gereksinimini doğurdu [5]

Bunların yanı sıra uzakta bulunan sunucuların internet üzerinden erişim sağlaması ve veri aktarması bulut bilişim olarak tanımlanmaktadır. Bilişim kavramı dönüşmekte ve endüstri içinde geliştirdiği çözümler hızla artmaktadır (Şanlı, 2011). Başlangıçta bu teknoloji bir hayalle başlamış, ancak günümüzde kamu hizmeti olacak şekilde insanlara sunulabilmektedir [6].

Endüstri 4.0 da en önemli bilgi kaynağı dijital verilerdir. Genetik algoritma, yapay zekâ, ver madenciliği gibi özel konulara ve bu konularda yetişmiş insan gücüne ihtiyaç

duyulmaktadır. Başlangıçta geleneksel veri tabanlarında depolanarak analizi yapılabilirken günümüzde dijital verilerden daha verimli ve yoğun şekilde yararlanılmaktadır. Dünya üzerinde veri miktarının ciddi bir şekilde artmasıyla bu verilerin kullanılması ile ilgili birçok çalışma başlatılmıştır. Bu çalışmalar doğrultusunda Big Data veya Büyük Veri terimleri ortaya çıkmıştır [7]

Verilerin çeşitli olması ve günümüzde verinin en hızlı şekilde elde edilebilir olması gerektiği için geleneksel olan veritabanları büyük veriler için yetersiz olmaktadır. Günümüzde büyük veriler için geliştirilmiş özel veritabanları ile veri elde etmek ve veriyi harmanlamak daha kolay hale geldi. Bunlara ek olarak nesnelerin interneti kavramı hayatımıza girmektedir. bu kavramla ilgili literatür de pek çok tanım yer almaktadır. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) tarafından yapılan tanımıyla IoT, herhangi bir zamanda herhangi bir yerde her nesnenin birbirine bağlanabileceği bir teknolojidir. Bazı kaynaklarda nesnelerin interneti yerine her şeyin interneti olarak da yer alabilmektedir. Var olan tanımlardan yola çıkılarak Nesnelerin İnterneti, tüm nesnelerin çeşitli haberleşme protokolleri ve algılama yöntemleri aracılığıyla tanımlanarak birbirleri ile iletişime geçebileceği, internet ortamına çıkabilecekleri akıllı ağlardan oluşan bir teknoloji olarak tanımlanabilir [8]

Yine hayatımız ağıren bir başka perspektif artırılmış gerçekliktir. Bilgisayarda oluşturulan görüntünün, kullanıcının herhangi bir görüntüleme cihazı taşımasına gerek kalmadan izdüşümü yardımıyla direkt olarak fiziksel objenin üzerinde görüntülenmesini sağlayan sistemlerdir [9].

Gerçek dünyanın kamera ile görüntüsünün alınması sırasında, gerçek dünya üzerinde önceden belirlenmiş olan hedef noktalara, bilgisayarda hazırlanmış olan materyallerin belli noktalarından bağlanması ve oluşan sonucun yazılımlar vasıtasıyla yorumlanarak çıktı görüntüsünün eşzamanlı olarak alınmasıdır [10].

Fiziksel dünya ile siber alanı internet ile birbirine bağlayan sistemlere siber-fiziksel sistemler (CPS-Cyber-Physical System) adı verilmektedir. Sensörlerle desteklenmiş bu sistemler fiziksel dünyadaki hareketleri internet hizmetleriyle toplamakta ve küresel olarak nesnelerin etkileşimini içermektedir [11].

Kavram olarak "siber" (cyber), sibernetik (cybernetics) olarak bilinen ve canlı varlıklar ve makineler üzerindeki iletişim ve kontrolü araştırma konusu edinmiş bilimsel disiplinden türemiştir. 1940'lar ile birlikte "siber" kavramı genellikle, enformasyon teknolojileri, bilgisayarlar ve internete dayalı kontrol süreçlerini anlatmak için kullanılmıştır [12]

- Nesnelerin interneti ile birlikte çok geniş bir iletişim ağı yaratan ve böylece gerçek ve sanal dünyalar arasındaki sınırı kaldırmaya yönelir [13].
- Fiziksel veya iş süreçleri monitör ve kontrol ediyor.
- Önemli kullanıcı katılımı/etkileşimi içeriyor.
- Gerçek zaman yapılandırma, dağıtım veya görevlendirme ile çevredeki tepkisel değişikliklere uyum ve gelişim sağlıyor.
- Kendi performansını sürekli monitör ve optimize ediyor.
- Yüksek derecede güvenilirlik gerektiriyor.

- Farklı teknik disiplinler ve farklı uygulama alanlarının entegrasyonunu gerektiriyor.
- Yerel, bölgesel, ulusal ve küresel düzeyde özerlik yüksek derecede hiyerarşik karar sistemleri gerektiriyor.

Endüstri 4.0; alansal gelişmeleri yekün olarak bir sistemde toplamasıyla kendine bir kimlik kazandırmış ve gerçek bir devrim olarak tanımlamamıza sebep olmuştur. Bu sistemlerin en önemlilerin biri olan Akıllı fabrikalarda üretim sürecini ve aşamalarını cihaz ve makineler üstlenmektedir. Cihaz ve makineler birbirleriyle haberleşerek üretim adımlarını kendi içlerinde belirlemektedirler. Operasyonda herhangi bir sıkıntı gerçekleştiği zaman akıllı fabrika sorunu otomatik tespit ederek en kısa sürede giderilmesini, sistemin tam kapasiteyle ve yüksek verimle çalıştırabiliyor. Sensör teknolojisindeki yakın dönem gelişmeler, veri transfer sistemleri ve bilgisayar ağları konusundaki ilerlemeler ve rekabetin ulaştığı aşama bugünün endüstrisini yüksek teknolojiyi içeren metotları uygulama konusunda zorlamaktadır [14]. Sanayi 4.0'ın bütünlükçü Siber-Fiziksel sistemleri, geleceğin akıllı fabrikalarının endüstriyel ağları konusunda ipucu vermektedir. PWC dergisinde (PWC, 2013) yayınlanan bir makaleye göre, Alman firmalarının yüzde 50'si sanayi ağları konusunda plan yaparken, yüzde 20'si hali hazırda Sanayi 4.0'ın akıllı fabrikasına geçiş yapmıştır [15].

Son olarak Hammadde ve kaynak tüketimi en aza indirgenirken, verimlilik artmakta ve yeşil enerji dönemine geçilmektedir. Kendi kendini organize eden üretim yöntemleri sayesinde üretim için gerekli kaynaklara (enerji, insan, makine vb.) olan ihtiyaç azalmakta, robotlar üretim süreçlerini yönetir hale gelmektedir. Robotların yaygınlaşması işgücüne duyulan gereksinimi azalttıktan, yeni istihdam politikaları geliştirilmektedir. Ürün-yaşam döngü süresi kısalmakta, üretimdeki hata payı minimuma inmektedir. İş sağlığı ve güvenliği, robotlarla daha iyi sağlanmaktadır. Robotlar üretim süreçlerini hızlandırdığından, çalışma saatleri çok daha esnek hale gelmektedir. 3D yazıcılarla, dünyanın her noktasında her türlü hammadde, ara mamul ve nihai ürün üretilebilmektedir. Sanayi 4.0'a uyum sağlayan firmaların küresel pazarda payı büyümekte, üretim sanal dünya ile daha iç içe geçmeye başlamaktadır [16].

Endüstri 4.0; ülkemizde, üretim ekonomisinde rekabet gücü, sürdürülebilirlik, katma değeri yüksek ürün ve hizmet üretmek anlamına geliyor. Türkiye'deki üretim sektörlerinin verimlilik artışının yüzde 4-7 arasında olacağı tahmin edilmektedir. Endüstri 4.0 çevresinde oluşacak ekonomi yoluyla kazanılacak rekabet avantajının, sanayi üretiminde yıllık yaklaşık yüzde 3'e kadar ulaşabilecek bir artışı sağlaması bekleniyor. Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretim sürecine dâhil edilmesi için önümüzdeki 10 yıllık süreçte yılda üreticilerin gelirlerinin yaklaşık yüzde 1-1,5'ine karşılık gelen yaklaşık 10-15 milyar TL yatırım yapılması gerektiği tahmin ediliyor. Sanayi 4.0 oldukça kapsamlı bir değişim ve dönüşüm sürecini içermektedir. Bunca kapsamlı bir değişim ise bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir [17].

Endüstri 4.0 ülkemizde ağırlıklı olarak Üretim teknolojisi, otomotiv, tekstil, medikal başta olmak üzere her alanda kendin hissettirecektir. Endüstri 4.0 ile çığır açıcı gelişmeler

yaşandığını, ayrıca teknolojinin durmaksızın gelişmekte, bu gelişimde yer almayan firmaların rekabet edemeyecek olması açık biçimde ortaya konmaktadır. Kısacası Endüstri 4.0 ile birlikte maddelerdeki gelişmelerle karşılaşılacaktır [18];

- Üretim süreci dijitalleşecek.
- Üretim süreçleri kendilerini yönetebilecek.
- Ürünler bilgi taşıyabilecek ve tüketicilere bu bilgileri sunabileceklerdir.
- Nesnelerin interneti tüm fabrikalara, firmalara ve genel olarak iş dünyasına hâkim hale gelecektir.
- İşletme ve üretim performansı çok daha üst düzeye çıkacaktır.
- Firmadaki tüm veriler ve iş prensipleri dijital programlara ve akıllı sistemlerle analiz edilecektir.
- Kaynaklar arttırılırken maliyetler düşecektir.

Tüm bu gelişmelerle firmaların kazanacağı kabiliyetler şu şekilde sıralanabilir:

- Firmalar arası standardizasyon;
- Karmaşık sistemlerin yönetilmesi;
- Gelişmiş Dijital bir alt yapı;
- Açık vermeyen bir güvenlik sistemi;
- İş organizasyonu ve tasarımı;
- Düzenli eğitim ve profesyonellik;
- Yasal düzenleme;

IV. ENDÜSTRİ 4.0 YOLUNDA TÜRKİYE

Türkiye gelişmiş 20 ülke arasında yer almaktadır. Sahip olduğu jeopolitik konum avantaj sağlarken dezavantajları da beraberinde yaşayabilmektedir.

Başta eğitim olmak üzere enerji kaynakları ve yönetimi, lojistik ve ulaşım, iletişim teknolojileri, küresel rekabet, inovasyon ve ar-ge konularına yeterli önemi ve pragmatik sonuçları elde edecek adımları atması gerektiği görülmektedir. İmalat sanayi KOBİ tarafından sağlanmaktadır. Bu yapıların yüksek teknoloji altyapı yatırımları sınırlı kalmakta uluslararası ticaret ve rekabet konularına hızlı tepkiler verememektedirler Bu yapılar gelişme adımlarını büyük çoğunluk kamu kaynakları yoluyla elde etmektedirler. Yüksek teknoloji ürünleri (bilgisayar, medikal, iletişim, otomotiv gibi) ülkemizde ithalat yoluyla karşılanmakta bu ülkemizde ekonomik politikamızda olumsuz etki yapabilmektedir.

Bu çalışma küçük ve orta ölçekli firmaların endüstri 4.0 hakkındaki bilgileri beklentileri ve ne kadar hazır olduklarını düşündüklerini belirlemek amacıyla yapılan bir anket çalışması olup, araştırma sonuçları sonuçları sunulmaktadır.

V. YÖNTEM

Çalışmamız İstanbul ili Anadolu yakasında yer alan toplam 40 firma yöneticisi ile yapılan anket çalışmasından oluşmaktadır. Çalışmamızda 9 bağımsız 18 bağımlı madde kullanılmıştır. Çalışmamızda hazırlanan anket formu ilk olarak deney grubuna uygulanmış ve geçerlilik – güvenilirlik analizi yapılmıştır. Analizlerde veri analizi programı kullanılmıştır. Çalışmamızın güvenlik katsayısı 0,92 Alpha olarak tespit edilmiştir. Sonuçların analizinde normal dağılım özelliği görüldüğünden parametrik testlerden frekans analizi, t testi ve anova analizleri kullanılmıştır. Çalışmamızda yer alan sonuçlar geniş kapsamlı

olacağından bu çalışmada yalnızca frekans analizi sonuçları kullanılmıştır.

VI. SONUÇLAR

Sonuçlarda araştırmamıza katılanların demografik özellikleri incelendiğinde %45 oranından 38 yaş ve üstü kişi katılırken, 23-37 yaş arası katılımcı %55 olarak belirlenmiştir. Yine bu deneklerin %72,5 evli, %27,5'i ise bekâr olduğunu beyan etmiştir.

Firmadaki sorumluların öğretim durumları incelendiğinde %42,5 oranında ön lisans ve üstü iken %32,5 orta öğretim ve %25'inin İlköğretim mezunu olduğu görülmektedir.

Firmaların faaliyet alanlarına ilişkin bulgularda şu şekildedir. %42,5 Talaşlı imalat alanında faaliyet göstermektedir. %17,5 otomasyon, %10 otomotiv ve yan sanayi alanında iken, %30 diğer alanlarda faaliyet gösterdiği görülmektedir. Firmaların faaliyet süreleri ise 9 yıl üstünde faal olan firma sayısı %57,5 iken 9 yıl altı faaliyet süresine sahip firma sayısı %42,5 oranındadır. Firmaların çalışan personel sayısı dikkate alındığında 1-25 arası personel çalıştıran firma oranı %85 oranındadır.

İşletmelerin teknolojiyi takip ettiklerini düşündüklerine ilişkin görüşleri sorulduğunda %87,5 oranında “evet” cevabını görmekteyiz. Yurtdışı ile çalışan firma sayısı ise %52,5.

Araştırmamızda Endüstri 4.0 ile ilgili görüşlerinin sorulduğu bölümde Likert tipi sorular sorulmuştur. Verilen cevapların ortalaması incelendiğinde genel ortalamalarına ilişkin Tablo 1 'de yer alan veri aralığı kullanılmıştır.

TABLO VI
LİKERT VERİ ARALIĞI

Aralık	Seçenek
1,00 – 1,80	Kesinlikle Katılmıyorum
1,81 – 2,60	Katılmıyorum
2,61 – 3,40	Kararsızım
3,41 – 4,20	Katılıyorum
4,21 – 5,00	Kesinlikle Katılmıyorum

- “Endüstri 4.0’ı biliyorum” sorusunun genel ortalaması 2,37 olarak bulunmuştur. Burada araştırmaya katılanların Endüstri 4.0 hakkında bilgi sahibi olmadıkları görülmektedir.
- İşletmelerin yeni teknolojileri kullanımına ilişkin soruda genel ortalama 3,42 olarak belirlenmiştir. Firmalar bu ifadeye “katılıyorum” yönünde görüş bildirmiştir.
- İşletmeler Siber – fiziksel sistemler hakkında bilgi sahibi olup olmadıkları sorusunda 2,72 ortalama ile “kararsız” olduklarını belirtmişlerdir.
- İşletmelerde personellerin eğitimi alındıkları ifadesinin ortalaması 2,27 olduğu, bunun da bu ifadeye katılmadıklarını görülmüştür.
- İşletmelerinin teknolojiyi takip ettiği ifadesine genel olarak 3,27 ortalama ile “kararsız” yönünde görüş bildirmişlerdir.
- Personel alımlarında yazılım bilgisine önem veriyor musunuz? İfadesine verilen yanıtlar 2,20 seviyesinde “katılmıyorum” şeklinde gerçekleşmiştir.

- “Endüstri 4.0 ile birlikte gelen özerk yönetim sistemi işletmemize katkı sağlıyor.” ifadesi için 2,32 ortalama ile “kararsız” görüşünde oldukları görülmektedir.
- “Teknolojiye güveniyorum.” ifadesi için 4,02 ortalama ile “katılıyorum” görüşünün olduğu tespit edilmiştir.
- “Karşılıklı çalışılabilirlik olumlu etki yaratıyor” sorusunun genel ortalaması 3,50 ile “katılıyorum” yönünde olmuştur.
- “Endüstri 4.0 işletmemizin maliyetini düşüreceğini düşünüyorum” sorusunun verilen cevabın 3,67 ortalama ile “katılıyorum” yönünde gerçekleşmiştir.
- “Türkiye’deki işletmelerin Endüstri 4.0’a geçişi için yeterli alt yapısı olduğunu düşünüyorum” ifadesine katılım ise 2,20 ile “katılmıyorum” yönündedir.
- “Endüstri 4.0’ı çalışanlarıma tanıtmak için bütçe ve zaman ayırdığımı düşünüyorum” ifadesine “kesinlikle katılmıyorum” görüşü 1,85 ortalama ile tespit edilmiştir.
- “Devletin Endüstri 4.0 hakkında destek sağladığını düşünüyorum” ifadesine katılım 2,37 ile “katılmıyorum” yönündedir.
- “Endüstri 4.0 hakkında fuarlar, etkinlikler ve konferanslara katılıyorum” ifadesine 2,15 ortalama ile “katılmıyorum” cevabı verildiği görülmektedir.
- “Endüstri 4.0’ın şirketimize şu anki halinden daha iyi duruma getireceğini düşünüyorum” ifadesi 2,15 ortalama ile sahip olup, genel görüş “katılmıyorum” yönündedir.
- “Rakiplerimin durumunu takip ediyorum” ifadesinde görüş 4,15 ortalama “katılıyorum” yönündedir.
- “Endüstri 4.0’ın iş güvenliğini olumlu yönde etkilediğini düşünüyorum” ifadesinde ise görüşler 4,02 ortalama ile “katılıyorum” şeklindedir.
- “Endüstri 4.0’a geçtiğimizi düşünürsek işletmemize katkıda bulunacağımı düşünüyorum” ifadesi ise 3,22 ortalama ile “kararsız” şeklindedir.

VII. DEĞERLENDİRMELER

Araştırmamıza katılan işletmelerde orta yaş üstü yöneticiler bulunduğu, evli ve orta seviyede öğretim düzeyine sahip oldukları 9 yıl ve üstünde görev yaptıkları görülmektedir. Firmalar ağırlıklı olarak imalat alanında faaliyet göstermektedir. Çalışan sayısı ağırlıklı olarak 25 kişi altında olup yurtdışı faaliyetleri olan ve teknoloji takip eden firma oldukları görülmektedir. Bu firmaların KOBİ olarak tanımlanan firma yapıları ve aile şirketleri oldukları belirlenmiştir. Firmalar özerk yönetime sahip değildir. Firmalar yeni teknolojiyi kullandıklarını düşünmektedirler.

Firmalar siber-fiziksel sistemler konusunda ne derece bilgi sahibi olduklarını bilmemektedirler. Yazılım konusunda yetersiz oldukları bu konuda personel alımı ya da eğitim alma düşüncelerinin olmadıkları belirlenmiştir. Firmalar teknoloji takip etmemektedir. Ancak rakiplerini takip etmektedirler.

İşletmeler teknolojiye güvenmektedirler ve karşılıklı çalışma içerisinde oldukları görülmektedir. Ancak endüstri 4.0 için yeterince kaynak ayıramadıklarını belirtmişlerdir. Bu konuda bilgilendirme yapılan organizasyonlara katılmadıkları ve endüstri 4.0 hakkında yeterince bilgi sahibi olmadıkları da görülmektedir. Bu konuda beklentinin devlet tarafından yapılmasını beklemektedirler. Bu bilgi düzeyindeki ve ilgi

düşüklüğüne rağmen firmalar endüstri 4.0 firmalar için önemli katkı sağlayacağını ve iş güvenliği konusunda katkı sağlayacağı.

Firmalar kamu desteği olmadan endüstri 4.0 hakkında bilgi düzeylerini arttırmalarını, personel ve teknoloji alımlarını bu yönde yapmaları, danışmanlık hizmetlerinden yararlanmaları ve yönetimlerini daha özerk yapıya kavuşturmaları gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Yücel, İ. H. Sanayide Robot Teknolojisi, Uygulaması Ve Önemi, Sosyal Planlama Genel Müdürlüğü, 1991
- [2] Schwab K., Dördüncü Endüstri Devrimi, Optimist, 2016
- [3] Aydon, C., İnsanlık Tarihi, Say Yayınları, 2015
- [4] Sanayi Devriminin Tarihsel Gelişimi. URL: <http://www.siskon.com.tr/haberler/sanayi-devriminin-tarihsel-gelistimi/> Erişim Tarihi: 15/07/2017
- [5] Deksi, Ammar (2016). Olağanüstü Durumlarda Barınma İçin Yenilikçi Bir Yaklaşım Önerisi : 3D Yazıcı İle Uygulama, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Aydın Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Programı.
- [6] McCarthy, John. On the Evolution of Virtualization and Cloud Computing. 1961
- [7] Doğan, Mustafa Büyük Veri'nin Kişiler Ve Kurumlar Üzerindeki Etkileri, İstanbul Bilgi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilişim Ve Teknoloji Hukuku, 2014
- [8] Tao L., Dongxin L., "The application and development of IOT," 2012 International Symposium on Information Technologies in Medicine and Education, Hokodate, Hokkaido, 2012, pp. 991-99
- [9] Borko, F. Handbook of Augmented Reality, Springer-Verlag New York, 2011
- [10] Artırılmış Gerçeklik Nedir? <http://www.regisapp.com/augmented-erişim-tarihi:22/07/2017>
- [11] Geisberger, E., Broy, M., Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems, agendaCPS, 2012
- [12] Bradley, J. M. ve Atkins, E. M., Optimization and Control of Cyber-Physical Vehicle Systems, Sensors. 2015
- [13] Siber-Fiziksel Sistemler Nedir? <http://www.endustri40.com/siber-fiziksel-sistemler/>, Erişim Tarihi: 20/07/2017
- [14] Lee, J., Bagheri, B., Kao, H, A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems, Manufacturing Letters, 3, 18-23, 2015
- [15] Ivanov, D. ; Dolgui, A. ; Sokolov, B. V. ; Werner, F. ; Ivanova, M., A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory Industry 4.0., International Journal of Production Research. Bd. 54, 386 – 402, 2016
- [16] Yorgancılar, Ender (2015). Sanayi 4.0, Ege Bölgesi Sanayi Odası, Araştırma Müdürlüğü
- [17] Akıllı üretim çağı: Endüstri 4.0. <http://www.fortuneturkey.com/akilli-uretim-cagi-endustri-40-42841>, Erişim tarihi: 05/07/2017
- [18] Firmalar Sanayi 4.0'a Uyum Sağlamak İçin Ne Yapmalıdır? <http://www.siskon.com.tr/haberler/firmalar-sanayi-4.0-sharp39-ayyum-saglamak-icin-ne-yapmalıdır/>, Erişim tarihi 10/07/2017

Decision support system for quality control with data mining method in production

Sinan Toklu*, Hikmet Canlı*

*Department of Computer Engineering, Düzce University

Düzce, Turkey

sinantoklu@duzce.edu.tr, hikmetcnli@hotmail.com

Abstract— One of the most important processes in the manufacturing sector is the quality control process. The measurement data in this area is very large, and as the volume of data increases, the rate that people inevitably understand is decreasing. Variations are the enemy of quality and there is variation in everything. A better understanding of the quality process can be achieved using appropriate data mining tools and reasoning concepts. In this study, a study was carried out using the data visualization tool of data mining to monitor the production quality of the products on the data received from an automotive company in Turkey.

Keywords— Data Mining, Data Visualization, Production, Quality Control, Decision Support

I. INTRODUCTION

Quality control means judging quality by taking precautions against situations that will reduce the quality efficiency of a process. The main aim of quality control process is to prevent poor quality in production. Because the business leads to a situation that cannot be undone, it is not established for the purpose of obtaining poor quality products. If the enterprise does not take measures in this regard and drives the defective products to the market, there is a loss due to loss of reputation and decrease in sales.

Data mining is the removal of information that is obscure, unclear, unpredictable, but potentially useful, from the data at hand. This, too, Clustering, data summarization, data visualization, analysis of changes, determination of deviations.

In the second part of this work, data mining studies in quality control process; in the third section, data on data mining tools were provided. In the fourth section, we talked about the application, and finally in the fifth section, the results and recommendations of the study.

Quality Control and Data Mining

Quality control is one of the application areas of data mining. With the quality control methods applied on the data obtained from the database, it is investigated whether the quality level meets the desired standards. If the quality level does not meet the desired standards, various measures are taken to bring the quality to the desired level.

The use of data mining in quality control allows quick and easy access to the database, thus saving time and cost. In addition, the data mining allows you to draw samples that can adequately represent the process at specific time intervals, instead of examining all of the products. The aim is to derive

rules and relations that can be used to make predictions about the future, hidden within this data [1]. If we will look at the main data mining studies conducted in the quality control process by doing literature review;

In a study by Deng and Wang, The rapid development of time-series data mining provides an emerging method for water resource management research. It consists of two parts: implementation components and common tasks of time-series data mining in water quality data. In the first part, we propose to granulate the time series into several two-dimensional normal clouds and calculate the similarities in the granulated level. On the basis of the similarity matrix, the similarity search, anomaly detection, and pattern discovery tasks in the water quality time-series instance dataset can be easily implemented in the second part. The experimental results show that the proposed analysis framework is a feasible and efficient method to mine the hidden and valuable knowledge from water quality historical time-series data [2].

In a study by Baykasoğlu, he talked about data mining and application areas and then explained an application he made in the cement sector. In this study, performance of these methods was compared using two conventional data mining methods known as genetic equation programming and artificial neural networks and a classical data mining method known as regression analysis to predict the compressive strength of Portland composite cement. It has been observed that artificial intelligence-based methods yield better results. In particular, gene equation programming has yielded better results than other methods [3].

In a study by Glawar et al., We focused on quality-focused maintenance planning supported by data mining. According to them, proper maintenance precautions are an important factor in ensuring the availability of the plant, product quality and process efficiency in modern manufacturing systems. By breaking down the production facilities at the component level, a basis is established for linking condition monitoring data, data wear, quality and production data using data mining methods. This framework provides the determination of critical maintenance conditions, the prediction of error moments and quality deviations [4].

In a study by Harding et al., They conducted a detailed research on data mining in manufacturing. This research examines data mining, production engineering applications, especially production processes, operations, failure detection, maintenance, decision support and product quality improvement. Their research focuses on showing that data

mining is related to manufacturing industry rather than discussing the field of data mining in general. It has also been decided that a more general process for data cleansing is required to ensure that the data mining industry grows in the manufacturing industry [5].

In a study by Kamal, data mining approaches have been mentioned to improve the quality control process in production. Kamal also argued that besides data mining, the SPC also played an important role in understanding the variations in quality. As a result, data mining concepts and techniques in the quality control process provide an overview of SPC design and performance to search for and improve patterns in the data [6].

In a study by Khan et al., Statistical data mining was used for efficient quality control in production. A methodology has been presented to obtain valuable information from manufacturing data. The proposed methodology is based on a comparison of the probabilities and the prolongation of probability principles as a performance function for the Genetic Algorithm in Statistics. Results of our analysis support that, the proposed methodology is classifying efficiently and we can improve around 98% of QC7 (UT) resources by allowing probability of fault around 0.0095. But according to the quality standards of our industrial partner this figure should not exceed 0.00025 [7].

In a study by Chen et al., They explored the use of data mining for quality control design in the manufacturing industry. The study compares the accuracy of two data mining classification analyzes (Decision Trees and Bayesian Algorithm) used to explore the underlying causes of inconsistency in the manufacturing process of semiconductor plants. Four characteristics were examined in the study; Human, Machine, Material and Management. The aim is to identify the machine that will give the best result in the shortest time. According to the results obtained, the decision tree algorithm is more effective and suitable than the Bayes algorithm for analysing the quality problems in the semiconductor packaging industry [8].

In a study by Ferreiro, data mining was examined in the quality control process to detect burrs in drilling in the aviation industry. A simple experiment design and data mining techniques have been developed, especially for selection of variables and machine learning algorithms, to detect burrs during drilling. The model is based on specific parameters of the internal signal and process conditions, making it easier to implement and no external sensors are used [9].

The overall objective in these studies is to reduce the quality control process in time, to facilitate the determination of quality-degrading situations and the ability to make decisions. These surveys clearly show that data mining has a very important place in the quality control process.

Data Visualization

Data visualization brings together the mixed and scattered data presented in classical format, making it understandable and interpretable through easily recognizable visuals. During data discovery, it aims to build flexible, creative, bridging relationships between human perception and computer

systems. Schematic structures can be abstracted while visual representations of the data are being created. Visual elements such as tables and graphs can be used to provide a clear flow of information. Thus, cognitive processes such as comparison, interpretation, analysis can be performed more efficiently and efficiently. Data visualization supports interaction between users / data analysts and data sets in the data mining process [10].

Data visualization has two main purposes. The first goal is a better understanding of ideas, rules and concepts. This is called "knowledge visualization" because it is all information. The other goal is to create new ideas, to create new relationships, to test the validity of a hypothesis, to discover new structures or to arrange these things [11]. In summary, these processes use the human visual perception system to solve logical problems. Such visualizations are called "data visualization" [12].

Data Visualization Techniques

1) *Histogram:* The histogram shows the distribution of values of a single variable. Divides the values into boxes and marks a bar in each box. The height of each bar indicates the number of objects. The shape of the histogram depends on the number of boxes.

2) *Box Plots:* It was invented by Turkey. Another way of showing data distribution. Box line attributes can be used to compare.

3) *Outline Plots:* It was invented by Turkey. Another way of showing data distribution. Box line attributes can be used to compare. It is useful when measuring a continuous feature in a spatial grate. They divide into regions of similar plane values. Outlines giving boundaries of these regions connect points with equal values. The most common example is the map of the outline that gives the isohips curves.

4) *Matrix Plots:* A matrix line is a kind of scattering line that is used to show binary relationships between variables. It allows you to follow more than one scattering line at a time. It can draw the data matrix. It is useful when there are ordered objects by class. Typically, attributes are passed through a normalization so that an attribute does not suppress others. Drawings of similarity or distance matrices are also useful for visualizing relationships between objects.

5) *Parallel Coordinates:* They are used to draw the attribute values of the high-dimensional data. Instead of using perpendicular axes, a series of parallel axes is used. The attribute values of each object are drawn as a point depending on each coordinate axis and the points are combined with a line. Thus, each object is presented with a line. Often, for at least some attributes, the charts provide groups of objects as discrete classes. It is important to be able to see such groupings of attributes in sequence.

6) *Geometric Projection Based Techniques:* These scatter charts point to the Cartesian coordinate system along the x and y axes of the most known two-dimensional data set of such techniques. Parallel Coordinates, a visualization technique that

maps a k-dimensional dataset to a two-dimensional space consists of k parallel axes positioned in parallel. Each axis is associated with a field of the data set. The value range in an area is scaled on the axis of that area. These values are combined with the straight lines after the values on each axis are marked. The biggest disadvantage of this technique is that it is not suitable for data sets containing more than a few thousand objects [11].

7) *Pixel-Based Techniques*: In pixel-based techniques, the value of each dimension is represented by a colored pixel. Each dimension is represented by a color proportional to its value, located in a separate rectangular window [12]. This technique is suitable for visualization of multi-dimensional large data sets.

8) *Graf Based Techniques*: Graf-based techniques are visualization techniques that generate effective graphs using special placement algorithms, query languages and abstraction techniques [11].

PRACTICE

1) *Problem Identification*: According to the quality data received from an automotive company, data mining data visualization tools will be used to provide decision support on quality control and total quality. Data set preparation, content modelling and results will be included in the subtitles of this chapter.

2) *Verbal Comprehension*: There are 8000 measurement values and 15 variable values in the quality data set collected from the manufactured benches. Some of these variables are time, loom, personnel, measure, measuring instrument, nominal value, nominal surplus value, nominal minus value etc. This data set was taken after outliers and various transformations were made.

3) *Modelling*: Within the scope of this study, histogram method was applied to the quality measurement data set obtained from the production data visualization techniques. This application was implemented on Matlab.

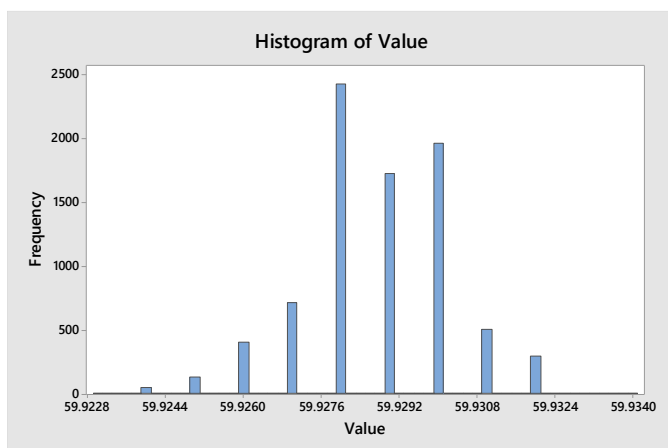


Fig. 1 Histogram of measured values

The histogram shown in Fig. 1 is the diameter measurement values measured with a caliper of a machining operation. The nominal value for this measurement is 59.923, the nominal plus value is 0.012 and the nominal minus value is 0. In this case, the Lower Control Limit (AKL) is 59,923 and the Upper Control Limit (UCL) is 59,937. The histogram is proportional to the class spacing and the height is proportional to the class frequencies that indicate the number of repetitions. The difference between the largest and smallest values obtained is found as the variation width. The variation range is divided by the number of classes to determine the class spacing.

CONCLUSIONS

As shown in Figure 1, the near-complete is between the limits of the AKL and the UCL. We have made it very easy to understand, make decisions and interpretations by transferring histogram to the dataset which is difficult to interpret at our disposal. We may even have an idea of the end result depending on the histogram types that will be generated.

As a result, we have investigated that data visualization, which is one of the data mining techniques, is a very important decision-making mechanism in the quality control process and also how the data mining can make applications on this field with the literature reviews.

REFERENCES

- [1] Alpaydın Ethem, "Zeki Veri Madenciliği: Ham Veriden Altın Bilgiye Ulaşma Yöntemleri," Bilişim Eğitim Semineri, 2000.
- [2] Weihui Deng, Guoyin Wang, "A novel water quality data analysis framework based on time-series data mining," IEEE, vol. 1, pp. 365–375, February. 2016.
- [3] Baykasoğlu A, "Veri Madenciliği Ve Çimento Sektöründe Bir Uygulama," in Akademik Bilişim, 2005, pp 1-11.
- [4] Robert Glawar, Zsolt Kemeny, Tanja Nemeth, Kurt Matyas, Laszlo Monostori, Wilfried Sihh "A Holistic Approach for quality oriented maintenance planning supported by data mining methods," Science Direct, vol. 57, pp. 259–264, 2016.
- [5] J.A Harding, M. Shahbaz, Srinivaz, A. Kusiak, "Data Mining in Manufacturing: A Review," IEE, vol. 128, pp. 969–976, December. 2005.
- [6] Amr Mohamed Mohamed, "A Data Mining Approach for Improving Manufacturing Processes Quality Control," IEE, pp. 207–212, July. 2011.
- [7] Abdul Rauf Khan, Henrik Schiøler, Torben Knudsen, Murat Kulahci, "Statistical Data Mining for Efficient Quality Control in Manufacturing," IEE, vol. 128, pp. 6937-6942, October. 2015.
- [8] R. S. Chen, Y.C. Chen and C.C. Chen "Using Data Mining Technology to Design a Quality Control System for Manufacturing Industry," IEE, vol. 151, pp. 272-276, November 2010.
- [9] Susana Ferreira, Basillio Sierra, Itziar Irigoien, Enoko Gorritxategi, "Data mining for quality control: Burr detection in the drilling process," ScienceDirect, vol. 60, pp. 801-810, May 2011.
- [10] Bilgin T.Tugay, Çamurcu A.Yılmaz, "Çok Boyutlu Veri Görselleştirme Teknikleri," in Akademik Bilişim, 2008, pp 107-112.
- [11] Faloutsos, C., Searching Multimedia Databases by Content, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1996.
- [12] Inselberg Alfred., Dimsdale Bernard., "Parallel Coordinates: A Tool for Visualizing Multidimensional Geometry," in Proc. IEEE Visualization'90, 1990, pp. 361-375

Internet of things (IoT): Concept, importance, architecture and privacy/security challenges

Emrah Irmak^{*a}, Mehmet Bozdal⁺

^{*}Karabuk University Biomedical Engineering Department, Karabuk, Turkey

emrahirmak@karabuk.edu.tr

⁺ University of Leeds W. Yorkshire Electrical and Electronics Engineering Department, United Kingdom

mehmet-bozdal@hotmail.com

^aCorresponding author

Abstract— Internet of Things (IoT) can be considered as a grid in which things in the physical world could be linked to the Internet via sensors. IoT is a recent Information Science development which reimagines a mutual infrastructure future that integrates, connects and telecommunicates every ‘Things’ (Objects) with each other on the planet. Everyday life objects will be equipped with microcontrollers, receivers, transceivers for digital communication and will be connected to internet and to each other. This interconnected infrastructure provides humans with fully control of things. IoT is a trend topic with its perils as much as its advantages. A lot of obstacles rose with internet when it started to develop and deploy. It is quite obvious that the same and more obstacles will occur with IoT as it starts to grow. This research paper presents IoT history, current IoT usage areas, IoT architecture, and security and privacy concerns about IoT. It is believed that this paper is a comprehensive reference source for those who are interested in IoT, ubiquitous sensing, pervasive computing and smart objects.

Keywords— IoT, Ubiquitous Computing, Pervasive Computing, Wireless Sensor Networks, Smart Environments.

I. INTRODUCTION

There are two very big revolutions for human beings for the recent past. The first one is The Internet which leads forth interconnection of people at an unpredictable scale and level. The second one is on its way, The Internet of Things. ‘The Internet of Things has the potential to change the world, just as the Internet did. Maybe even more so.’ says Kevin Ashton who is an innovator and consumer sensor expert who first used the phrase ‘Internet of Things’ in a presentation in 1999 (1). There are other phrases that are used instead of Internet of Things Phrase. Some are Internet of Objects, Embedded Intelligence, Web of Things, Pervasive Computing, Ubiquitous Computing, Internet of Connected Devices, Cyber Physical Systems, Human Computer Interaction, Wireless Sensor Networks etc. Although many phrases are used interchangeably the idea of IoT is exactly identical from general perspective. Definitions of IoT in literature are also diverse. Kevin Ashton defines IoT as a grid in which things in the physical world could be linked to the Internet via sensors (2). Mamdakam et al. describes IoT as an open and comprehensive network of intelligent objects which are capable of self-organizing and data sharing and those intelligent objects which have ability of reacting in any changes

happening in our environment (3). According to The Internet Architecture Board (IAB) IoT is a technology that a large number of embedded devices which are not directly on human control such as ‘smart objects’ employ Internet Protocols Communication Services. Different and long definitions made for IoT does not mean that there is a disagreement about explanation of IoT, quite the contrary all the definitions show different aspects of IoT. Hence to make complete definition and explanation for IoT all these definitions should be considered together. That is why there is no unique definition of IoT.

Looking at the Internet World Statistics there are more than 201 countries that use internet and 3,731,973,423 internet users by March 2017 (Source: Internet World Stats). This reveals that %49 of the world’s population is using internet. Figure 1 shows internet users in the world by regions by March 2017.

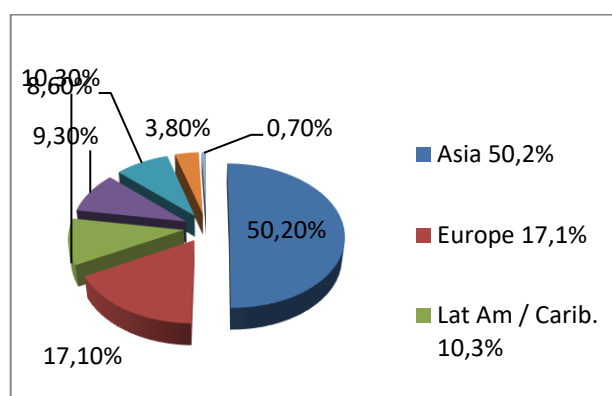


Fig. 1 Internet Users in the World by regions, March 25, 2017,

A very simple example of IoT application which is already available in our houses or offices is a simple thermostat which changes heating or cooling level, lightning level depending on temperature or overcast weather. The interconnected devices depend mainly on the sensors to sense changes around the environment and actuators to prompt, track, identify, control, automate and monitor some actions such as opening a door, activating a motor, closing a lamp, lifting an elevator, warning a user, lowering the speed of a car etc. One important thing about IoT is that the word ‘Thing’ does not necessarily stand for only electronic devices like servers, computers, tablets, telephones and smart phones but also any ‘Thing’ which can

be discernible by the real world. This adds up to things can be living things such as people, animals, vegetables, fruits, plants and non-living things like desk, seat, paper, pen, wall, window, slipper, curtain etc. Figure 2 demonstrates IoT emerging trends and potential opportunities.

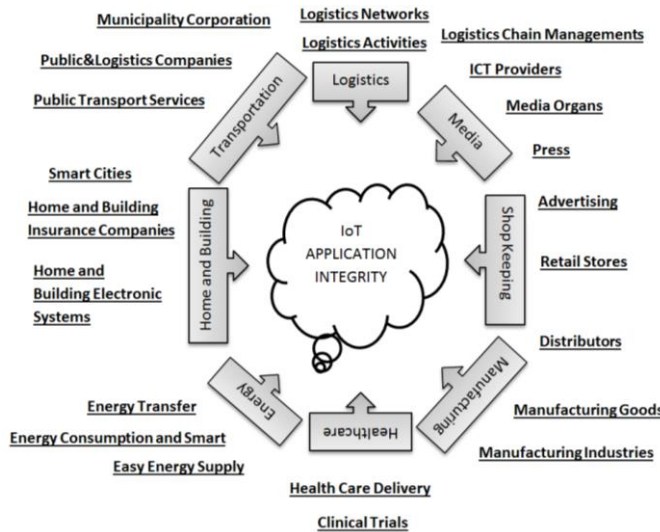


Fig. 2 IoT Emerging Trends and Potential Opportunities

HISTORY, LITERATURE SURVEY AND CHALLENGES

Although IoT was born between 2008 and 2009 the IoT idea is not new. Besides, key IoT devices such as semiconductors, sensor and remote access services have been used for a quite long time. What is new is that the action, the idea is growing and now beginning to deploy.

The article entitled 'The Internet of Things' in Forbes Magazine in 2002 is considered to be the first documented use of the term IoT (4,5) and the book entitled 'When Things Start to Think' by Neil Gershenfeld is the first published book in 1999 (5, 6).

Between 2008 and 2017 a lot of scientific projects rose to the surface by different important groups and companies. Some of these projects are: The European Technology Platform on Smart Systems Integration Project (ETP EPoSS, 2008), Berkeley University Cyber Physical Systems Project (2008), Coordination and Support Action for Global RFID-related Activities and Standardization Project, (CASAGRAS Project, 2009), The Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, (CERP-IoT, 2010), Internet of Things Architecture Project (IoT-A, 2011), IoT European Research Cluster Project, (IERC, 2014), Internet Connected Objects for Reconfigurable Ecosystems Project, (iCore, 2013), PADOVA Smart City Project (2014) (5).

IoT is a trend topic with its perils as much as its advantages. A lot of obstacles rose with internet when it started to develop and deploy. It is quite obvious that the same and more obstacles will occur with IoT as it starts to grow. Is IoT going to create the dark ages for humanity in terms of security and privacy violations, surveillance, consumer rights? How will humanity

interact with IoT environment in their personal, social and economic lives? These significant challenges can be so hazardous that it can constitute an impediment on the way of realizing its potential benefits. For the present moment the challenges and doubts about IoT technology can be summarized as follows (5, 7);

- **Security and Privacy Issues:** Although security and privacy considerations are general challenges of Information Technologies the new applications and attributes of IoT creates new diverse security and privacy problems. The first priority should be about identifying these problems. Information Technology companies and developers should be aware of the fact that each IoT user in the world wants to trust technology in security and privacy point of view. Any technology with an inefficient security is on the target of cyber-attacks and thefts.
- **Interoperability and Standards:** Interoperability is defined as the capability of a product, a service, a system or different forces to interact, to communicate, to exchange information and to function with each other. IoT interoperability, configuration, designation and standardization are still not elaborated yet. Therefore IoT interoperability and standards is a big field for researchers who are involved in IoT challenges.
- **Legal Rights and Regulatory Affairs:** Legal, Rights and Regulatory of IoT devices are maybe the most complicated challenges from governments' point of view. As the each country adopts IoT technology each country will constitute its own rules regulations. Therefore there is a common and de facto regulation.
- **Scalability:** IoT capability of application, standards and services to develop and extend is unpredictable for the present time. More than estimated researches should be conducted relating to the performance and cost in response to changes in throughput or demand.
- **Operational Control Issues and Fault Tolerance:** The world of things is much more vigorous and changeable than the world of computers. Moreover operation and control of IoT based smart objects should not be thought as simple as those of internet of computers because of complexity of smart objects.
- **Power Needs:** an IoT phenomenon offers a limitless involvement of devices which correspondingly needs a limitless power supply. The critical question is: will the devices be able to produce the power they needed?

III. METHODS AND MATERIALS: IOT ARCHITECTURE

IoT does not have a single universally consensus on the IoT architecture. For the last decades various proposals for IoT architecture have been presented. Main IoT architecture proposes three- and- five layered architecture [8, 9, 10, 11]. Three- layered architecture consists of perception layer, network layer and application layer. Five- layered architecture

adds processing layer and business layer to three-layered architecture.

A. Perception Layer

Perception layer which is called sensing layer as well is the lowermost layer whose main characteristic is to sense environmental changes using sensors [12]. Perception layer is known as sense organs of IoT that perceive, sense and detect so many environmental changes such as temperature, pressure, humidity, radiation, light, sound, smell, mobility, location, speed, acceleration of the objects around, collect overall useful data and convert these analog signals to digital signals. Then this digital information is passed to the next layer, Network Layer, for further processing.

B. Network Layer

IoT devices are connected to each other or to clouds via network layer. Network layer needs some communication protocols like, HTTP/HTTPS, MQTT 3.1/3.1.1, Constrained Application Protocol (CoAP), IPv4, IPv6, DDS and so on to connect devices. Network layer transmits information from perception layer to Processing Layer (information processing system) safely.

C. Processing Layer

Middleware layer is a software interface layer between the physical layer and the application layer. This important layer disconnects users and developers from the exact knowledge of the heterogeneous set of technologies adopted by the lower layers. It provides the required abstraction to hide the heterogeneity and the complexity of the underlying technologies involved in the lower layers. [13].

D. Application Layer

Application layer deals with application as the name implies. This top layer delivers different applications to IoT users. These applications can be such diverse as logistics, transportation, home and building, energy, healthcare, manufacturing, retail, media etc.

E. Business Layer

Business layer manages the whole process from an industrial point of view by observing overall behaviour of IoT applications and services. The information received from application layer is gone under business intelligence for benefits identifications. Performance evaluation is done over the output of each layer in order to enhance the services [14]. Business Layer is where the IOT applications are integrated into business processes and enterprise systems.

IV. CONCLUSION

IoT is the evolution of Information Technology which aims to build a mutual infrastructure that integrates, connects and telecommunicates every 'Things' (Objects) with each other on the face of the earth. In this paper concept, importance, various definitions and de facto IoT phrases are discussed. Throughout of this paper we try to emphasize the advantages of IoT as much as disadvantages of IoT. A general IoT architecture is presented. Possible answers to very popular IoT related questions are discussed such as: Is IoT going to create the dark ages for humanity in terms of security and privacy violations, surveillance, and consumer rights? How will humanity interact

with IoT environment in their personal, social and economic lives? It is believed that this paper is a comprehensive reference source for the researchers who are interested in IoT field.

REFERENCES

- [1] K. Ashton, That 'Internet of Things' Thing: In the Real World Things Matter More than Ideas, RFID Journal, 22 June 2009.
- [2] Radio-Frequency Identification, 2015. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Radiofrequency_identification.
- [3] S. Madakam, R. Ramaswamy, and S. Tripathi, *Internet of Things (IoT): A Literature Review*, Journal of Computer and Communications, 3, 164-173, 2015
- [4] C. R. Schoenberger, *The internet of things*. Forbes Magazine, March 18 2002.
- [5] A. Biru, D. Rotondi, R. Minerva, *Towards a definition of the Internet of Things (IoT)*, Technical Report IoT Journal IEEE, 2015.
- [6] N. Gershenfeld, *When Things Start to Think*, White Paper Henry Holt and Company 1999.
- [7] Manyika, James, et. al., *The Internet of Things: Mapping the Value beyond the Hype*, McKinsey Global Institute, p. 4, June 2015.
- [8] I. Mashal, O. Alsaryrah, T.-Y. Chung, C.-Z. Yang, W.-H. Kuo, and D. P. Agrawal, *Choices for interaction with things on Internet and underlying issues*, Ad Hoc Networks, vol. 28, pp. 68-90, 2015.
- [9] O. Said and M. Masud, *Towards internet of things: survey and future vision*, International Journal of Computer Networks, vol. 5, no. 1, pp. 1-17, 2013.
- [10] M. Wu, T.-J. Lu, F.-Y. Ling, J. Sun, and H.-Y. Du, *Research on the architecture of internet of things*, 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE '10), vol. 5, pp. V5-484-V5-487, IEEE, Chengdu, China, August 2010.
- [11] R. Khan, S. U. Khan, R. Zaheer, and S. Khan, *Future internet: the internet of things architecture, possible applications and key challenges*, 10th International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT '12), pp. 257-260, December 2012.
- [12] M. U. Farooq, M. Waseem, S. Mazhar, A. Khairi, T. Kamal, *A Review on Internet of Things (IoT)*, International Journal of Computer Applications (0975 8887), Volume 113 - No. 1, March 2015.
- [13] M. R. Abdmeziem, D. Tandjaoui and I. Romdhani, *Architecting the Internet of Things: State of the Art*, Chapter Architecting the Internet of Things: State of the Art, Publisher: Springer Book Series, pp.55-75 2015, 2015.
- [14] L., A. Iera and G. Morabito, *The Internet of Things: A survey*, Computer Networks 54 2787-2805, 2010

Smart lifesaving helmet for miners

Mehmet Bozdal^{*a}, Emrah Irmak⁺

^{*}University of Leeds W. Yorkshire Electrical and Electronics Engineering Department, United Kingdom
mehmet-bozdal@hotmail.com

⁺Karabuk University Biomedical Engineering Department, Karabuk, Turkey
emrahirmak@karabuk.edu.tr

^aCorresponding author

Abstract— Miners are vulnerable to any accidents like gaseous explosions, fire hazards, and landslides. Therefore, it is vital to have safety precautions. Thanks to the improvement in wireless communication and sensor technologies, we can implement a smart safety helmet. In this paper, we present the smart safety helmet which can help emergency service to reach miners faster and predict the potential explosions. The smart lifesaving helmet for miners integrates NFC tag, temperature sensor, accelerometer, and Wi-Fi connectivity. NFC tag prevents illegal access and access without the helmet. The accelerometer detects the user inactivity, free-fall, and inform the Ground Operations Center with abnormal activities while temperature sensor gives vital information about the atmosphere change inside the mining area. All the data is transmitted via Wi-Fi interface. A whole software implementation was done based on Texas Instruments Real Time Operating System (RTOS) in order to do provide accurate timing. A computer program called the Ground Operations Centre is coded in C# to interpret and show the vital data about the current situation inside the mine. TCP is used as a transmission protocol so proposed system ensures a reliable wireless communication network.

Keywords— *IoT; Msp432; Smart Helmet; RFID; Wearable Technology.*

I. INTRODUCTION

Although the world still dependent on the coal and fossil fuels, there are many mines at primitive state. Miners work in the dangerous environment and any explosion can end up with catastrophic results. An explosion can happen because of the environmental change like temperature or methane gas concentration therefore the mine areas should be observed carefully and consistently.

In this project, we aim to predict the possible explosions and improve personal safety of the miners using smart lifesaving helmet. The traditional helmets are used to protect workers from a strike. Our smart lifesaving helmet has additional features like sensory system, communication channel, and identification system. The term smart helmet is not an unknown word in the literature. Rosenberg et al. [1] created a smart helmet for monitoring brain, cardiac and respiratory activity. Rupanagudi et al. [2] designed video processing based smart helmet for collision avoidance for motorcyclists. Shabina used wireless sensor network to improve the safety of the underground mines. Behr et al. [3] designed a smart helmet for air quality and hazardous event detection in mines. Although, the last two project designed for the mine industry, they lack

the detection of the faint and personal safety of the miners. There are also some other projects [4] [5] use offline memory or GSM notification but these designs are not suitable for the mine areas.

Lifesaving smart helmet has temperature sensor and accelerometer. The temperature sensor will send the real-time temperature analysis of the mine to the Ground Operation Center (GOC) where all the data is collected and interpreted. The accelerometer is used to sense faint by detecting the free-fall.

The proposed project also increases the work safety by preventing the access without the proper work suit. This is achieved via implementing NFC tags inside the work suit and controlling the gates.

II. SYSTEM OVERVIEW

The system can be divided into four groups; communication system, sensory system, gate control, and GOC. GOC is the main program that collects all the data from the miners and gate control. Sensory system gets temperature data and accelerometer data. The data collected by sensory system are transmitted to the GOC via Wi-Fi communication interface. The block diagram of the smart safety helmet is as shown in the Figure 1.

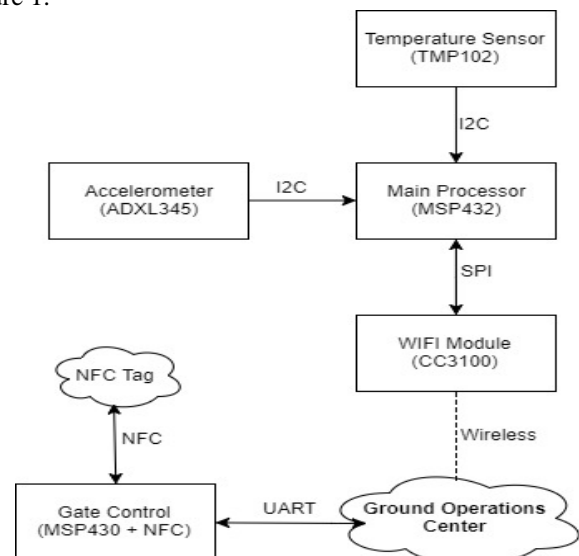


Fig. 1 Block Diagram of Smart Lifesaving Helmet for Miners

A. Communication

In order to achieve a reliable system, it is required to have a robust communication link. However if we consider the mining site, there are many problems for the wireless communication. The main problems can be categorized as path loss, multipath fading, reflection/refraction, reduced propagation velocity, noise, and realistic waveguide effect [6].

Underground wireless communication can be divided into two categories; primary and secondary communications. Primary communication is for daily communication between miners and ground workers. Leaky feeder and node-based systems are examples of the primary communication systems (PCS). The operating frequency of the PCS starts from very-high-frequency (30 - 300 MHz) band to super-high-frequency band (3 - 30 GHz). Secondary communication uses low frequencies (sub 1MHz) therefore it does not have the capacity for the general communication and requires bigger and heavier antennas [7]. Secondary communication is used during the emergency hence it can propagate through the earth or coal. In this project PCS is chosen hence the project requires the plenty of data transmission (sensory data for multiple workers).

Three types of the node-based systems are used in undergrounds; wireless local area network (WLAN), wireless fidelity (Wi-Fi) mesh, and ad hoc mesh. All three use the same standard 802.11b/g. It is open standard so manufacturers can add proprietary features to original WLAN protocol in order to provide the robustness. The ad-hoc mesh network is the most reliable one from them. It has additional features like using end device as a mesh node, communicating autonomously with any node inside the RF range, and forming a network without dependency on the central server.

B. Sensory System

The sensory system measures the temperature and acceleration data. The temperature is measured to predict and prevent the possible explosions. The data is transmitted to GOC and interpreted there. It will be very beneficial to use gas sensor to measure the methane concentration but there is no off the shelf methane sensor for wearable devices. The accelerometer data is used to predict the faint of the miners. If someone faints, they will fall and free-fall occurs. The acceleration data is analyzed and whenever the free-fall is occurred the alarm is triggered.

C. Gate Control

Human ignorance is the cause of the some of the catastrophic accidents. The helmets are designed to protect the miners but some go inside the mine area without wearing the helmet. The reason behind is it can be uncomfortable to work with helmet. However, it is too dangerous to access a mine area without helmet. To prevent this, we embedded NFC tag inside the

helmet and control the access gates. The gate control system allows the workers who have helmet and information is sent to GOC via UART interface. This also allows the company to track who accesses the mine area and when. By doing this it does not only improve the miners' safety but also improves the safety of the mine.

D. Ground Operations Center

The ground operation center is the main center where all the data is collected. It shows the user all the information collected with a user friendly interface. It requires a socket programming to handle the data on the network and serial communication interface to talk with the access gates.

III. EXPERIMENTAL WORK

The project is built and implemented on the commercial helmet as seen in Figure 2. A computer program is coded in C# to build GOC. The program has socket interface to gather the miners' data from the network and UART interface to control the gates. The microcontrollers, MSP432 and MSP430, are programmed in C using the Code Composer Studio. Texas Instruments Real Time Operating System (TI-RTOS) is used to accomplish the task scheduling.

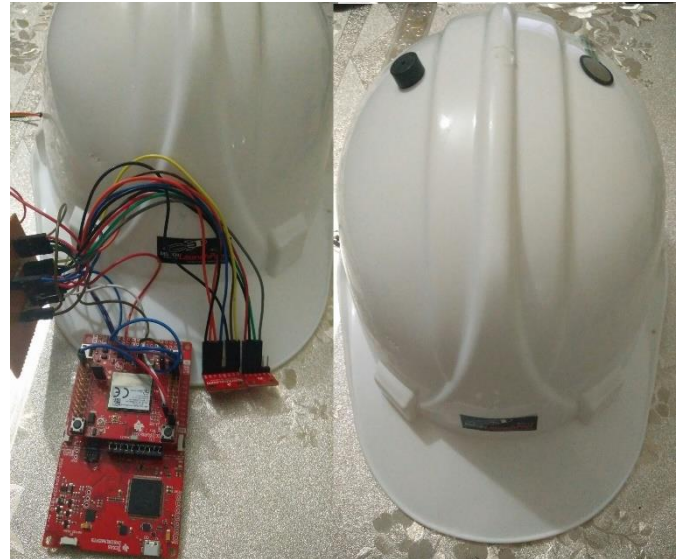


Fig. 2 Smart Lifesaving Helmet for Miners

The main processor is the 48MHz ARM® Cortex®-M4F based MSP432P401R. It has I2C connection with TMP102 temperature sensor and ADXL345 accelerometer. CC3100MOD Wi-Fi network processor module is used to send the data to GOC. SPI interface is used to connect MSP432 with the CC3100. 100 data samples send to the GOC in each second and shown to the user in real-time. ADXL345 accelerometer has built in free-fall and inactivity detection. When a free-fall occurred, an interrupt signal transmitted to the MSP432 and GOC. The controller can send emergency team to location of the miner or trigger the mine alarm. The temperature data can be analyzed and if the pre-set threshold value is exceeded, alarm is triggered to prevent any potential explosion.

DLP-7970ABP is a NFC transceiver is implemented as a gate control on ultralow power MSP430 microcontroller. The communication between gate control and the GOC is provided via UART interface. The communication is bidirectional and the GOC decides to whom to grant the access. The gate control will read the tag which is embedded inside the smart lifesaving helmet and send the data over the serial port to the GOC. The GOC will decide to doors open. It registers the users who access the mining side so if multiple access occurred from a single tag it will deny the access as shown in Figure 3.

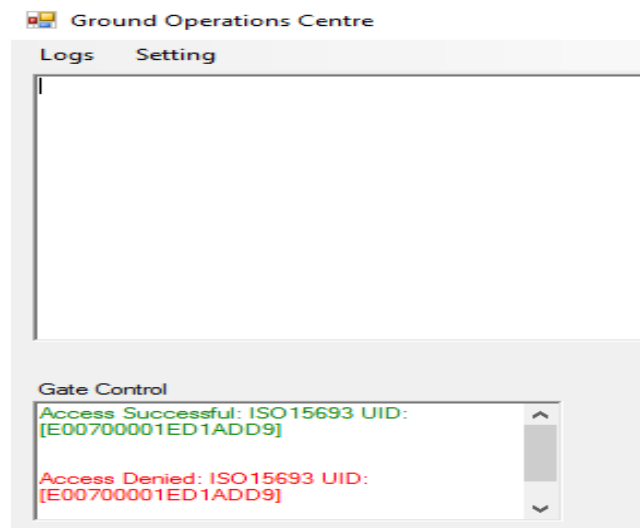


Fig. 3 Gate control interface on GOC

IV. CONCLUSION AND FUTURE SCOPE

IoT and wearable technology improve the quality of our lives and safety. Smart lifesaving helmet for miner aims to increase the safety of miners. The experimental results show that the project is promising. Real-time temperature data are sent to GOC and faint of miner can be detected successfully. Some additional functions can be added as a future project like offline tracking using the inertial measurement unit (IMU) and received signal strength indicator (RSSI). Using IMU and RSSI can provide accurate location information which may be used to locate miner at the time of the explosion.

REFERENCES

- [1] W. v. Rosenberg, T. Chanwimalueang, V. Goverdovsky and D. P. Mandic, "Smart Helmet: Monitoring Brain, Cardiac and Respiratory Activity," in *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2015 37th Annual International Conference of the IEEE*, Milan, 2015.
- [2] S. R. Rupanagudi, S. Bharadwaj, V. G. and V. S. a. F. Jabeen, "A Novel Video Processing Based Smart Helmet for," in *Conference on Computing and Network Communications*, Trivandrum, 2015.
- [3] C. J. Behr, A. Kumar and G. Hancke, "A Smart Helmet for Air Quality and Hazardous," in *Industrial Technology (ICIT), 2016 IEEE International Conference on*, Taipei, 2016.
- [4] S. Chandran, S. Chandrasekar and E. E. N, "Konnect: An Internet of Things(IoT) based Smart Helmet for Accident Detection and

Notification," in *India Conference (INDICON), 2016 IEEE Annual*, Bangalore, 2016.

- [5] W. V. Rosenberg, T. Chanwimalueang, V. Goverdovsky, D. Looney, D. Sharp and D. P. Mandic, "Smart Helmet: Wearable Multichannel ECG and EEG," *IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, vol. 4, 2016.
- [6] S. S, "Smart Helmet Using RF and WSN Technology for Underground Mines Safety," in *2014 International Conference on Intelligent Computing Applications*, Coimbatore, 2014.
- [7] M. P. National Institute for Occupational Safety and Health, "Advanced Tutorial on Wireless Communication and Electronic Tracking: Communication System Performance," Centers for Disease Control and Prevention, 2013. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/niosh/mining/content/emergencymangementandresponse/commtracking/advcommtrackingtutorial2.html>. [Accessed 17 August 2017].

A study on giving priority of transition for emergency vehicles with machine communication

L. Osman Kahveci*, Onur Dogan⁺ and Omer Faruk Gurcan⁺

* *Department of Electrical-Electronics Engineering, Yildiz Technical University
Istanbul, Turkey*

lutfullah.kahveci@gmail.com

⁺ *Department of Industrial Engineering, Istanbul Technical University
Istanbul, Turkey*

{odogan, ofgurcan}@itu.edu.tr

Abstract— Emergency vehicles, such as ambulances, fire brigades, police vehicles, etc., must go as fast and securely as possible. However, in recent years, the population growth rate in some of the big cities has increased so fast that these vehicles cannot reach places where they need to be. Smart city technologies evolving with Industry 4.0 allow to offer solutions to the problem. In this study, M2M technology was used to give priority for emergency vehicles that are the priority of the transition at traffic lights by using a control center and location information. The case study is modeled and operated on an intersection. Raspberry Pi was used as the control computer in the vehicle and traffic lights. Location information will be obtained by GPS in real-life implementation of the case study, but the location has been created in a virtual way so that it will not be possible to obtain location information in a healthy manner during the case study. Communication between the vehicle control center and the traffic lights is done via Wi-Fi connection so that the case study can be operated in a closed area. At the end of the work, the priority given to the emergency vehicles in the traffic lights has reached the result that the emergency vehicles can go faster and more securely.

Keywords— machine-to-machine, emergency vehicles, giving priority, smart city

I. INTRODUCTION

Machine to Machine (M2M) Communication is referred to as wired or wireless communication of two or more machines in the light of predetermined rules and protocols [1]. The concept of M2M, which has been heard more often in recent years with the development of wireless communication technologies, has been defined differently by different organizations. The first of the M2M architecture segments is implementation and this step represents the starting point of the service. One of the machines used in M2M implementations provides the necessary input for the service requested by itself or by the trigger of the user. Thanks to the protocols developed for the system, the inputs that are converted into electronic data format are transmitted to the other machines to be communicated by moving to the network management area where the data of the second area is transmitted. Services are being developed as to how the machine will be presented by processing the data from this third area. While the services are being developed, systems are being developed taking into consideration the basic architecture and scenarios of

organizations developing standards around the world, such as ETSI or OneM2M.

The "Transformation of Smart Cities Movement", which started in many countries around the world, started with a meeting held in 2016 in Turkey. One of the most important issues that intelligent cities aim is work transportation systems.

The most studied work in this area is to reduce urban traffic intensity. There is a lot of work to reduce the traffic intensity, but there is very little work on the problems of traffic emergency vehicles. Emergency vehicles such as ambulance, fire brigade, police vehicle in Turkey and in the world can have difficulties in reaching their targets on time. Traffic lights are one of the most important reasons for this situation. Although these vehicles have the right to pass in traffic lights, traffic lights are still slowing them down from time to time. Another problem that is bigger than their delays in their targets is that emergency vehicles put the other lights in danger in the traffic. According to a survey conducted by Ahmet Turkdemir, between 1975 and 2002, 137 accidents occurred, which resulted in death or injury caused by ambulances in our country [2]. In this study, an idea was presented about how emergency vehicles can switch safely and quickly in traffic lights and this idea is modelled on an intersection.

In this work, M2M technology was also utilized to ensure that the emergency vehicles were able to pass through the lights with a control center when approaching traffic lights. In the study modeled on an intersection, the vehicle passing to the emergency state is connected to the control center and starts to send position information. The control center interprets the traffic lights with information such as the distance the vehicle approaches to the light and the distance to the light. The traffic lights that take command will freeze the normal periodic cycle and turn the other lights into red, making the light green that the car approaches. The location is virtually created because it is not possible to get the position information in a healthy way in the study. Communication of vehicle, control center and traffic lights is provided via Wi-Fi connection as a closed area is tested in the study.

Can et al. have developed a system for providing a transition superiority in red light to vehicles in emergency with the projects named "Real-Time Automation of Traffic Light Signaling According to Vehicle Transit Superiority in Emergency Situations" for a competition in 2011 [3].

Emergency vehicles and traffic lights communicate with antennas in this project modeled on an intersection. By using the signaling of the antennas, it is determined which light the vehicle is approaching and the lights are commanded accordingly. The signaling of the antenna again controls the vehicle's distance from the crossover when the vehicle is away, the traffic lights are back on track.

II. M2M TECHNOLOGY

M2M is the general name for systems that allow two devices to interact with each other by exchanging data through specific protocols. M2M can also be defined as communicating machines with each other (or with limited contribution) without human intervention [4]. Many applications have been developed to provide communication between M2M technology and devices to increase productivity and reduce cost. Some of these applications are developed in areas such as manufacturing, service tracing, monitoring, logistic, healthcare, transportation, public safety, transport and energy management [5].

Manufacturing: The aim is to increase the efficiency of the manufacturing by performing the parts that can be automated within the production process with perfect and fast manner with M2M applications. One of the best examples of manufacturing is the Ford's Oakville Manufacturing Plant, located in Oakville, Ontario, Canada. With 440 robotic M2M applications, the employees are assisted in the production process [1].

Service Tracing: M2M systems aim to provide better quality and faster access to service providers and people at every stage of business processes. Thanks to the mobile payment (Point of Sales Terminal – POS devices) devices, the quality of the service offered has increased and the ease of operation has been provided for those who want to receive services. Verifone, a UK based company, has developed a wireless M2M system for POS solutions and has reduced costs and provided fast and quality services [7].

Monitoring: In the field of monitoring, M2M systems make it possible to automate the monitoring of human-generated activities through electronic devices. In Canada, Hydro Quebec has built a centralized system by establishing 600 intelligent collection units through a common platform developed jointly with Rogers Telecom, one of the providers of local electronic communications services, and largely outlawed the leakage of water meters [1].

Logistic: M2M applications are used in the logistics sector, which is the main supporter of production and service sectors, to automate monitoring, planning and making mistakes with M2M applications to reduce errors and clarify the timing. The Isotrak company is using M2M solutions following the vehicle, and since it started applications, it has reached a level of 99% reliability and increased its revenues by about 25% [1].

Healthcare: Thanks to the so-called Personal Telehealth Systems, the efficiency of health services increases and the cost of health care decreases. Elderly people should be closely monitored for health and some body parameters such as blood pressure, blood sugar, temperature and weight should be measured periodically. Making these operations in health

centers is both costly and transportation can be a problem. With M2M applications, it is possible to perform these measurement, monitoring and evaluation operations remotely. Chronic diseases such as diabetes, arrhythmia, hypertension, asthma or COPD can be tracked.

Transportation: According to estimates made by "Strategy Analytics", the annual cost of the traffic congestion in Europe is estimated at 135 billion euros. It is estimated that the so-called Intelligent Transport System (ITS) can be reduced to a very large extent [6].

M2M architecture consists of three segments. First of them is implementation and this step represents the starting point of the service. One of the machines used in M2M implementations provides the necessary input for the service requested by itself or by the trigger of the user. Thanks to the protocols developed for the system, the inputs that are converted into electronic data format are transmitted to the other machines to be communicated by moving to the network management area where the data of the second area is transmitted. After the inputs are evaluated and the required operation is performed, according to the service, the field of application can be fed back via the network management domain. While the services are being developed, the basic architecture and scenarios of organizations developing standards around the world such as ETSI or OneM2M are considered. Fig. 1 shows the interactions between these three domains.

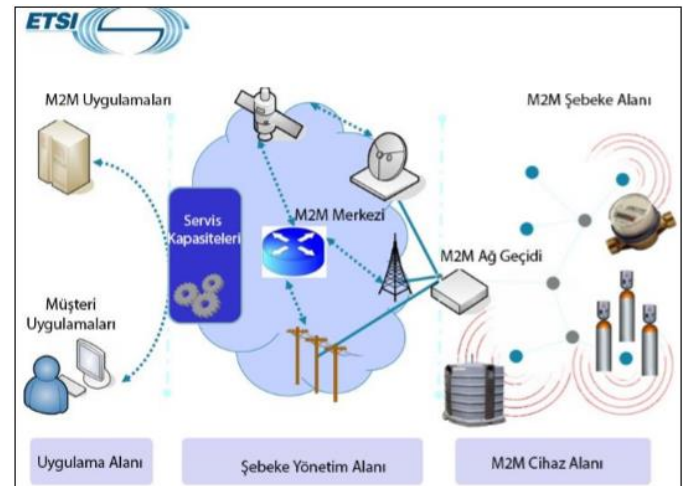


Figure 1. ETSI Basic M2M Architecture

Figure 1 refers the general operating mechanism of M2M applications. Within the basic architecture, the three areas of setting are shaped according to the content and the type of service to be provided. The application area, which is the input point, and the software and hardware used in the device area, which is the output point, predominantly depend on the service content, while the technology to be preferred in the network management field which is the transmission point depends on the service.

III. INTELLIGENT CITIES AND TRAFFIC APPLICATIONS IN MONITORING

As mentioned earlier, M2M is a viable technology in many areas. One of these is the monitoring area. Traffic applications are very common in the field of monitoring. Traffic applications within smart cities are one of the most important subdivisions of the monitoring area.

Smart cities are based on the idea of restructuring cities in ways that maximize efficiency for people and nature. According to [8], smart cities are ‘*places where information technology is combined with infrastructure, architecture, everyday objects, and even our bodies to address social, economic, and environmental problems*’.

Smart cities are city buildings with a management conception that creates people-oriented, strategic, environment-friendly and supportive. The structures are based on using innovative and sustainable methods to create new self-sufficient living spaces that are resource efficient and smartly consumed, respectful to the environment, minimized to environmental problems, comfortable, healthy, citizen-centered [10]. These problems call for the design of new strategies to maintain and improve a livable, sustainable, accessible, and economically-viable environment [10]. The digital developments have enabled cities and policy makers to realize the link between technology benefits and urban development. As a response, various conceptualizations have been introduced wired cities, techno cities, cyber cities, creative cities, knowledge-based cities, real-time city, WIKI cities, digital cities and networked cities etc. Although there are variety of city descriptions, the concept of smart city became most recognized among practitioners and urban researchers [11].

The key concept of the smart city is to obtain the right information at the right place and on the right device to make a city-related decision with ease and to aid citizens more quickly [12]. Intelligent transportation is one of the most important issues in working on smart cities. With intelligent transportation technology, integrated and interactive transportation of vehicles provide to manage traffic and parking spots more powerfully. Many applications have been developed to find a solution to the problems in Istanbul, the province where traffic problems are most seen. ISBAK (Istanbul Information and Smart City Technologies), which works especially in the field of intelligent transportation systems, develops applications that give the vehicle a passing advantage in traffic lights. Although traffic applications have been developed in many areas, there are not many studies on the problems experienced by emergency vehicles. Despite the problems related to traffic accidents are thought to be difficult to solve because of the fact that they are man-made, new approaches brought together with developing technology can provide solutions to such problems. In this study, this deficiency was realized in the sector and tried to provide solutions to the problems of emergency vehicles with intelligent systems.

IV. PROBLEM AND SOLUTION PROPOSAL

According to [2], while the rate of accident for emergency vehicles was 0.77% between 1975-1994, it increased to 30.6% between 1994-2002, as seen in Table 1.

TABLE VII
AMBULANCE ACCIDENTS BETWEEN 1975-2002 [2]

Year	# of Accident	Rate of Ambulance Accident in 10.000
1975	1	15,1
1978	1	14,5
1983	1	13,4
1989	2	13,5
1991	2	7,5
1992	2	5,3
1994	2	4,7
1996	7	17,4
1997	11	19,0
1998	21	28,3
1999	27	47,4
2000	28	34,8
2001	16	25,5
2002	10	51,8

Approximately 14.5% of mortal or injured accidents involving ambulances are caused by traffic lights. M2M technology has been used to solve the problem of giving priority to emergency vehicles, when smart cities are becoming more and more widespread in recent years. In this study, a traffic application was carried out for emergency vehicles that turns green the traffic lights approaching and turns red the lights of other roads turning in order to reach the targets in the fastest and safest way.

Three systems have been developed in the study as emergency vehicles, traffic lights and control centers. When the vehicle goes to an alarm state, it sends the position to the control center. The control center evaluates the position information and obtains information about how far the vehicle is approaching to the light and distance to the light, and instructs the traffic lights according to the information. As long as traffic lights do not receive instructions, they change the lights on a periodic cycle. When instructed, the vehicle makes the traffic light approaching green and red lights on the other road intersecting the route of the vehicle. The solutions provided by the implementation are:

- Emergency vehicles will be able to reach the fastest way to go where they go without being caught in the red light.
- Other vehicles that come from different routes and can not recognize the emergency vehicles will have their own lights turned red, so any possible accidents involving ambulance will be avoided.
- Vehicles that do not want to punished in the red light and wait the ambulance behind them will not interfere with the emergency situations with this application.

V. TRAFFIC APPLICATION PROJECT

A traffic project was made which gives emergency vehicles priority over traffic lights. Raspberry Pi was used as a control

computer of vehicles. Emergency vehicles will trigger the transition to the alarm state and start the system. When the system starts, the emergency vehicle can send the position information to the other devices with the communication area.

Wi-Fi connection is used as a communication area in this study. 3G and 4G communication technologies will be used in real life applications. Traffic lights and control center were used as M2M device area. The aim of the control center is to provide traffic light and vehicle coordination. The control center will receive the position information of the vehicles in alarm condition and calculate their proximity to the traffic light and send the command to illuminate the vehicle with green light in the direction of the vehicle.

The software part of the project is done in PHP (personal home page) language. During the development of the crossroad model in the study, a language that can be developed with HTML was needed, and PHP is one of the most useful languages for this. PHP also enables transmission of web services between systems. The project has three main components: vehicle, traffic lights and control center. A separate program for each component was developed. These programs are run within themselves and then communicated to other programs. These components are seen in Figure 2.

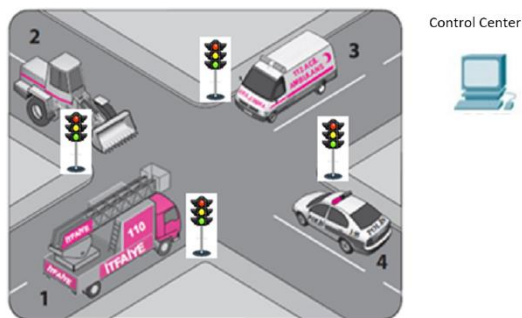


Figure 2. Components of Project

The project is modeled on a crossroad. Vehicles will come from four directions. For one direction, the traffic light is lit green while lights are red for the other directions. GPIO pins are used to control the LEDs used for traffic lights. First of all, the traffic lights were run on the breadboard and then these lights were placed on prepared platform and the crossroad model was created.

The main task of the emergency vehicle is to communicate with the control center and send the position information to the control center when it goes to alarm condition. The cycle in the car's program constantly checks to see if it is in an alarm state. In real life implementation of the project, position information will be determined by GPS and sent to the control center. However, in the pilot application, the virtual location was created so that it would not be possible to obtain accurate GPS information in a closed environment.

To create a virtual location, the crossroad in the project is thought of as a matrix, and the position in the crossroad is determined by this matrix. The vehicle receives information about the alarm situation as well as information about which

direction the crossroad is approaching. A separate HTML page has been created to set the start direction needed to bring the alarm into the active-passive state and produce the virtual coordinate.

The traffic lights program has two main tasks for situations where the control center receives and does not receive alarm instructions. In the absence of an alarm condition, the traffic lights alternately illuminate green, red and yellow lights for each direction. When an alarm is received, the light from the control center is reddish and the other lights are red.

The main task of the control center program is to evaluate the position information received from the vehicle in the alarm condition and instruct the traffic lights according to the result obtained. Like other components' programs, the control center also controls the alarm condition from the vehicle in an infinite loop.

In order to save location information from vehicles, a small application is written as a web service and the location information received by this application is saved in a file on the disk to be checked by the main application. The main application determines the direction of the vehicle by taking the last two of the incoming location information and looking at these two's difference.

It then controls the proximity of the vehicle to the defined crossroad position, depending on the orientation of the vehicle, and sends the direction of the vehicle to the traffic light computer via the web service to trigger the alarm condition when it reaches a certain distance. The control center application keeps track of the location information sent by the vehicle and sends the information that the alarm condition has been turned off to the light computer by the web service in the same way that the lights can return to the normal process when the vehicle reaches the crossroad.

Two separate raspberry pi 3 model b computers were used as control computers for vehicle and traffic lights from the project components. The reason for using the Raspberry pi model 3 is that the device is small and powerful, it can run an open-source Linux operating system that allows for very comfortable application development, and allows development with very different programming languages. In addition, the device provides different connection technologies such as Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth. It also has the advantage of having over 40 GPIO ports for accessing and managing peripheral units.

In order to use the devices in the project, rasbian operating system developed for raspberry devices is installed first. Later, the network connection settings were made, PHP as the application development language and Litehttp as the web server. The PWRI library has been installed to manage GPIO ports with the PHP language.

During the application development phase, leds, resistors and wiring connections were made on the breadboard for traffic lights and tests were carried out here. This structure is then modeled as a crossroad on a platform.

VI. CONCLUSION

M2M technology usage in variety of areas increases with the development of information and communication technologies and the reduction of investment costs. Smart cities, one of these areas, are among the most influential technologies of human life. Intelligent cities that have been studied in many countries of the world are increasing the prosperity of society in many ways. Especially in metropolises, the smart city applications mainly concentrated on the traffic problems. With intelligent city technologies used in traffic, many problems have been solved or the problems' effect has been reduced to a certain extent. However, these studies have not been done much on the problems directly affecting human life. In this study, it has been seen that emergency vehicles can be developed with smart technologies for the problems they encounter in traffic lights. the problem of emergency vehicles encountered in traffic lights is suggested by M2M technology, which has an important place in today's technology world. This solution, in the form of priority recognition, is modeled on a crossroads in the project by sending position information to a control center when emergency vehicles in alarm state approaching to traffic lights. Three separate software have been developed for the vehicle, control center and traffic lights, and the computer control of these components has also been provided with the help of raspberry pi.

This project is open to be developed. The application modeled on a crossroad here can be applied to a wider area with more traffic lights. In this project, other vehicles in traffic, traffic intensity, other traffic lights in the region can be evaluated in another project and enable to work in a more comprehensive way.

REFERENCES

- [1] Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (2013), Makineler Arası İletişim(M2M), Ankara.
- [2] A. Türkdemir (2011), A. Aysun, Türkiye'de Ambulans Kazalarındaki Değişim, Ankara 112 Acil Sağlık Hizmetleri İstatistik ve Epidemiyoloji Birimi
- [3] M. Can, Ö. Altınkurt, et al., (2011), Acil Durumlarda Araç Geçiş Üstünlüğüne Göre Trafik Işık Sinyalizasyonunun Gerçek Zamanlı Otomasyonu, Texas Instruments Stellaris ARM® Cortex M3 Competition, Süleyman Demirel University Department of Electronic and Communication Engineering.
- [4] *Safiye ULAŞ (2015), Nesnelerin İnterneti Ekosisteminde Makineler Arası Özerk İletişim, Master Thesis, Gazi University Institute of Information*
- [5] Saadin OYUCU, (2015), M2M Platformları İçin Arayüz Geliştirilmesi, Master Thesis, Gazi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Fen Bilimleri Enstitüsü, 7-10.
- [6] (M2M) Makineler Arası İletişim, [Online]. Available: <http://bilgicagi.com/m2m-makineler-arasi-iletisim-3/>
- [7] Verifone, [Online]. Available: <http://www.verifone.com.tr/products/hardware/mobil-terminaller/>
- [8] A. M. Townsend, "Smart cities: Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia," New York, WW Norton & Company, 2013, p. 15.
- [9] Akıllı Şehirler, Akıllı Şehirlere Genel Bakış, [Online]. Available: <http://www.akillisehirler.org/genel-bakis>.
- [10] O. F. Gurcan and O. Dogan (2017), Big Data, Smart City and Smart City Initiatives of Istanbul, International Symposium on Industry 4.0 and Applications (ISIA 2017).
- [11] J. Steenbruggen, E. Tranos and P. Nijkamp, "Data from mobile phone operators: A tool for smarter cities?," Telecommunications Policy, vol. 39, no. 3, pp. 335-346., 2015.
- [12] M. M. Rathore, A. Ahmad, A. Paul and S. Rho, "Urban planning and building smart cities based on the Internet of Things using Big Data analytics," Computer Networks, vol. 101, no. 3, pp. 63-80, 2016.

Augmented reality application for visualization and easy learning of properties of continents

Sinan Toklu*, Mehmet Şimşek*, Selim Silgu*

**Department of Computer Engineering, Düzce University*

Düzce, Turkey

sinantoklu@duzce.edu.tr, mehmetsimsek@duzce.edu.tr, selimsilgu@hotmail.com

Abstract— Nowadays 3-dimensional objects designed represented on paper or on the device are available as 2-D. Model to be presented do not provide Depth and 3D perception, depth effect visualize with color transitions and shade. This is a negative factor in perceiving and visualizing the modeled object. It is observed that the learning and application process is long and erroneous studies. Some of these negativities can be due to knowledge accumulation, lack of attention and perception difficulties. Positive effects of augmented Reality on education and learning in the past have been investigated. This study helps individuals or students who are trained in any subject in the future learn about easy learning and ensures that information learned in memory is permanent. Assuming that visual memory is the best learning style, these types of practice will be more educational in the future. Our application is a sample project that visually presents the geographical knowledge and characteristic of the world we live in. In this study, the characteristics of the continents located in the world are shown visually to the user. Here, the most important things about those continents are visually shown. This is increased of learning and remembrance. In the study, an Augmented Reality application was performed using Unity 3D and Vuforia.

Keywords— AR, Education, Earth and Continent

I. INTRODUCTION

With the widespread proliferation of 3D printers over the past 10 years, there has been a major revolution in design and production. However, in addition to cost reduction and time saving in production, faster solutions have been achieved. The product to be produced today needs to have ergonomic and effective design besides meeting expected demand. The rapid development of design and production reveals the lack of expertise in modeling. Closing this disadvantages, large extent to at vocational schools the students will have an efficient and high quality education.

Students during training because of low motivation, lack of concentration and lack of past knowledge cannot have necessary yield. When considering the reasons mentioned above, the integration of real environments and models of these trainings with presentation, productivity increases at a rate that will not be ignored. The fact that visually perceived objects are kept in memory and made easier to remember, has proved by many researches and analyzes that have developed creativity in artistic designs.

When the advanced visualization technologies are examined, it is observed that the new generation learning methods bridges between theory and practice. In 3D modeling education students are interacted with augmented reality application, models are visualized in individual dimensions and provide students are perceived.

Although augmented reality technology has emerged in recent times, it has many applications. Nowadays, many areas such as art, education, advertising, marketing and games are used. Augmented reality technology is supported by smartphones, tablets, smart glasses, computers, and HMDs (Head-Mounted Display).

Augmented Reality is a live, direct, or indirect physical view of the real world and its contents, enriched by computer generated sound, image, graphics and GPS data. This concept is briefly modified and enhanced reality with computer

Graphic enrichment takes place in real time and interacts with the surrounding objects. With the help of the enhanced enriched graphic technology, the user can interact with the information around him, and digital information is suitable for processing and editing. The artificial information and items related to the environment of world can be compatible with the real world.

II. RELATED WORKS

The development of video processing devices, such as Augmented Reality technology, adds new visual objects to the environment or interacts with the object on the screen with the projection of the existing objects. This feature is often used in computer games and advertising. Implementation of Augmented Reality in Education is popular because of its teaching benefits and there are different ways of implementing it. Two of them are Object Modeling and AR Applications [1].

The first applications of the Augmented Reality were emerged introduced by Mizell and Cuzell in advising the aircraft industry to use the Head-Mounted Display (HMD) for maintenance and installation [2]. Later, maintenance and repair applications began to be used in a wide range of applications [3]. Augmented reality technology in the direction of these developments has begun to be used in primary and secondary education as well as in universities. However, there was little support for the development of the learning process in vocational training [4].

Billinghurst, Mitrovic and Westerfield have realized that the way the steps are implemented in the production phase is to

improve their performance without being taught to employees in detail. Therefore, a system combining Intelligent Tutoring System (ITS) and Augmented Reality Interface was developed. It was observed that the developed Ar system improved the experience in learning computer motherboard assembly [5].

Many European projects are being prepared for the use of augmented reality in vocational training institutions. One of them is LARGE (Learning Augmented Reality Global Environment) [6]. As a result of this project, teachers and students have indicated that augmented reality practices are beneficial for the development of student motivation.

The augmented reality applications also benefit in installation and maintenance scenarios. Some of Augmented reality applications have been developed to allow workers to be trained by virtual instructions for machine tool repair and maintenance [7]. These applications are established animated and graphic tips. Users of the application can see which parts are required and whether the parts need to be applied. Another benefit is that all steps are shown in the correct order. Thus, training of employees is supported with augmented reality practice in order to ensure that machines operate correctly and fully efficiently [8].

In assembly scenarios, instead of real objects, an approach can be presented with augmented reality components. These operations enable the 'AR Supported Mounting Design' installation process to be virtualized without the need for CAD information [9].

III. IMPLEMENTATION OF APPLICATION

The application consists of a total of eight ImageTarget, including a world map and seven continents. AR camera is required to implement this application. So Vuforia [10] was used for AR camera. Various materials for application, basic components of AR technology such as textures, audio, video are used. C # scripts are used for object movements. This project was done with Unity 3D 5.4.2 (64 Bit) Windows version [11]. In this Project, we tried to transfer general image information of the continent by using examples of assets (objects) of the properties of all continents. This information is summary. It was done for the visual training of those who use this application in order to set an example for education and learning.

In the Target, Earth, Moon, Directional Light, Video Plane, Sound objects are used. Each one is a separate object, and it allows the camera to appear on the screen when it seen in the world map. A package called EarthRendering is used for the Earth object. The Earth Texture in this package determines the appearance of the object.

A tiger figure, a pyramid, a lion, and a deer object were used for the ImageTarget of the African continent. A blue whale, seal fish, penguins and ocean objects were used for the ImageTarget of the Antarctic Container. Elephant, rhinoceros, tree and Chinese Great Wall have been used for the ImageTarget of Asia. For the ImageTarget of the European Continent, the objects of the masterpieces of major and important cities were used. For example, British horse, Pizza Tower and Eifel Tower

were used. The Antarctic Kingpenguins an average of 140 times a day enter the sea. For this reason, penguins are used in this continent as ImageTarget. Bison and Tarantula are used for the ImageTarget of South America. It is also used in the city of Rio de Janeiro, Brazil, on the Corcovado Mountain, one of the symbols of the city, the sculpture of Jesus. For the ImageTarget of the North American Continent, the Freedom Monument, the world's most well-known, is located on Liberty Island in New York City, USA were used.

B. Application Outputs

Introductory materials have been unearthed from the continents of the world using the African Continent, Asian Continent, Antarctic Continent, European Continent, North America Continent, South America Continent and Australian Continent and distinct objects from this continent. When the images shown below are shown on the camera, the camera shows the properties of the continent on the screen. Figure 1 shows a sample continental display.



Fig. 1. African Continent Object

As shown in Figure 1, when the device sees the image of each continent, the properties related to that continent are visible on the screen. Here, the characteristics of the African continent come to the screen when the device is seen in Africa. Figure 3.2. The African Continent is shown.

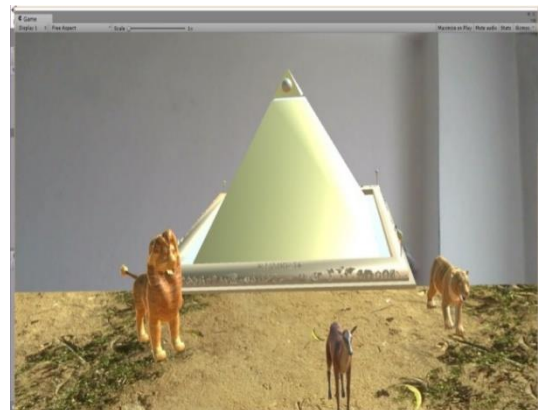


Fig..2. African Continent

As shown in Figure 2, geography's most famous manuscript for Africa is the Pyramid of Keops, the lion, tiger and gazelle objects from predators are displayed when the corresponding

continental ImageTarget is displayed on the screen. On the world shape, the characteristics of the Asian continent are shown when the device sees the Asian continent. Figure 2 shows the important characteristics of the Asian continent.

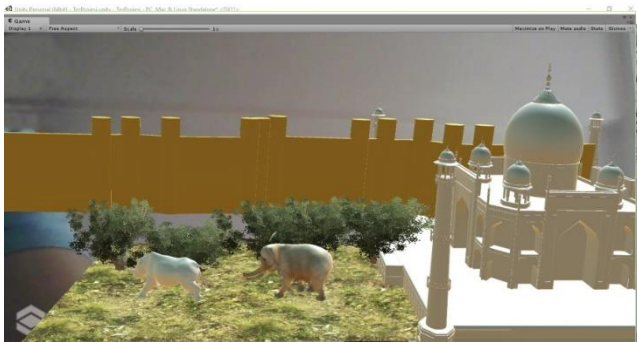


Fig.3. Important characteristics of Asian continent

As shown in Figure 3, the characteristics of the Asian continent come to the screen when the device is seen in Asia. A structure that stretches as far as China's northern wall and becomes the world's largest defense wall, and the walls look like a long thin river when viewed from a distance. Among the results that can be seen when we show the Asian Territory on the screen. It is a complete work of art for the Taj Mahal in Agra, India. Taj Mahal, located at UNESCO's World Heritage List, hosts 3 million visitors each year. In this work, the masterpiece of Taj Mahal, which has become a worldwide symbol of India, is shown on the screen.



Fig. 4. The characteristics of the Antarctic continent

The project includes elephant and rhinoceros living in this continent with these works. Figure 4 shows the characteristics of Antarctica. In Antarctica, winter animals live, and the most famous of them is the world's largest animal, the blue whale. In addition to this, the seal fish and penguins are also on the project.

As shown in Figure 5, the characteristics of the European continent come to the screen when the device is seen in European. The Tower of Pisa was built at Piazza dei Miracoli in Pisa, northern Italy, and the bell tower of the city cathedral built in 1063-1090, in 1173, separate from the main structure. This figure is given as a figure of European continent. In addition, the tower has become the symbol of France all over the world. The name comes from Gustave Eiffel, the company that built it. Eiffel Tower, one of the biggest tourism attractions,

attracts 6 million tourists per year. In 2002, the total number of visitors reached 200 million. At the same time an English horse is among the objects of the European continent.

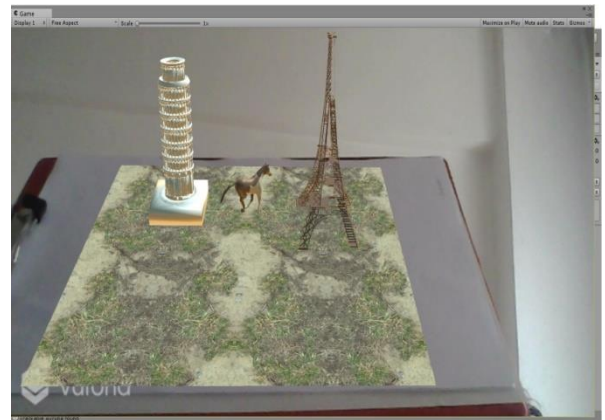


Fig. 5. The characteristics of the European continent

Figure 6 shows the characteristics of this continent when the South American continental continent is shown to the device. Located on the Corcovado Mountain in the city of Rio de Janeiro in Brazil for South America, and selected as one of the symbols of the city, Jesus is sculpted. On July 7, 2007, this sculpture was chosen as one of the New Seven Wonders of the World. In addition, the American bison and tarantula are among the objects of the geographical region. So they were chosen as images.

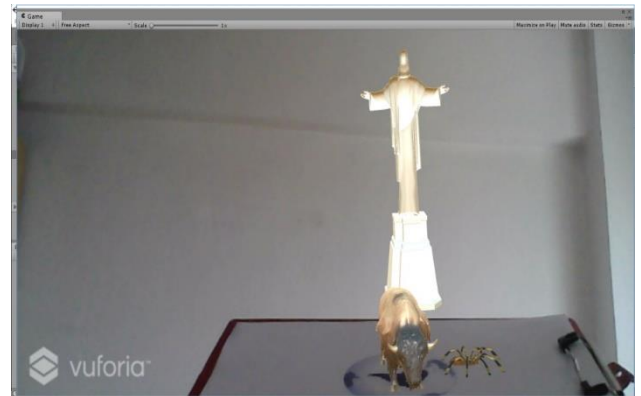


Fig. 6 Characteristics of the continental continent

Figure 7 shows the characteristics of this continent when the North American Continent is shown in the shape of the device. The megalodon fish that lives on the North American coast, the American goose and the swan are the well-known animals of the North America continent. Made from copper, the Statue of Liberty was given to the United States by France for the 100th anniversary of the founding. It was built between 1884-1886. It is located on the Liberty Island in New York City of the United States. It is among the objects in the project and it is the objects that will come out when we show the image of the related land.



Fig. 7. The characteristics of the North American continent are shown.

Figure 8 shows the characteristics of the Australian Continent. Australia's most famous animal, kangaroos and penguins are objects of this continent. The image output is as follows.

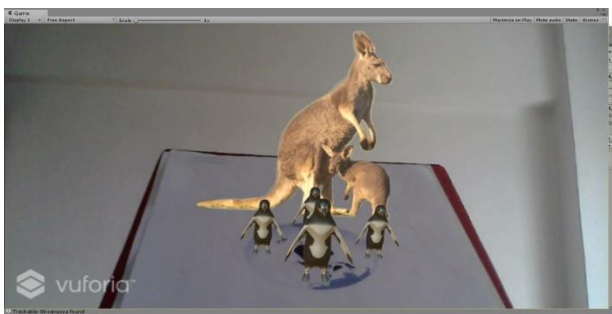


Fig. 8. The characteristics of the Australian continent are shown

IV. CONCLUSIONS

Augmented reality application was used in our work. Thanks to this technology it is possible to provide a lot of convenience in human life with the applications to be realized. Especially in the field of education, people can learn better. Because people have better visual memories. On this account people can learn better.

In this study, it was tried to provide a better definition of our world by this application. Some of the most known features of the continents found in our world come out in 3 dimensions by showing the relevant land on the world map. A better learning process has been realized by the people who look at this application both visually by seeing the famous properties of these continents and by listening to the properties of the continents as sound.

Ready assets were used for this study. In future studies, it is possible to apply this technology to many areas such as tourism, museums ... etc. However, especially for this, the graphic drawing needs to be done very well.

REFERENCES

[1] Diegmann, P.; Schmidt-Kraepelin, M.; Van den Eynden, S.; Basten, D. (2015): Benefits of Augmented Reality in Educational Environments - A Systematic Literature Review, 2015

[2] Caudell TP, Mizell DW, Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes, in Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, 1992, vol. II, pp. 659–669.

[3] Ong SK, Yuan ML, and Nee AY. Augmented reality applications in manufacturing: a survey. *Int. J. Prod. Res.*, 2008; 46(10): 2707–2742.

[4] Bacca J, Baldiris S, Fabregat R, Graf S, Kinshuk. Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *J. Educ. Technol. Soc.* 2014; 17(4): 133–149.

[5] Westerfield G, Mitrovic A, Billingham M. Intelligent Augmented Reality Training for Motherboard Assembly. *Int. J. Artif. Intell. Educ.* vol. 25, no. 1, pp. 157–172, Nov. 2015.

[6] LARGE Project, “Learning Augmented Reality Global Environment (LARGE) Project,” <http://www.largeproject.eu/en/about-project/>, 2014.

[7] Kollatsch C, Schumann M, Klimant P. Mobile Augmented Reality based Monitoring Of Assembly Lines, 2014.

[8] Haberland U, Brecher C, Possel-Dölken F. Advanced augmented realitybased service technologies for production systems. In: Proceedings of the International Conference on Smart Machining Systems, 2007.

[9] Wang ZB, Ong SK, Nee AYC. Augmented reality aided interactive manual assembly design. In: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, DOI: 10.1007/s00170-013-5091-x, Springer-Verlag, 2013.

[10] Vuforia.com. (2017). *Vuforia / Augmented Reality*. [online] Available at: <https://www.vuforia.com/> [Accessed 18 Aug. 2017].

[11] Unity. (2017). *Unity - Game Engine*. [online] Available at: <https://unity3d.com/> [Accessed 18 Aug. 2017].

Belirsizlikler altında iletim genişleme planının belirlenmesi

Ercan Şenyiğit*, Selçuk Mutlu⁺

*Endüstri Mühendisliği, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 38039, Türkiye
senyiğit@erciyes.edu.tr

⁺Endüstri Mühendisliği, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 38039, Türkiye
selcukmutlu@gmail.com

Özet— Bu çalışmada, elektrik enerjisi sistemlerindeki belirsizlikler dikkate alınarak iletim genişleme planı problemi ele alınmıştır. Özellikle farklı bölgelerin özellikleri, gelecek talep tahmini, üretim tesislerinin kullanılabilirliği ve elektrik sistemlerinde yenilenebilir enerji ile elektriğe entegrasyon gibi son gelişmeler dikkate alınarak belirsizlikler ele alınmıştır. Elektrik endüstrisinde, iletim genişleme planı, mevcut sistemin iyileştirilmesi ya da yeni iletim hatlarının kurulması aşamasında en uygun genişleme çözümünü bulmaya yöneliktir. Araştırmamızda, öncelikle literatürde kullanılan veri setleri özellikle Garver 6 istasyon ve 24 İstasyonlu test verisi İletim Genişleme Problemi oluşturulurken kullanılacaktır. Literatür verileri için problem meta-sezgisel (genetik algoritma) yöntem yardımıyla çözülecektir ve İletim Genişleme planı oluşturulacaktır. Çalışmamızın elektrik piyasasındaki birçok belirsizlikleri ele alan endüstri mühendisliği alanındaki örnek modelleme çalışması olması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler— İletim Genişleme Planı, Genetik Algoritma, Elektrik İletimi, Belirsizlikler, Güç Sistemleri

I. GİRİŞ

Sistem hedeflerini etkin bir şekilde yerine getirmek için mevcut bir iletim ağına eklenmesi gereken yeni iletim hatlarını belirleme sorunu olan İletim Genişleme Planlaması (TEP), güç sistemlerinde temel stratejik kararlardan biridir ve sistemin çalışması üzerindeki etkisi derin ve uzun ömürlüdür [1]. Başka bir deyişle, elektrik endüstrisinde, iletim genişleme planı, mevcut iletim hatlarını kurma sürecinde mevcut sistemi iyileştirmeyi veya en uygun genişleme çözümünü bulmaya yöneliktir [2].

Elektrik şebekelerinde yük artışı ve beklenen talebi göz önüne alarak iletim genişleme planını hazırlamak 10 yılı aşkın bir konudur. Üretim Genişleme Planlaması (GEP), Dağıtım Genişleme Planlaması (DEP) ve İletim Genişleme Planlaması (TEP) genelde ne zaman, nerede ve ne kadar yeni üretim, yeni hatlar ve yeni dağıtım şebekeleri yapılacağına karar verir [3]. Bu kararları alırken, amacımız teknik, ekonomik ve siyasi kısıtlamaları dikkate alarak toplam arz ve talebi dengelemektir. Amerikan İnşaat Mühendisleri Topluluğu (ASCE) raporuna göre, 2011 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde elektrik iletim ve dağıtım yatırımları için 27.5 milyar dolar harcanmış ve 2040 yılına kadar toplam 331 milyar dolar harcama tahmini yapılmıştır [4]. Bu alanda belirsizlikleri ele alarak çözümler üretmek problemin doğrusal olmayan yapısından dolayı bir hayli karmaşıktır. Ortalama değerler dikkate alınarak kurulacak

bir model elektrik kesintilerine ve toplumsal sıkıntılara neden olacaktır. Ayrıca gelecekte yaşanabilecek en kötü durum dikkate alınarak kurulacak bir modelde çok yüksek maliyet içermektedir. Sistem hedeflerini etkin bir şekilde yerine getirmek için mevcut bir iletim şebekesine eklenmesi gereken yeni iletim hatlarını belirleme sorunu olan iletim genişleme planı ("Transmission Expansion Planning", TEP), güç sistemlerinde temel stratejik kararlardan biridir. Güç sistemleri kısıtlamalarını yerine getirirken zaman içindeki tahminlere ve optimum genişleme planını elde etmek için güç talebi büyüme senaryolarının oluşturulması ile başlar.

Elektrik piyasasında bir arz ve talep dengesinin oluşturulmasının zorluğu, bu pazarın tek bir karar verici tarafından yönetildiği fikrine dayanıyor olsa da, uzun vadede güvenlik, maliyet ve yönetilebilirlik bakımından bazı zorlukları vardır. Günümüz küresel dünyasıyla paralel olarak, elektrik pazarında, yasanın kontrolü altındaki özel sektör üretim ve dağıtım modelleri hakim durumdadır. Elektrik piyasasındaki kilit aktörler şunlardır: Enerji ve rezerve sahip esnek jeneratörler (kombine çevrimli gaz türbinleri gibi), sadece enerjiyi sağlayan birimler içeren inelastik üreticiler, üretimi gerçek zamanlı olarak ayarlayacak esnekliğe sahip olmayan nükleer güç üniteleri gibi işletme koşulları (örneğin rüzgar enerjisi üniteleri), büyük bir alüminyum fabrikası gibi enerji verimli ve gerçek zamanlı çalışma koşullarına uyma ihtimali olan ya da olmayabilen tüketiciler, müşterilerine kâr amaçlı satış yapmak ve sistem operatörü ISO, pazarı yönetmek, rezerv seviyelerini, üretim ve tüketim miktarlarını ve piyasa fiyatlarını belirlemek için uygun bir piyasa takas prosedürü kullanmak [5].

Elektrik nakil ve üretim tesislerinde yapılan yatırımlar için uzun vadeli sistem oyuncularının görüşü alınmalıdır. Belirsizlikler kapsamlı ve özenli bir şekilde belirlenmeli ve sorun büyük ölçekli bir optimizasyon problemi olarak değerlendirilmelidir. Elektrik enerjisi sistemlerine yapılan yatırım genellikle çok kademeli bir süreçtir. Yani, genişleme ve takviye müdahaleleri, zaman içinde farklı noktalarda sıralı olarak gerçekleştirilir. Bununla birlikte, böyle bir dinamik çerçevenin bir karar verme aracına yerleştirilmesi hesaplanmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, dinamik bir çerçeve göz önüne alındığında, genel olarak sistemin tanımında bazı basitleştirici varsayımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, elektrik enerji sistemindeki belirsizlikler dikkate alınarak iletim genişleme planı (TEP) problemi ele alınacaktır. Özellikle, belirsizlikler, farklı bölgelerin özelliklerini,

gelecekteki talep tahminini ve üretim olanaklarının kullanılabilirliğini göz önüne alarak ele alınacaktır.

II. LİTERATÜR TARAMASI

Elektrik, stok olarak depolanamayan bir ürün olarak kabul edilebilir. Elektrik iletim sisteminde üretim, iletim ve tüketim alanlarında birçok belirsizlik ortaya çıkmaktadır. Üretim alanında; rüzgar santralleri gibi artan sayıda yenilenebilir enerji kaynağının elektrik iletim şebekelerine entegrasyonu önemli bir belirsizlik kaynağıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının aralıklı ve stokastik yapısı, elektrik şebekesinin güvenliği ve güvenilirliği için bir kaygı kaynağıdır ve şebekenin planlanması, işletilmesi ve değerlendirilmesinde önemli rol oynamaktadır [6]. Üretim alanındaki diğer belirsizlikler; Yatırım alternatifleri olarak düşünülen farklı üretim teknolojilerinin (özellikle de yenilenebilir enerji) yatırım maliyetlerinin gelecekteki gelişimi, farklı üretim teknolojilerinin (özellikle yakıt masrafları) işletim maliyetlerinin gelecekteki gelişimi ve gelecekteki üreticiler tarafından yapılacak yatırım kararları olacaktır diğer piyasa temsilcileri. Tüketimdeki belirsizliğin başlıca kaynağı saatlik, günlük ve yıllık taleptir. Bu, iletim şebekesi boyunca navlun noktalarının gelecekteki tüketiminde bir değişiklik, yıllık talep büyümesi / düşüşü ve coğrafi talebin dağılımı olarak özetlenebilir. Buna ek olarak, herhangi bir piyasa temsilcisi, hem miktar hem de fiyat açısından, diğer piyasa temsilcilerinin tekli davranışlarıyla ilgili kesin bir bilgiye sahip değildir. Sorunu belirlerken bu tür belirsizlikler dikkatle düşünülmelidir. Bu gibi problemlerde amaç, saatlik yük dengesi ve çevresel kısıtlamalar gibi sistem işletme kısıtlamalarını dikkate alarak en düşük işletme maliyetinde en uygun üretim çizelgesini belirlemektir [7].

Belirsizlikleri alarak bu alana çözüm üretmek, sorunun doğası gereği oldukça karmaşıktır. Hedef, tahmin ve üretim verilerini günlük veya saatlik olarak kullanarak en düşük maliyetli çözümlere ulaşmaktır. Uzun vadede farklı hedefler ortaya çıkmakta ve daha önemli konular ön plana çıkmaktadır. Ortalama değerleri dikkate alarak oluşturulacak bir model elektrik kesintilerine ve sosyal sıkıntıya neden olacaktır. Gelecekteki olası en kötü olası durumu dikkate alarak oluşturulacak bir modelde çok yüksek bir maliyet de bulunmaktadır [8].

Bugün İletim Genişletme Planlaması (TEP) konusunda birçok çalışma var. İletim Genişleme Planı farklı bakış açıları, farklı yöntemler, farklı kısıtlamalar ve farklı amaç fonksiyonları için arandı. Hemmati ve diğerleri, Çözüm Yöntemleri, güvenilirlik, dağıtım üretim, elektrik piyasası, belirsizlikler, ağ yapıları ve reaktif güç planlaması gibi farklı yöntemlere göre Yakınsama Genişletme Problemini değerlendirdiler [9]. TEP sorunu, uygun şekilde çeşitli şekillerde tanımlanabilir. Bu hedefler, pazar paydaşları arasındaki rekabet, tüm oyuncular için rekabetçi ve ayrımcı olmayan bir ortam sağlanması, iletim darboğazlarının azaltılması, üretim maliyetlerinin minimize edilmesi, risklerin en aza indirilmesi, güvenilirlik ve emniyetin iyileştirilmesi,

dağıtım üretimin dikkate alınması, çevresel hasarların en aza indirilmesi [10]. Pineda ve diğerlerinin yaptığı çalışmada, önerilen matematiksel model toplam kurulum ve işletme maliyetini en aza indirirken aynı zamanda belli bir alanda yenilenebilir enerjinin kullanılmasını da içerir [11]. Birçok ülkenin enerji yöneticisi olan kamu kuruluşu, bu alanda çok fazla çalışma yaptı. Bunlardan en önemlilerinden biri Avrupa nakil genişleme planını içeren ENTSO-E-A [12] ve ENTSO-E-B [13] çalışmasıdır. Schröder'in çalışmasında, Almanya'da 2030 için elektrik iletim kapasitesine yapılan yatırımların sayısal değerlendirmesini sunuyor. Sıkışıklık analiz edilir ve Avrupa Komisyonu'nun On Yıllık Ağ Geliştirme Planında tanımlanan uygun hat takviyeleri yoluyla muhtemel bir rahatlama olur. Tıkanıklık, üretim kaynaklarını farklı lokasyonlara tahsis etmek ve farklı sayıda satır eklemek gibi üç senaryoda araştırılmıştır [14].

Son yıllarda sağlam modelleme, modelleme konusundaki belirsizlik de dahil olmak üzere bu üstün özelliklerden dolayı ivme kazandı. Sağlam doğrusal optimizasyonun temel fikri belirsizlikler belirli bir aralıkta olduğunda en uygun ve sağlam çözümü bulmaktır. Bu yaklaşım, çok sayıda belirsizlik senaryosu yaratmaya gerek kalmadan bir çözüm elde etmek için uygulanması kolay bir yöntemdir [6]. Ruiz çalışmasında, elektrik enerjisi sistemindeki belirsizlik altındaki iletim genişleme planı sorunu ele alındı. Gelecekteki talep artışı ve elektrik enerjisi sistemi içindeki farklı bölgeler için farklı imalat imkânı türleri de dahil olmak üzere, farklı belirsizlik kaynakları göz önüne alındı. Sağlam bir optimizasyon modeli, belirsizlik içindeki belirsiz parametrelerin en kötü halde olmasına neden olarak, sistemin toplam maliyetini en aza indiren yatırım kararları üretmek için kullanılır. Önerilen formülasyon üç seviyeli bir optimizasyon probleminde ortaya çıkmaktadır, burada karışık tamsayı daha düşük seviye problemi KKT optimalite koşullarıyla değiştirilebilir. Ortaya çıkan karışık tamsayı çift düzeyli model kesme düzlemi algoritması [15] kullanılarak ayrıştırma ile verimli bir şekilde çözülmüştür. Lorena ve diğerleri [16] genetik algoritmayı kullanarak genelleştirilmiş atama problemi için bir çözüm üretmektedir. Charlin ve diğerleri [17] bu alandaki araştırmalar, genetik algoritmayı kullanarak bir çözüm üreten bir araştırmadır.

Makalenin geri kalan kısmının düzeni şöyledir: Bir sonraki bölümde, problem gösterimi ve matematiksel formülasyon vereceğiz. Sorunu çözmek için kullanılan bazı veriler de verildi. Sorunun sonucu ve tartışma bölümü Bölüm 4'te açıklanacaktır. Son bölüm sonuç ve gelecekteki çalışma hakkında konuşulacaktır.

III. PROBLEMİN TANIMLANMASI

TEP sorununun hedefleri çoğu zaman çakışmaktadır. Bu nedenle, aynı anda iyileşmek mümkün değildir. Bu durumda, problem çok amaçlı bir optimizasyon problemine dönüşür. Genel olarak, çözüm yöntemleri, matematiksel optimizasyon modeli ve meta-sezgisel yöntemler olarak sınıflandırılabilir. Doğrusal Programlama, Doğrusal Olmayan Programlama,

Karışık Tamsayı Programlama, Bender Ayırıştırma Algoritması, Dal Sınır Algoritması, Oyun Teorisi, Dinamik Programlama, bu alanda kullanılabilir matematiksel modelleme yöntemleridir. Meta-sezgisel yöntemler arasında Karınca Kolonisi Algoritması, Yapay Bağışıklık Sistemi, Yapay Sinir Ağları, Bulanık Sistemler, Genetik Algoritma, Tavlama Simülasyonu problemi çözmek için kullanılan yöntemler arasındadır. İletim genişleme çalışmalarında kullanılan temel matematiksel formülasyonlar: taşıma modelleri, hibrid modeller, DC güç akışı modelleri ve ayırıştırma modelleri [18].

Bu çalışmada, bu bölümde DC güç akışı modeli ile sistem matematiksel olarak modellenmiştir. Klasik güç akışı problemi, aktif ve reaktif güç akışından oluşur ve her düğüm başına dört değişken - voltaj açısı, voltaj büyüklüğü, aktif ve reaktif güç enjeksiyonları kullanılarak formüle edilebilir. Etkin güç kayıpları, aktif güç enjeksiyon kalıbı ve gerilim profiline bağlı olduğundan önceden bilinmemektedir. Diğer değişkenler de birbirine bağımlıdır ve bu da problemi doğrusal olmayan yapar. Bu nedenle genellikle doğrusal hale getirilir ve çözüm yinelenir. Kayıplar her iterasyonda diğer tüm değişkenlere dayalı olarak yeniden tahmin edilir.

Çoğu temel planlama çalışması için planlayıcı, voltaj problemleri ve muhtemel yakınsaklık zorlukları ile ilgili herhangi bir kaygıyı önlediğinden, DCLF (Doğrusal Akım Güç Akışı Modeli) denklemlerini kullanmak normal bir uygulamadır. Dahası, özellikle büyük ölçekli güç sistemleri için, çözüm süresi, ACLF (Alternatif Akım Güç Akışı Modeli) kullanılıyorsa, olağanüstü derecede yüksek olabilir. Son aşamada, normal ve acil durum koşullarında ACLF'nin kabul edilebilir bir gerilim profiline sahip olması için uygulanması gerektiği açıktır.

DCLF'de, AC sisteminin doğrusal olmayan modeli bu varsayımlar vasıtasıyla doğrusal bir şekle basitleştirilmiştir

- Hat dirençleri (etkin güç kayıpları) önemsizdir, yani $R \ll X$.
- Gerilim açı farkları küçük, yani $\sin(Q) = Q$ ve $\cos(Q) = 1$ olduğu varsayılır.
- Voltajlarının büyüklüğü birim başına 1.0'a ayarlanır (düz voltaj profili).
- Dokunma ayarları dikkate alınmaz.

Bu alanda kullanılacak matematiksel modelin formülasyonu şöyledir:

- C_{ij} : i - j hattına yapılacak hattın maliyeti
- S_{ij} : i - j hattının süseptansı
- n_{ij} : i - j hattına ilave edilecek hat sayısı
- n_{ij}^0 : i-j hattında var olan hat sayısı
- f_{ij} : i-j arası yük akışı
- f_{ij}^{\max} : i-j hattının kapasitesi
- S : İnsidans matrisi
- f : j istasyonu için f_{ij} ve θ_j içeren vektör
- g : her istasyonundaki üretimi içeren üretim vektörü

- d : her istasyonundaki talebi içeren talep vektörü
- g^{\max} : maksimum üretim kapasitesi
- n_{ij}^{\max} : maksimum hat kapasitesi
- γ : Bütün olası hatlar kümesi

$$\text{Min } \sum_{(i,j) \in \gamma} C_{ij} n_{ij} \quad (1)$$

s.t

$$S f + g = d \quad (2)$$

$$f_{ij} - s_{ij} (n_{ij}^0 + n_{ij}) (\theta_i - \theta_j) = 0 \quad (3)$$

$$|f_{ij}| \leq (n_{ij}^0 + n_{ij}) f_{ij}^{\max} \quad (4)$$

$$0 \leq g \leq g^{\max} \quad (5)$$

$$0 \leq n_{ij} \leq n_{ij}^{\max} \quad (6)$$

$$n_{ij} \text{ tamsayı; } \theta_j \text{ sınırsız} \quad (7)$$

$$(i,j) \in \gamma \quad (8)$$

Bu model, büyük ölçekli karışık tamsayı doğrusal olmayan bir modeldir. Talep sabit kabul edilmiştir. 2 nolu kısıt yükün korunmasına ilişkin Kirchhoff's Akım Kuralından kaynaklıdır. 3 nolu kısıt ise Ohm doğrusal akım kanunlarından kaynaklıdır. 4, 5 ve 6 nolu kısıt sırasıyla akış için kapasite kısıdı, üretim için kapasite kısıdı ve hat sayısı için kapasite kısıtıdır. Bu modelde talep deterministik olarak alınmıştır. İletim genişleme planlamasının, genel karmaşıklığın tek bir matematiksel programlama aracına dönüştürülemeyeceği son derece karmaşık, çok amaçlı bir karar verme görevi olduğu vurgulanmalıdır. Bununla birlikte, böyle bir araç, karar vericiye en uygun kararları vermede en değerli bilgiyi sağlar. Her durumda, bir dizi fiziksel ve muhtemelen bütçe kısıtlamaları sağlanmalıdır. Bu kısıtlama kümesi, diğerlerinin yanı sıra, yatırım ve işletme değişkenleri üzerindeki dinamik kısıtlamaların yanı sıra doğrusal olmayan ve non-konveks statik iletim kısıtlamalarını da içerir.

Üretim, talep ya da her ikisi birden bilinmiyorsa, sorun daha da karmaşık hale gelir. Bir sonraki bölümde, üretim ve tüketimdeki belirsizlikler dikkate alınarak meta-sezgisel yöntemle problem çözülecektir.

IV. ÖRNEK PROBLEM

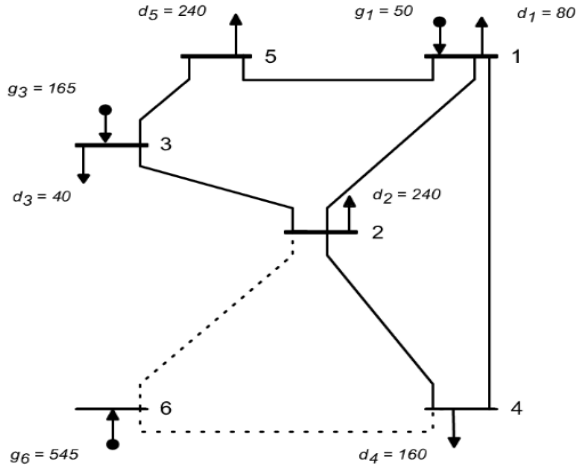
Bu bölümde, Garver tarafından oluşturulan ve bu alanda kullanılan temel örnek problemlerden biri olan Garver - 6 istasyonlu probleminin şematik bölümü kullanılmıştır [19]. Bu problem, 5 istasyonlu iletim hattına 6. yeni istasyonun eklenmesi için oluşturuldu. Garver'in ilk 6-istasyon sistemi Şekil 1'de gösterilmiş ve istasyonlar arasındaki mesafeler Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de aday hatlarının mesafeleri kırmızı renkte gösterilmiştir.

TABLE VIII
GARVER 6 İSTASYON UZAKLIK MATRİSİ

	1	2	3	4	5	6
1	-	40	38	60	20	68
2	40	-	20	40	31	30
3	38	20	-	59	20	48

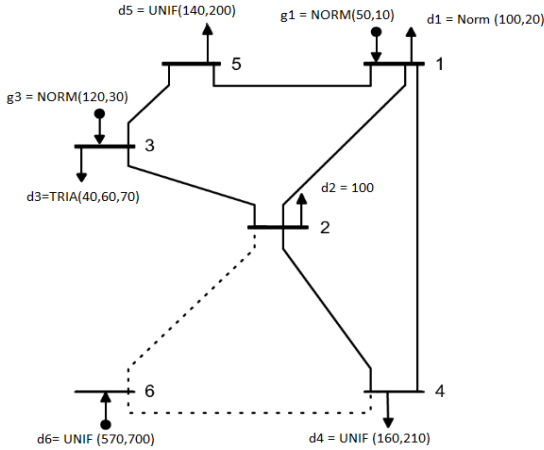
4	60	40	59	-	63	30
5	20	31	20	63	-	61
6	68	30	48	30	61	-

Garver'in üretim ve tüketim seviyeleri sabit olarak kabul edilir. Örneğin, istasyon 1'deki üretim 50MW, tüketim 80MW olarak gösterilir.



Şekil 1 Garver 6 İstasyon Probleminin Klasik Hali

Garver 6 istasyon örneği, üretim ve tüketimin stokastik olduğu ve Şekil 2'de gösterildiği durumlarda yeniden yapılandırılmıştır. Hat kapasitesi, hat inşaat maliyeti, keskinlik ve reaktans gibi diğer veriler klasik örnek ile aynıdır. İstasyon 1'in üretimi ortalama olarak 50MW ve standart sapma 10 ile stokastik kabul edilir. Ayrıca talep ortalama 100MW ve standart sapma 20 ile dağıtılır. Düğüm 2 üretimi 200MW sabit olarak kabul edilir. Düğüm 6, ana üretim istasyonunun 570 ile 700 arasında dağılmış olmasıdır.



Şekil 2 Garver 6 İstasyon Probleminin Geliştirilmiş Hali

Bu problem simülasyon modeli ve genetik algoritma (GA) ile çözülmüştür. Önce, MATLAB 7.0 programını kullanarak genetik algoritma kodu oluşturuldu. Önerilen genetik algoritmanın temel özellikleri şunlardır: 1) Test edilen uygunsuz bireylerin değerlerini dikkate alan bir fitness fonksiyonu kullanır. 2) Hollanda tarafından önerilen genetik

algoritmadan farklıdır, çünkü her yinelemede yalnızca bir kişinin yeri değişir; ve 3) test edilen her bir kişiye etkili bir yerel iyileştirme stratejisi uygulanır. Ardından, Genetik algoritma ile elde edilen çözüm, Arena 14 programının ilk çözümü olarak kullanıldı ve Opt Quest programı kullanılarak optimizasyon yapıldı.

Belirsizlik altında geliştirilen problem için önerilen çözümde, her biri 100MW kapasiteli 2 ile 6 arasında 3 yeni hat, her biri 100MW kapasiteli 4 ile 6 arasında 3 hat, 3 ile 6 arasında 100 MW kapasiteli 1 yeni hat gerekiyor. Ayrıca, talep artışından ötürü eski hatların yanında kapasiteyi artırmak için yeni hatlar oluşturulmalıdır.

V. SONUÇ & GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, mevcut elektrik iletim özellikleri dikkate alındığında üretim ve tüketimin belirsiz olduğu durumlarda bir iletim genişleme planı geliştirilmiştir. Matematiksel model doğrusal olmayan karışık tam sayı modeli olduğu için, problem genetik algoritma ve simülasyon modelinin bir kombinasyonu kullanılarak çözülmüştür. Önerilen yöntem esnek yapısı nedeniyle gelişmektedir. Elektrik iletimi alanındaki diğer belirsizlikler modele dâhil edilecektir. Önerilen çözüm, erişim hızı ve esnekliği göz önünde bulundurulduğunda karar vericiler için bir karar destek sistemidir.

Gelecekte sistem olağanüstü koşullar dikkate alınarak N -1 durumu (Sistemdeki bütün elemanların tekli olarak, sırasıyla sistemden çıkarılması devre dışı bırakılması ile sistemin yükü sağladığının kontrolü) için yeniden çözülecektir ve sistemin kararlılığı test edilecektir.

Ancak gerçek güç sisteminde gerilim dalgalanmalarını önleyerek tüm voltajları sabit tutmak neredeyse imkânsızdır. Gerilim sapmalarına karşı çok hassastır ve sonuçları yorumlarken dikkatli olunmalıdır. Gerçek güç sistemindeki gerilimlerin gerçekçi örneği, mükemmel gerilim profili varsayımının en kritik gerilim olduğunu ve gerilim profilinin aktif güç tahmin hatasının en büyük kaynağı olduğunu göstermektedir. Tüm varsayımlardan mükemmel, düz gerilim profilinin en kritik olduğu görülüyor.

Açıklama:

Bu bildiri "Belirsizlikler Altında İletim Genişleme Planının Belirlenmesi" isimli FDK-2017-7221 proje kodlu proje kapsamında Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenmektedir.

REFERANSLAR

- [1] Lumbreras S, Ramos A. The new challenges to transmission expansion planning. Survey of recent practice and literature review. Electric Power System Research 2016;134:19-29.
- [2] Xiaotong L, Yimei L, Xiaoli Z, Ming Z. Generation and transmission expansion planning based on game theory in power engineering. Systems Engineering Procedia 2012;4:79-86.

- [3] Alqurashi A, Etemadi A. Khodaei A. Treatment of uncertainty for next generation power systems: State-of-the-art in stochastic optimization. *Electric Power Systems Research* 2016: 233-245.
- [4] U.S. Department of Energy: Quadrennial Technology Review 2015 Transmission and Distribution Components (2015)
- [5] Conejo, A.J., Baringo, L., Kazempour, S.J., Siddiqui, A.S.: *Investment in Electricity Generation and Transmission*, Springer, New York (2016)
- [6] Wen, J., Han, X., Li, J., Chen, Y., Yi, H., Lu, C. *Transmission Network Expansion Planning Considering Uncertainties in Loads and Renewable Energy Resources*. *IEEEExplore* 2015:1:78-85.
- [7] Reza H, Hooshmand R, Khodabakhshian A. State-of-the art of transmission expansion planning: Comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2013; 312-319.
- [8] Zhao J, Dong Z.Y, Lindsay P, Wong K.P. Flexible transmission expansion planning with uncertainties in an electricity market. *IEEE Transactions on Power Systems* 2009; 24: 479–88.
- [9] Hemmati, R., Hooshmand R., Khodabakhshian, A. State-of-the-art of transmission expansion planning: Comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2013: 23: 312-319
- [10] Ruiz C, Conejo A.J. Robust transmission expansion planning. *European Journal of Operational Research* 2015: 390-401.
- [11] Pineda, S., Morales, J.M., Boomsma, T.B. Impact of forecast errors on expansion planning of power systems with a renewables target. *IEEE Transactions on Power Systems* 2014: 1-8.
- [12] European Network of Transmission System Operators for Electricity. *Scenario Outlook and Adequacy Forecast 2014-2030*. ENTSO-E-A 2014: 1-141.
- [13] European Network of Transmission System Operators for Electricity. *10-Year Network Development Plan 2014-2030*. ENTSO-E-B 2014: 1-493.
- [14] Schroeder, A., Sander, A., Hankel, R., Laurisch, L.C. The integration of renewable energies into the German transmission grid — A scenario comparison. *Energy Policy* 2013; 61: 140-150.
- [15] Ruiz C., Conejo. A.J. Robust Transmission Expansion Planning. *European Journal Of Operational Research* 2015: 242: 390-401.
- [16] Lorena L.A., Narciso, M.G., Beasley, J.E. A Constructive Genetic Algorithm For The Generalised Assignment Problem. Available from: <<http://www.lac.inpe.br/~lorena/public.html>>.
- [17] Charlin D., Rudnick H., Araneda J.C. Transmission Expansion Under Uncertainty in the Chilean System Via Minmax Regret with GA. *IEEE Latin America Transactions* 2015: 3: 698-706.
- [18] Romero, R., Monticelli, A., Garcia, A., Haffner, S. Test systems and mathematical models for transmission network expansion planning. *IEEE Transactions on Power Systems* 2002:149: 27-36.
- [19] Garver L.L. Transmission Network Estimation Using Linear Programming. *IEEE Trans. Power Appar. Systems* 1970;89:1688-1697.

A new approach to gather different cloud solutions on a single platform

M.Yusuf Çetin*, Ufuk Cebeci⁺, Celil Kocabaş*

**Cevizli Mah. Tugay Yolu Cad. Ofisim İstanbul A Blok No:20 Kat:17 Maltepe / İstanbul*
yusuf.cetin@mbis.com.tr, celil.kocabas@mbis.com.tr

⁺*Department of Industrial Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*
cebeciu@itu.edu.tr

Abstract— Unlike existing cloud solutions, it is the development of an internet based portal application that integrates business intelligence and data mining capabilities that companies can integrate with all their business partners. The developed system can be used as a part of Industry 4.0 application or independently.

Keywords— Cloud solution, Internet of Things, Business Intelligence, System Integration, Industry 4.0

I. INTRODUCTION

IT solution providers are developing internet based applications to enable integration with their external counterparts. With the development of cloud technology, the solutions offered on the internet environment become unlimited. When examining existing solutions, there are some specialized applications such as CRM, B2B, SRM.

Moghaddam and Nof (2017) stated a collaborative control theory to provide a framework of the collaborative factory of the future.

Wollschlaeger et al. (2017) studied the impact of IoT and CPSs on industrial automation from an industry 4.0 perspective, used a survey of the current state of work on Ethernet time-sensitive networking (TSN), and shed light on the role of fifth-generation (5G) telecom networks in automation.

Preuveneers and Ilie-Zudor prepared a survey and analysed on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0.

The companies that use these portals have great advantages in terms of cost and in terms of efficiency if they are combined in a single platform. Thus, both companies that use these systems get solutions at a reasonable cost and very fast, as well as allowing IT companies to develop new solutions for all users in a cloud environment.

There are areas of expertise in such solutions. For example, human resources, procurement, financial management, task follower.

This process leads to different solutions which are independent from each other on the internet. Companies are also using many portals and mobile apps at the end of the day. Another portal for suppliers, another portal for customers, employees, customs brokers, and other portals for transporters.

If we think that the use of these ports is two-sided, there is actually an integration problem for the other side. For example, a company using a purchasing portal intends to build a portal

of all its suppliers. But the purchase of the firm means the sale of the other company. However, the CRM system used by the supplier company is not integrated with this portal.

These needs have been taken into account when developing the WEGA product. This product enables all business needs to be met on one platform and integration with other cloud solutions.

The portal environment to be developed will have the ability to collect data from company systems and devices. In this way, for example, the management of the transport operations with the data coming from the vehicles will be provided. Thus, WegaPort will include IoT functions.

WegaPort will be integrated with the SAP Leonardo IoT platform. The Portal application we will develop will have the advanced level of Industry 4.0 capabilities. This way, data collected via WegaPort will be processed by machine learning, big data or predictive analytics tools.

A. Functional Components of WegaPort

Our product will include the following modules in the first place :

- Customer / Dealer Portal
- Supplier Portal
- Service Portal
- Forwarder Portal
- Customs Broker Portal

B. Generic Components of WegaPort

While our product creates all this portal environment, it will also present some basic features to all users.

1) *Notification Management Module*: Indicators produced in the system will be conveyed to the relevant person as a notification.

2) *Instant Messaging*: Messaging between system users will be possible.

3) *Questionnaire Module*: Surveys to business partners such as customers, vendors, forwarder will be managed by this module to improve business processes.

4) *Audit Module*: Evaluating the interlocutors that the firm receives services in certain periods, loading and grading of

evaluation results into the system, functions like follow-up of the work list will be managed with this module.

5) *IoT Integration Module*: The data from the things will be transferred to the system via this module.

6) *Business Intelligence Reporting Module*: The data in the system can be converted into business intelligence reports that can be generated dynamically by the user.

7) *Work flow Management Module*: The workflow module will be used in flows where the need for approval is required. Users will be able to define their own workflows.

8) *Mobile Access Module*: IOS and Android-based mobile devices will be able to access and use the system.

9) *Security Module*: The security module will be used to provide information security in the collaborative environment created.

10) *SAP Leonardo Integration Module*: The data will be integrated with the SAP Leonardo solution for analysis and forecasting. This integration will be established through this.

SAP Leonardo is a technological platform developed by SAP AG, the world's leading business solution provider, that connects objects and business processes. The structure of the platform is shown in Fig. 1.

SAP AG, managed to connect the business processes We will integrate the WegaPort platform to the IOT world with SAP Leonardo Platform.

The basic functions of the Leonardo Foundation are as follows:

- Supports all message protocols required for object linking
- Enables management of devices by taking security protocols into account
- Supports other technologies required by the IOT world (Data Streaming, UI, Geo-mapping, Predictive Analytics etc.)

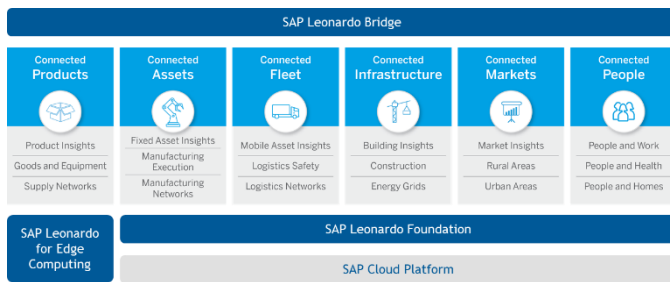


Fig. 1 SAP Leonardo

II. DETAILS OF THE PORTALS TO INCLUDE IN OUR PRODUCT

A. Customer Portal

Dealers, customers, sales staff will be able to create orders from users in the role. Tracking created orders includes the ability to track financial situations. The features of this module can be summarized as follows:

- Order Management Functions
- Credit and Risk Management Functions
- Delivery Tracking Functions
- Invoice Tracking Functions
- Business Intelligence Reports (Orders / Deliveries / Invoices / Financial Status)

The functions of the Customer Portal are detailed below:

1) Admin Functions

- User management
- Role-based authorization
- Site theme and ad area management
- System access log analysis
- Translation: The desired languages are entered into the dictionary to enable the system to work in other languages.
- SAP integration settings

2) Order Functions

- Product listing
- Order entry
- Create basket
- Copy order
- Create order from template
- Order list
- Order credit check
- Order payment
- Contract listing
- Creating orders from a contract
- Order confirmation

3) Delivery Functions

- Delivery list
- Delivery receipt confirmation

4) Billing Functions

- Invoice list
- Sales reports
- Payment: Direct payment to the concubine by credit card

5) Reporting

- Current status reports
- Extract
- Open document listing (all FI documents such as check, collateral, etc.)
- Listing of accredited documents

- Inventory report
- Price report
- Sales performance report
- Sales staff, affiliated dealer performance report

6) Notification Management (Announcement / Warning)

- Automatically send mail to the user
- Order confirmation workflow
- Send a SMS to user
- Customer complaint entry

7) Document Management

- View product documentation
- Display contract documents
- Display delivery related documents (Quality certificates)

8) Survey Management

- Defining the survey
- Periodic survey repetition
- Analysis of the survey results

B. Supplier Portal

The role of the dealer / customer / sales person in the role includes the ability to open orders, track orders, track financial situations. The features of this module can be summarized as follows:

- Order management functions
- Credit and risk management functions
- Delivery tracking functions
- Invoice tracking functions
- Business intelligence reporting

C. Service Portal

- Service request management
- Maintenance / service activity management
- Service costs follow

D. Forwarder Portal

- It aims to carry out the transactions of the companies or users involved in transportation operations.
- Freight forwarding planning functions
- Drivers' goods reception-transport-goods delivery functions
- Vehicle tracking functions

1) Shipping Service Process

The entry of loading request to the system: The upload request will be entered as a transport order in the system. Different methods will be used to create transport orders.

- Web service integration
- Mobile application
- Manually via Portal

Loading Requests Planning: The created loading requests will be optimized and transport documents will be created in the system.

Load-Driver Assignment: Load requests will be assigned to driver and license plate. The driver will then be able to see the load assigned to him in the mobile phone application.

Accepting The Load: The load will be accepted by the car driver with the mobile application. In the mobile phone, the work order related to the load request will be marked as received and the status in the system will be updated.

Delivery of The Load: Load will be recorded in the system by taking the photograph at the moment of delivery to the buyer. Coordinate information of the hand terminal will also be recorded in the system during freight delivery.

Vehicle Tracking: The collection of the data from the vehicles will be integrated with SAP Leonardo platform. The following functions will be realized on this platform :

- Vehicle location tracking
- Automatically calculating the arrival time of the load and informing the receiver
- Automatic alarm generation according to predefined warning points by the users according to the data taken from the vehicle

2) Portal Functions

The portal will be designed for manufacturers. This portal will have the following functions:

- Create goods order
- Automatic Load order creation service (for creating automatic load order for external systems)
- List or change load order
- Goods tracking system on the map
- Billing report (load associated)
- Status report
- Load handing photos display page
- Alert system: Send e-mail to interested parties after delivery.

3) Mobile Functions

With the Android-based application to be developed, drivers will perform the following functions:

- To behold assigned freight list
- Load acceptance
- Unloading approval
- Cargo delivery confirmation
- Taking and loading photos
- Signing the loading acceptance by pen on the device

E. Customs Broker Portal

It is aimed that the customs firms carry out the transactions related to the import / export processes .

- Customs files management function
- Import / export costs management function
- Document preparation function

III. CONCLUSIONS

The new WEGA product approach enables all business needs to be met on one platform and integration with other cloud solutions.

Our new approach will include the following modules in the first:

- Customer / Dealer Portal
- Supplier Portal
- Service Portal
- Forwarder Portal
- Customs Broker Portal

The developed approach is very useful for the companies which need integrated solutions such as CRM, SRM, B2B, etc. Our integrated application shows that it is feasible and can be used for the different type of organizations.

After using real data from different companies, the findings will help more customer driven solutions, as a further research.

REFERENCES

- [1] Moghaddam, M., & Nof, S. Y. (2017). The collaborative factory of the future. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 30(1), 23-43.
- [2] Wollschlaeger, M., Sauter, T., & Jasperneite, J. (2017). The future of industrial communication: Automation networks in the era of the internet of things and industry 4.0. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 11(1), 17-27.
- [3] Preuveneers, D., & Ilie-Zudor, E. (2017). The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9(3), 287-298.

Industry 4.0 maturity levels of Turkish SMEs in white goods manufacturing

Ezgi Türkyılmaz*, Ufuk Cebeci*^a

^{*}*Department of Industrial Engineering, Istanbul Technical University
{turkyilmaz, cebeci}@itu.edu.tr*

^a*Corresponding author*

Abstract— Industry 4.0 and Internet of Things have been becoming significant subjects in manufacturing sector. A survey which is based on Industry4.0 and Internet of Things was applied to the member companies of BEYSAD (white goods suppliers association). According to the study, one of purposes is measurement of factory maturity level and knowledge about Industry4.0. Another aim is analysis core competencies and inadequate areas of company. As a result of the survey, hypotheses were conducted and correlations were analysed by SPSS program. One of the results is the prior area of companies whose application level of lean manufacturing techniques is high, is assembly line for Industry4.0 transformation. The other result is the companies that have medium and high ratio of engineers to white collar have low application level of lean techniques. As previous instances, company investment amount for transformation, application level of lean techniques in factory, and automation level in assembly line, were analysed. After resulting hypotheses, further researches were stated as creating digital transformation map and analysing factories, conducting another survey, applying to same companies after a while, and examining results.

Keywords— Industry 4.0, White Goods Manufacturing, Lean Manufacturing, Statistical Analysis, Internet of Things

I. INTRODUCTION

Companies get major advances from technology, these improvements and gains are limited and isolated for efficiency of processes and quality of products. Therefore, being smart of manufacturing process becomes very popular for manufacturing companies. This innovation is implemented in horizontal level which includes all players in the value chain system and in vertical level that includes all layers of automation. Moreover, machines and products need minimum manual actions because of factories which are integrated with advanced and intelligent technology. For instance, these technologies are Internet of Things like M2M (Machine to Machine communication), Industrial Internet, Cloud-based Manufacturing and Smart Manufacturing which are the main concept of Industry 4.0. [1]

Industry 4.0 combines automated technology such as industrial technology with factory, service and products. That innovative way provides major chances for manufacturing with Information and Communication Technology (ICT) infrastructure. [2]

II. PURPOSE OF THE STUDY

One of the purposes is measurement of mentality and maturity level of Turkish companies in terms of Industry 4.0 and Internet of Things. Besides, the survey supports evaluation of the applications of Industry 4.0 and Internet of Things in production sector. The other purpose is evaluation of susceptibility of investment for Industry 4.0. Moreover, the study answers the question that measures whether companies have competence, capital or technology for digital transformation, according to correlation and analyses of the results by using SPSS (Statistical Package for Social Sciences).

F. Information about Companies

The research is carried out with firms that are in the list of BEYSAD (Beyaz Eşya Yan Sanayiciler Derneği - White Goods Suppliers Association). Manufacturing, marketing and distribution of white goods are the interests of the companies. In this study, the firms were analysed in terms of various topics such as company revenue, the number of total workers, the number of engineers, the number of white collar workers, application level of lean manufacturing techniques, and the number of Research and Development project.

III. ANALYSES OF HYPOTHESES

G. Hypothesis 1

Hypothesis 1: The prior area of companies whose application level of lean manufacturing techniques is high level, for Industry 4.0 transformation is assembly line (machine tools).

According to the Fourth Industrial Revolution, the factory will be fully automated and integrated technology. All production resources such as machines, sensors, conveyors, and robot will communicate with each other and share their information automatically among them. In addition to that, the factory with smart products, machine and sensors, can decide maintenance time for machines, control the production process, detect the defective products and manage the system. [3]

In the survey, lean manufacturing level is scaled 1 which means the companies have low level application to 5 means they have high level application of lean manufacturing techniques in their assembly line. Also, the question which measures the prior areas of Industry 4.0 transformation consists

of assembly line (machine tools) and customer and supplier part.

Before hypothesis is considered, the first inference is that mean of application level of lean manufacturing techniques is 3.0625 which denotes the companies in the survey have neither high nor low application level of lean manufacturing techniques as the result can be seen in Table I.

TABLE IX
STATISTICS BETWEEN APPLICATION LEVEL OF LEAN MANUFACTURING TECHNIQUES AND ASSEMBLY LINE BEFORE HYPOTHESIS 1

		Application level of lean manufacturing techniques	Assembly Line
N	Valid	32	32
	Missing	0	0
Mean		3.0625	1.0313
Median		3.0000	1.0000
Std. Deviation		1.10534	.17678
Variance		1.222	.031
Minimum		1.00	1.00
Maximum		5.00	2.00

Firstly, 4 and 5 levels are chosen as a high level application of lean manufacturing techniques in order to evaluate Hypothesis 1. Prior area of Industry 4.0 transformation of companies is checked whether it is assembly line or not by using SPSS program.

TABLE X
STATISTICS BETWEEN APPLICATION LEVEL OF LEAN MANUFACTURING TECHNIQUES AND ASSEMBLY LINE AFTER HYPOTHESIS 1

		Application level of lean manufacturing techniques	Assembly Line
N	Valid	10	10
	Missing	0	0
Mean		4.3000	1.0000
Median		4.0000	1.0000
Std. Deviation		.48305	.00000
Variance		.233	.000
Minimum		4.00	1.00
Maximum		5.00	1.00

As the Table II shows, the companies whose application of lean manufacturing techniques are high level which are one of the 4 and 5, consider prior area of Industry 4.0 transformation is assembly line instead of logistics, customer and supplier part. Moreover, mean of application level of lean manufacturing techniques is approximately 4.30 which is high level of lean manufacturing techniques. Therefore, this correlation is satisfactory.

H. Hypothesis 2

Hypothesis 2: The companies that completed Research and Development project last 3 years, tend to high investment on Industry 4.0 transformation.

Internet of things is a connection between regular devices which have the Internet of computing devices. These devices receive and transfer the data between stations or products. [4] Therefore, investment is significant issue for the transformation.

The number of completed research and development projects last 3 years is divided into 4 ranges. One of them is 0 which matched 1.00 in SPSS program. The other range is between 1 and 5 matched 2.00, between 6 and 10 matched 3.00 and over 11 projects matched 4.00 in SPSS. Moreover, investment on Industry 4.0 transformation is based on 4 ranges as well which are less than or equal to 1 Million TL matched 1.00 in SPSS, over 1 Million TL and less than or equal to 5 Million TL matched 2.00, over 5 Million TL and less than or equal to 10 Million TL matched 3.00, and over 10 Million TL matched 4.00 in SPSS.

TABLE XI
STATISTICS BETWEEN THE NUMBER OF R&D PROJECTS AND THE AMOUNT OF INVESTMENT FOR INDUSTRY 4.0

		Number of R&D Project	The amount of Investment for Industry 4.0
N	Valid	22	22
	Missing	0	0
Mean		2.4091	1.5909
Median		2.0000	1.0000
Std. Deviation		.79637	.79637
Variance		.634	.634
Minimum		2.00	1.00
Maximum		4.00	4.00

Although there is a positive correlation between those determinants, according to Table III, mean of the amount of investment for Industry 4.0 is 1.5909 means the companies invest between less than or equal to 1 Million TL and over 1

Million TL and less than or equal to 5 Million TL for R&D Projects which is not a high investment.

TABLE XII

STATISTICS OF THE AMOUNT OF INVESTMENT FOR INDUSTRY 4.0

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Less than or equal to 1 Million TL	12	54.5	54.5	54.5
1 - 5 Million TL (5 Million TL included)	8	36.4	36.4	90.9
5 - 10 Million TL (10 Million TL included)	1	4.5	4.5	95.5
More than 10 Million TL	1	4.5	4.5	100.0
Total	22	100.0	100.0	

As the results are shown in Table IV, 54.5 percentage of companies invest less than or equal to 1 Million TL for Industry 4.0 transformation which is not a high investment. This correlation is not satisfactory.

I. Hypothesis 3

Hypothesis 3: The companies that have medium and high ratio of engineers to white collar have high level of application of lean manufacturing techniques.

Lean manufacturing philosophy is reducing wastes in manufacturing processes, besides smart manufacturing runs lean concepts and ideology with new advanced technology such as the Industrial Internet of Things, Big Data analytics, and intelligent automation. The data is collected from the bottom, assembly line or production units and that data is transferred to the Cloud. [5] In this hypothesis, lean manufacturing level is tried to measure in terms of ratio of engineers to white collar.

Ratio of engineers to white collar is divided into 11 ranges in SPSS program. Between 0 and 10 is indicated 1.00, between 11 and 20 is indicated 2.00, between 21 and 30 is indicated 3.00, between 31 and 40 is indicated 4.00, between 41 and 50 is indicated 5.00, between 51 and 60 is indicated 6.00, between 61 and 70 is indicated 7.00, between 71 and 80 is indicated 8.00, between 81 and 90 is indicated 9.00, between 91 and 100 is indicated 10.00, and over 100 percentage is indicated 11.00 in SPSS. Moreover, level of application of lean manufacturing techniques is scaled 1 to 5 as can be informed from Hypothesis 1.

When the ratio of engineers to white collar was selected more than 30% means chose from 4.00 to 11.00 in SPSS. The percentage of the companies can be seen in terms of application level of lean manufacturing in Fig 1. Therefore, the companies who have medium and high ratio of engineer to white collar, apply medium level lean manufacturing techniques instead of high level that is stated in Hypothesis 3. Although the Pearson correlation is 0.220 before application of Hypothesis 3 and

when it is significant at the 0.05 level (2-tailed), this correlation is not satisfactory.

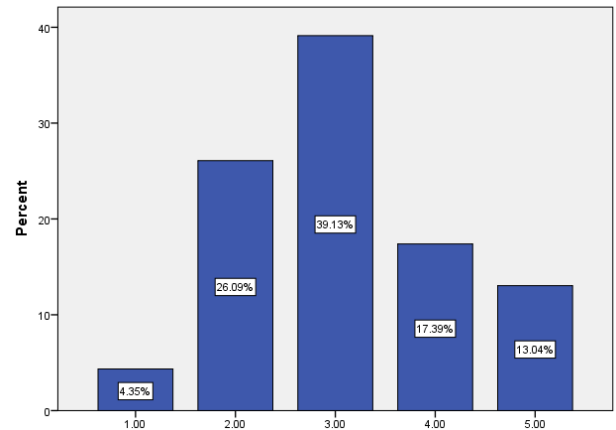


Fig. 1 The Percentage of Companies in terms of Application Level of Lean Manufacturing Techniques

J. Hypothesis 4

Hypothesis 4: The companies that have low ratio of white collar employees to total employees have low level of application of lean manufacturing techniques.

Ratio of white collar employees to total employees is divided into 10 ranges. Between 0 and 10 is denoted 1.00, between 11 and 20 is denoted 2.00, between 21 and 30 is denoted 3.00, between 31 and 40 is denoted 4.00, between 41 and 50 is denoted 5.00, between 51 and 60 is denoted 6.00, between 61 and 70 is denoted 7.00, between 71 and 80 is denoted 8.00, between 81 and 90 is denoted 9.00, between 91 and 100 is denoted 10.00 in SPSS. Moreover, level of application of lean manufacturing techniques is scaled 1 to 5 as can be informed from Hypothesis 1.

Distribution of ratio of white collar employees to total employees can be seen in Table V. Besides, 13 companies out of 28 have ratio of white collar in the firm in between 11 and 20.

TABLE XIII

DISTRIBUTION OF RATIO OF WHITE COLLAR EMPLOYEES

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
0-10	10	35.7	35.7	35.7
11-20	13	46.4	46.4	82.1
21-30	5	17.9	17.9	100.0
Total	28	100.0	100.0	

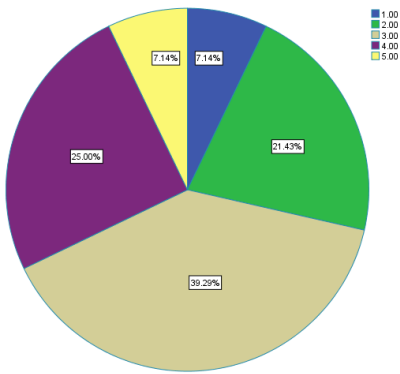


Fig. 2 Distribution of Application Level of Lean Manufacturing Techniques

In Fig. 2 above, whereas 1.00 and 2.00 can be called low level of application of lean manufacturing techniques, 3.00 is medium level and 4.00 and 5.00 can be interpreted as high level application. Therefore, the majority of companies have medium level of application of lean manufacturing techniques instead of low level of application of lean manufacturing among the companies which have low ratio of white collar to total employees. Although the Pearson correlation is 0.083 when it is significant at the 0.05 level (2-tailed), this correlation is not satisfactory.

K. Hypothesis 5

Hypothesis 5: The companies that have low ratio of engineers to total employees and have low revenue, invest less in Industry 4.0 transformation.

Internet of Things technology is commonly used in manufacturing processes through sensors and wireless technologies. Moreover, physical elements can communicate among them by using Internet of Things in manufacturing system which consists of work in progress (WIP), finished products, labour, and machines. Besides, they can collect the data about their performance for production scheduling. [6] In addition to information above, role of employees' knowledge is getting important for factories.

Consideration of the survey and SPSS program, ratio of engineers to total employees is divided into 10 ranges. Between 0 and 10 is indicated 1.00, between 11 and 20 is indicated 2.00, between 21 and 30 is indicated 3.00, between 31 and 40 is indicated 4.00, between 41 and 50 is indicated 5.00, between 51 and 60 is indicated 6.00, between 61 and 70 is indicated 7.00, between 71 and 80 is indicated 8.00, between 81 and 90 is indicated 9.00, between 91 and 100 is indicated 10.00 in SPSS. Moreover, the company revenue is categorized in 5 ranges that are less than or equal to 5 Million TL displayed 1.00, over 5 Million TL and less than or equal to 15 Million TL displayed 2.00, over 15 Million TL and less than or equal to 30 Million TL displayed 3.00, over 30 Million TL and less than or equal to 45 Million TL displayed 4.00 and over 45 Million TL displayed 5.00 in SPSS. Furthermore, the amount of investment for Industry 4.0 is divided into 4 ranges which can be informed from Hypothesis 2.

When the ratio of engineers to total employees is chosen just 1.00, 2.00, and 3.00 which are low level, and the company revenue is selected less than or equal to 5 Million TL and over

5 Million TL and less than or equal to 15 Million TL which are displayed 1.00 and 2.00 in SPSS, the result can be seen in Fig. 3 below. According to the Fig. 3, the companies that have low ratio of engineers and less company revenue, invest less in Industry 4.0 transformation. Owing to the correlation which is 0.203 before consideration of Hypothesis 5, this correlation is somewhat satisfactory.

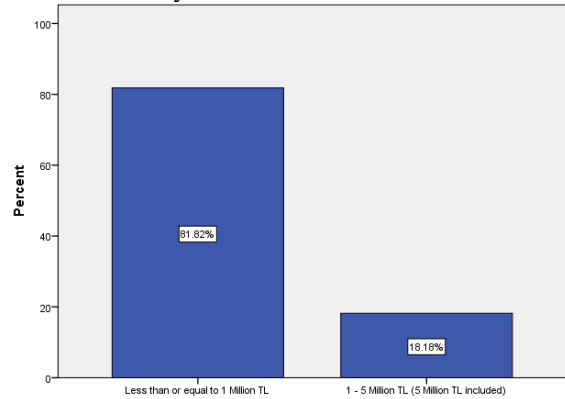


Fig. 3 Distribution of the amount of Investment for Industry 4.0 Transformation according to Engineers' Ratio and Revenue

L. Hypothesis 6

Hypothesis 6: The companies which have a plan of medium and high level of automation in assembly line next 3 years and have medium and high revenue, invest more in Industry 4.0 transformation.

Automation level that companies want to create in their assembly line is divided into 6 ranges. Between 0 and 20 is demonstrated 1.00, between 21 and 40 is demonstrated 2.00, between 41 and 60 is demonstrated 3.00, between 61 and 80 is demonstrated 4.00, between 81 and 100 is demonstrated 5.00 and between 101 and 120 is demonstrated 6.00 in SPSS. Moreover, the company revenue is categorized in 5 ranges that can get information from Hypothesis 5. As it was explained in Hypothesis 2, the amount of investment for Industry 4.0 is divided into 4 ranges.

When the level of automation in assembly line next 3 years is selected medium and high level which is between 21% and 100% in the survey and between 3.00 and 6.00 in SPSS, and the company revenue is selected over 15 Million TL and less than or equal to 30 Million TL, over 30 Million TL and less than or equal to 45 Million TL and over 45 Million TL that are displayed 3.00, 4.00 and 5.00 in SPSS. After that, analyse can be established as it can be shown in Fig. 4 below. The inference can be interpreted that 60% of companies who have medium and high automation level and revenue invest less for Industry 4.0 transformation. This correlation is not satisfactory.

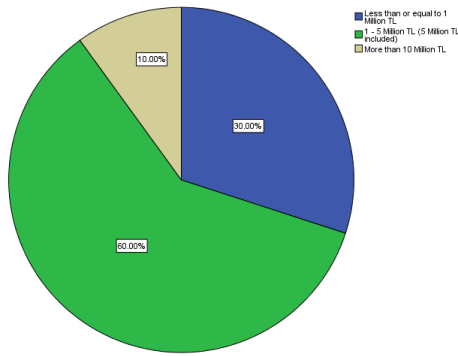


Fig. 4 Distribution of the amount of Investment for Industry 4.0 Transformation according to Revenue and Automation Level

M. Hypothesis 7

Hypothesis 7: The companies that is called Industry 4.0 as a transformation of factory being smart, have a plan of high level of automation in assembly line next 3 years.

Answers of what is the meaning of Industry 4.0 as a transformation according to companies includes “Doing more digital transformation projects” displayed 1.00, “Creating a smart factory” displayed 2.00, “Increasing materiality degree of information security” displayed 3.00, “Using more virtual reality technology” displayed 4.00, “Using more augmented reality technology” displayed 5.00, and “Using more robots” displayed 6.00 in SPSS program. Moreover, automation level that companies want to create in their assembly line is divided into 6 ranges that can be obtained information from Hypothesis 6.

When the answer of what is the meaning of Industry 4.0 as a transformation according to the companies was chosen “Creating a smart factory”, the analyse was established and shown in Fig. 5 below. While the Fig. 5 is examined, the companies which have an idea of Industry 4.0 transformation is “Creating a smart factory”, do not have a plan of high level automated assembly line next 3 years. Therefore, this correlation is not satisfactory.

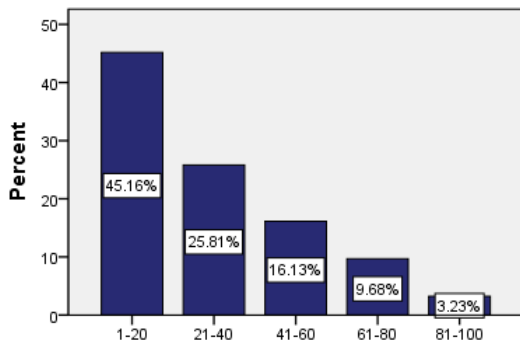


Fig. 5 Distribution of the Automation Level in Assembly Line according to Companies with Smart Factory Ideology

N. Hypothesis 8

Hypothesis 8: The companies that have medium and high ratio of engineers to white collar, invest more in Industry 4.0 transformation.

Consideration of the survey and SPSS program, ratio of engineers to white collar is divided into 11 ranges can be got more information from Hypothesis 3. Additionally, the amount of investment for Industry 4.0 transformation is divided into four ranges can be informed from Hypothesis 2.

In Table VI below, there is a negative correlation without any selection of factors between ratio of engineers to white collar employees and the amount of investment for Industry 4.0 transformation.

TABLE XIV

CORRELATION BETWEEN RATIO OF ENGINEERS TO WHITE COLLAR EMPLOYEES AND THE AMOUNT OF INVESTMENT FOR INDUSTRY 4.0 TRANSFORMATION

		Ratio of engineers to white collar	The amount of Investment for I40
Ratio of engineers to white collar	Pearson	1	-.203
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)		.265
	N	32	32
The amount of Investment for I40	Pearson	-.203	1
	Correlation		
	Sig. (2-tailed)	.265	
	N	32	32

When the ratio of engineers to white collar was selected more than 30% means medium and high level are chosen from 4.00 to 11.00 in SPSS. The majority of companies which invest in which amount of resource can be seen in Fig. 6. According to Fig. 6, the companies that have medium and high ratio of engineers to white collar, invest less in Industry 4.0 transformation. In addition to the correlation between two factors which is -0.203 before consideration of Hypothesis 8, this correlation is not satisfactory.

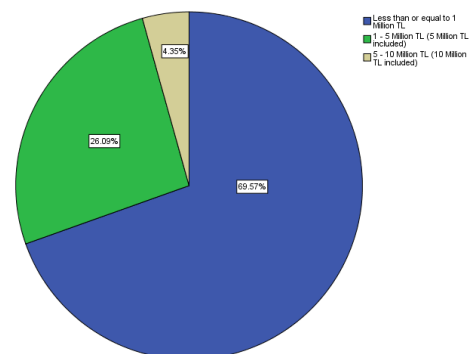


Fig. 6 Distribution of the Companies in terms of Investment for Industry 4.0 Transformation

IV. CONCLUSIONS

Industry 4.0 and its transformation are major issues in order to improve for companies. The companies who have a high level of techniques, prefer to invest in assembly line and machine tools in Industry 4.0 transformation firstly. Moreover, the ideology that is the number of projects affects investment for Industry 4.0, can be shown with Hypothesis 2. The hypothesis explains the companies which completed 1 Research and Development project last 3 years at least, tend to invest less on Industry 4.0 transformation. Furthermore, the ratio of engineers to white collar affects lean manufacturing techniques. Regarding Hypothesis 3, the majority of companies which have more than 30% of engineers to white collar, have medium level of application of lean manufacturing techniques instead of high level. Besides, majority of companies have low ratio of white collar employees to total employees has medium level of application of lean manufacturing techniques instead of low level due to Hypothesis 4. After selecting factors, 81.8% of all companies who have low ratio of engineers to total employees and low revenue, invest less than or equal to 1 Million TL because of Hypothesis 5. Moreover, medium and high automation level is more than 20% and medium and high company revenue more than 15 Million TL, the inference can be interpreted that 60% of companies who have medium and high automation level and revenue invest less for Industry 4.0 transformation due to Hypothesis 6. Also, 71% of the companies which consider Industry 4.0 as “Creating a smart factory”, have a low level of automation in assembly line next

3 years owing to Hypothesis 7. Moreover, the majority of companies 69.57% of them invest less than or equal to 1 Million TL, and 26.09% of them invest between 1 and 5 Million TL (5 Million TL included) invest less in Industry 4.0 transformation because of Hypothesis 8.

ACKNOWLEDGMENT

We kindly thank to Mr. Cebeci’s colleagues who provided information about their companies and to BEYSAD because it informed its members by e-mail about a survey that supports this study.

REFERENCES

- [1] Schumachera, A., Erol, S., & Sihna, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production*
- [2] Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use* .
- [3] Qina, J., Liua, Y., & Grosvenora, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production*.
- [4] Shariatzadeha, N., Lundholma, T., Lindberga, L., & Sivarda, G. (2016). Integration of digital factory with smart factory based on Internet of Things. *26th CIRP Design Conference*.
- [5] Zhang, D. (2016, January 21). <http://www.dataversity.net/>. DATAVERSITY: Retrieved from <http://www.dataversity.net/smart-factories-and-the-industrial-internet-of-things/>
- [6] Xu, Y., & Chen, M. (2016). Improving Just-in-Time manufacturing operations by using Internet of Things based solutions. 9th International Conference on Digital Enterprise Technology - DET 2016 – “Intelligent Manufacturing in the Knowledge Economy Era, 326-331.

Tekstil sektöründe yapay sinir ağının genetik algoritmayla eğitimi uygulaması

Eray Uzun*, Ayşenur Söner*, Yasemin Bulut*, Abdullah H. Kökçam⁺, Ümit Yılmaz[#]

*Endüstri Mühendisliği, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

eray.uzun26@gmail.com, aysenur.soner@yahoo.com.tr, yaseminbullut@gmail.com

⁺Endüstri Mühendisliği, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

akokcam@sakarya.edu.com.tr

[#]Bigadiç Meslek Yüksekokulu, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Türkiye

umityilmaz@balikesir.edu.tr

Özet— Yapay zekâ, makineler tarafından sergilenen zekâ türüdür. Endüstri 4.0 yapay zekâ özelliğini gerçekleştirmek için gömülü bilişim donanım ve yazılımlarından yararlanır. Farklı kaynaklardan gelen ve karışık biçimde depolanan Endüstri 4.0 çatisını oluşturan büyük veri yığınlarının analiz edilmesi, ayıklanması ve işlenmesi amacıyla özel yazılımlar kullanılır. Bu çalışmada 2010 yılında Ümit Yılmaz tarafından yapılan bir çalışma incelenmiş ve geliştirilmiştir. Çalışmada bir tekstil işletmesi pilot çalışma alanı olarak belirlenmiş, firmanın üretim süreçlerinde yapılan kalite çalışmalarında tespit edilen hataların üretim sürecinde tekrarlanmaması amacıyla farklı değişkenler belirlenerek hataların en aza indirilmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Oluşturulan veri setinin çok büyük olması verinin analiz edilmesi için yazılım kullanımını gerektirmiştir. Belirlenen değişkenler ile bir yapay sinir ağı oluşturularak girdi ve çıktı arasındaki performans kriterleri karşılaştırılmıştır. Yılmaz'ın çalışmalarına ek olarak yapılan çalışmalardan farklı olan büyük boyutlu problemlerin çözümü için lokal arama ile desteklenmiş Genetik Algoritma MATLAB programında kodlanarak yapay sinir ağları eğitilmiş ve performans kriterleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak genetik algoritma ile eğitilen yapay sinir ağının MSE oranları esinlenen tezdeki MSE oranlarından daha optimal olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler— Yapay Sinir Ağları, Genetik Algoritma, MATLAB

I. GİRİŞ

A. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), omurgalıların özellikle insanların temel davranışlarından olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler üretebilme, bir araya getirebilme ve keşfedebilme gibi kabiliyetlerden esinlenilmiş, herhangi bir destek almadan yapabilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Yani YSA'lar biyolojik sinir ağını örnek almış sistemlerdir. YSA'lar her ne kadar biyolojik sinir ağından esinlenmiş olsa da ister en gelişmiş ister en ilkeli olsun kesinlikle hiçbir biyolojik sinir ağıyla mukayese edilemez.

YSA'lar birden fazla yapay sinir hücresinin bir araya getirilmesiyle oluşmuştur ve bu sinir ağı hücreleri aynı anda birlikte çalışarak zorlu işlevleri yerine getirebilirler. Tüm bu işlemler sırasında yapay sinir ağı hücrelerinden birisi görevini yerine getiremezse bile ağ çalışmaya devam edebilir.

Verilerden elde edilen bilgiler YSA'nın tamamında tutulabilirler. Klasik programlamada olduğu gibi bilgiler veri tabanları ve ya dosyalarda dağınık olarak bulunabilir. Bilgiler değerler ile hesaplanan ağ bağlantı noktalarında tutulmaktadır. Bundan dolayıdır ki YSA'da bir sinir ağı hücresi işlev göremez hale gelirse sistem düzgün bir şekilde çalışmaya devam edebilir ve anlamlı bilginin yok olmasına izin vermez.

Hataya karşı hoşgörüyü sahiptirler. Daha önce söylemiş olduğumuz ağın bir hücresinin işlev göremez duruma gelmesi halinde dahi sistemin doğru bir şekilde çalışması onlara hataya karşı hoşgörülü yapar.

YSA'yı diğer en optimal noktayı arayan sistemlerden ayıran en önemli özelliği ve avantajı eğitilebilir olmasıdır. Bu konuyu bir sonraki başlıkta daha detaylı bir şekilde inceleyip elimizdeki veri setiyle de uygulamasını yaparak pekiştirmeyi ve bir literatür hazırlamayı amaçlıyoruz.

B. Yapay Sinir Ağının Eğitilmesi

İnsanoğlu dünya üzerinde var olduğundan beri sürekli ilk defa karşılaştığı problem veya durumlar karşısında hata yapar, öğrenir ve tekrar hata yapmamaya çalışır. Başka bir problemle karşılaştığında ise aynı süreç bu şekilde devam eder ve tecrübe kazanmaya başlar.

YSA'ların insanın sinir sisteminden esinlendiğini düşünürsek tamamen benzer olmasını beklemesek de bu durum onlar için de farklı değildir. Yapay sinir ağları insan zekası gibi örneklerle eğitilirler. Ağlar ne kadar çok örnekle eğitilirse problem üzerindeki teşhisi o kadar doğru olur.(1)

YSA'nın hataya karşı hoşgörülü olmasından dolayı ağın eğitimi makul bir hata oranı ile yapılır ve bu sistemin düzgün çalışmasına etki etmez. YSA'nın öğrenip öğrenmemesi durumu ise ağırlık matrisindeki değişim oranına bağlıdır.

Şunu unutmamak gerekir ki ağın öğrenmesi için girdi dediğimiz veri grubu verilir, çıktı grubu yani ağın öğrenme sonucu verilmez, ağın kendisinden beklenir. Burada ağa girdiğimiz değerler daha önceden ağda kullanmadığımız değerler olmak zorundadır.

Tam bu noktada eğitim ve test seti dediğimiz kavramlar ortaya çıkmaktadır. Genellikle var olan veri setinin %70-80 arasında değişen miktarının YSA sisteminin eğitilmesi için kullanılmaktadır. Sistem öğrendiğinde ise bu öğrenmeyi test

etmek amaçlı veri setimizden kalan %20-30 arasındaki veriyi de sistemi test etmek için kullanırız.

Yapay sinir ağları; son yıllarda ilgili alanlarda yapılan hemen her çalışmada yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır.

C. Genetik Algoritmalar

Genetik algoritma, reel döngüdeki doğal seleksiyon, gen dizilim ve yapılarını kopya eden bir sezgisel arama algoritmasıdır. Döngüler iterasyonlar ile tamamlanır ve her çaprazlama sonunda yeni güçlü bireyler oluşur. Bu bireyler bir sonraki iterasyona yani bir sonraki nesile aktarılır.

Genetik algoritma, temelinde bir araştırma metodudur. Doğada, doğal seleksiyon evresinden sonra, çevre koşullarına uyum sağlayan canlı, bir sonraki kuşağa sağlıklı genler aktarabilirler. Bir sonraki nesle gen aktarabilen canlı baskın özelliğe sahiptir. Bu özelliğe sahip olmayan canlılar ise yok olurlar. Doğal bir canlı ortamında, farklı nitelikler taşıyan birden fazla üye bulunabilir. Genetik havuz adı verilen bu ortama en iyi uyum sağlayan canlı(gen) baskın olup bir sonraki nesillere sağlıklı genler aktarabilirler. Diğerleri ise zamanla yok olurlar. Karmaşık problemlerin çözüm kümesini bulmak çoğu zaman zordur. Tesadüfi bir araştırma yöntemi ise epey zaman alır. Bu gibi durumlarda genetik algoritma problem çözümünde çözüme kısa zamanda ulaşabilir.

Günümüzde GA genellikle karmaşık ve çözüm kümesi çok büyük olan optimizasyon problemlerinde kullanılmaktadır. GA başlangıçta kurgulanan amaç fonksiyonunu dikkate alarak, önceden belirlenmiş bir değerin üzerine çıkamayan bireyleri eleyerek bir sonraki iterasyonda çözüm kümesine dahil etmez. Çözüm kümesine dahil olabilen güçlü bireyler ise en iyi çözüm kümesi elde edilinceye kadar elenmeye devam ederler. GA en güçlü bireyi, elitizm stratejisi ile bir sonraki kuşağa direkt dahil edebilir.

Yapay zekâ, insanın zekasını kullanarak gerçekleştirdiği davranışlarının bilgisayar, robot, makine vs. tarafından yapılmasıdır. Yapay zekâ bir nevi insan aklının kopya edilmesidir.

Yapay zekâ, insan zekasını kopya etmek için makinelere bilgisayar yardımı ile öğrenme kabiliyeti kazandırmayı amaçlamaktadır. Yapay zeka bu kabiliyet sayesinde, insanın düşünme sürecini, beynin çalışma prensibini modellemeye çalışır. Yapay zeka yöntemlerinde mihenk taşları şunlardır: yapay sinir ağları, bulanık mantık, uzman sistemler ve genetik algoritmalar. Beynin öğrenme sürecinde nöronlar ve nöronlar arası bağlantı önemlidir. Yapay sinir ağları, beynin bu nöron yapısının çok basit bir simülasyonudur. Bu şekilde kurulan bir ağ ile öğrenme gerçekleşmiş olur. Bulanık mantık kural tabanlı bir öğrenme modelidir. Bu modelde en önemli özellik değerlerin net ve kesin olmayışıdır. Günlük yaşamda da insanların ortaya koyduğu problem nitelikler kesin çizgilerle sınırlandırılmış değildir. Bulanık mantık bu belirsizliği, belirli hale getirmeye olanak tanır. Uzman sistemler da bulanık mantık gibi kural tabanlı sistemdir. Burada en önemli kural tecrübedir. Kurallar tecrübe ve ya uzman görüşü ile oluşturulur. Sonuçlar çıkarım ile değerlendirilir. Genetik algoritma ise optimal bir arama algoritmasıdır. Doğadaki doğal evrim sürecini kopya eder.

II. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Erdem ve Çakır yaptıkları çalışmada Doğrusal Olmayan Kısıtlı Programlama ile Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi başlığıyla YSA'nın eğitilme problemi ele almıştır. Çalışmada doğrusal olmayan optimizasyon metodu kullanılmıştır. Çalışma özellikle İleri beslemeli YSA'ların eğitilmesinde hiperbolik tanjant veya sigmoid fonksiyonlarının aktivasyon fonksiyonu olarak kullanıldığı bir doğrusal optimizasyon modelinin kurulabileceğini göstermeye odaklanmıştır. Sonuç olarak YSA'nın gerçek hayat problemini betimleyebilmesi ve eğitilebilmesinde hatanın geriye yayılımı yerine YSA'nın doğrusal olmayan optimizasyon modeli olarak çözümlenerek ağırlıkların bulunmasının iyi bir alternatif olabileceği görülmüştür. (1)

Yalçınöz ve diğ. 2002 yılında yaptıkları çalışmada, elektrik güç sisteminde yük tahmin analizi problemini ele almış ve Matlab da eğitilebilen YSA nasıl oluşturulduğuna odaklanmışlardır. Çalışmada yapay sinir ağları, hareketli ortalamalar analizi, theil değerlendirme yöntemi gibi metotlar kullanılmıştır. Sonuç olarak en uygun metodun yapay sinir ağı olduğu ortaya çıkmıştır. (2)

Emel ve diğ. 2002 yılında yaptıkları çalışmada Genetik algoritmanın her türlü alanda nasıl uygulanacağı problemini ele almışlardır. Genetik algoritmanın ne olduğu, bunların hangi problemlere hangi metotlarla çözüm getirileceği konusuna odaklanılmıştır. Sonuçta genetik algoritmaların literatürde üretim ve tasarım alanlarında oldukça yaygın uygulama alanı olduğu görülmüştür. (3)

Kaya ve diğ. 2005 yılında yaptıkları çalışmada yapay sinir ağları hangi tür kalite kontrol problemlerde kullanılır ve ne gibi fayda sağlar sorularına yanıt aramışlardır. Çalışmada genel olarak kalite kontrol prosesleri üzerinde durulmuştur ve sonuç olarak yapay sinir ağlarının, kalite kontrolde başarıyla uygulanabildiği, bununla birlikte doğruluk derecesinin yüksek olduğu, zaman kazandırdığı ve maliyeti minimize ettiği görülmüştür. (4)

Yavuz ve diğ. 2012 yılında yaptıkları çalışmada yapay sinir ağları ile hava sıcaklık tahmini yapmışlardır. Farklı normalizasyon teknikleri ile modelin ürettiği tahmin değerleri, gerçekleşmiş olan hava tahmini ile karşılaştırılmış, yöntemin uygulanması "Matlab 7.10" bilgisayar programının yapay sinir ağları modülü (Neural Network Toolbox) ile gerçekleştirilmiştir. MATLAB üzerinde kurulan birçok farklı geri yayılım (back propagation) modeli üzerinde yapılan çok sayıda denemeler sonucunda en elverişli model seçilmiştir. Çalışma sonucunda YSA'nın gerçek sonuçlara yakın değerler verdiği ortaya çıkmıştır. YSA veriler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri öğrenip genelleme yapabilmekte ve bu sayede daha önce hiç karşılaşmadığı sorulara kabul edilebilir bir hatayla cevap bulabilmektedirler. Bu özellikleri nedeniyle YSA, tahmin etmede etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır. (5)

Yüksek ve diğ. 2007 yılında yaptıkları çalışmada, geri yayımlı yapay sinir ağları modeli kullanarak, SO2 kirlilik seviyesi üzerindeki meteorolojik ve diğer kirlilik parametrelerin, kentsel bölgedeki etkisini incelemişlerdir. MATLAB üzerinde kurulan birçok farklı geri yayılım (back

propagation) modeli üzerinde yapılan çok sayıda denemeler sonucunda en elverişli model seçilmiştir. Kurulan model sonucunda hava kirliliği oranının bir gün sonraki değerleri tahmin edilmiştir. (6)

Adak ve diğ. 2016 yılında yaptıkları çalışmada İkili gaz karışımlarının başarılı bir şekilde sınıflandırılması için yapay sinir ağının eğitim aşaması genetik algoritma yardımıyla optimize edilmesi konusunu ele almışlardır. Çalışmada geri yayımlı yapay sinir ağları ile genetik algoritma karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak Yedi farklı senaryo ile tekrarlanan eğitim ve testler GA ile eğitilen YSA'ların BP ile eğitilen YSA'lara göre çok daha başarılı olduğu görülmüştür. Alınan bu başarılı sonuçlar solvent yapımında kullanılan bu tehlikeli gazların farklı ikili karışım oranlarının gaz sensörü ve YSA-Genetic kullanarak başarılı bir şekilde sınıflandırabileceğini ve tehlike düzeyi hakkında faydalı bilgi verebileceğini göstermiştir. (7)

Üstün ve diğ. 2009 yılında yaptıkları çalışmada İleri beslemeli bir sinir ağının eğitiminde kullanılan geri yayımlı öğrenme algoritmasındaki öğrenme parametrelerinin genetik algoritma kullanılarak belirlenmesi konusunu ele almışlardır. Çalışmada ortaya konulan genetik tabanlı yaklaşımın geleneksel yaklaşıma göre fonksiyonlara yaklaşımda çok daha yüksek bir performans sağladığını göstermiştir. Öğrenme parametrelerinin deneme yanılma yoluyla belirlenmesi yerine genetik tabanlı algoritmalarla belirlenmesi geliştirilecek sinir ağlarının daha etkin olmasını sağlayacağı sonucuna varılmıştır. (8)

Elveren 2009 yılında yaptığı çalışmada, tüberküloz hastalığının teşhis edilmesi için yapay sinir ağlarının genetik algoritmalarla eğitilmesi problemi incelemiştir. Kullanılan genetik algoritmanın ağın eğitimindeki etkinliği hastalık teşhisinde başarılı olabildiği görülmüştür. Ayrıca yapılan çalışmada genetik algoritmanın diğer algoritmalarla göre daha etkin olduğu görülmüştür. (9)

Meriç 2010 yılında yaptığı çalışmada veri Madenciliği ile müşteri değerlendirme problemi ele almıştır. Çalışmada YSA, Matlab ta eğitilmiştir. Sonuç olarak müşteri değerlendirme YSA ve Genetik Algoritma ile büyük oranda sağlanmıştır. (10)

III. UYGULAMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada bir tekstil firmasına ait veriler kullanılarak bir YSA modeli geliştirilmiştir. Girdi olarak modele verdiğimiz vardiya tipi, işletme nemi, işletme sıcaklığı, dış sıcaklık, makine tipi, tezgah hızı, dokumacı yaşı, renk tipi, yüzey tipi, ip tipi, üretim miktarı, ebat tipi, en sayısı, gramaj, atkı sayısı, hav oranı ile çıktı olarak karşılaştığımız hatalı atkı sayısı arasındaki ilişkiyi görmek için YSA sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan YSA GA ile eğitilmiş ve bu YSA'nın performansı 2010 yılında Ümit Yılmaz (11) tarafından yapılan yüksek lisans çalışmasında YSA'yı eğittiği yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın amacı kalite kontrol süreçlerinde ortaya çıkan hataların üretim sürecinde minimize edilmesidir. Gereğesi ise daha önce literatürde tekstil sektöründe yapay sinir ağlarının genetik algoritmalarla eğitilmemiş olmasıdır.

Sayın Ümit Yılmaz'ın 2008 yılında yüksek lisans tezinden esinlendiğimiz çalışmamızın konusu YSA'nın genetik

algoritmayla eğitilmesi neticesinde sistemin performansını Yılmaz'ın YSA'nın eğittiği metotlarla kıyaslamaktır.

Yılmaz bir tekstil firmasından topladığı verileri derleyerek şu işlemleri yapmıştır;

- Adımsal regresyondan elde ettiği denklemi GAMS programında incelemiştir,

YSA'nı kurduktan sonra'da ağı eğitmek için alttaki yöntemleri kullanmıştır;

- Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Algoritması
- Momentumlu Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları
- Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

- Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

GAMS'dan ve yukarıda belirtilen YSA öğrenme yöntemlerinin her birinden bir performans değeri elde edilmiştir.

Çalışmanın konusu yukarıdaki maddelerde yer alan yöntemlerle çalışılan genetik algoritmayla eğitilen YSA'nın performansını karşılaştırarak hangi yöntemin daha iyi olduğuna dair bir referansın olmasıdır.

Yılmaz bir tekstil firmasında elde ettiği verilerle girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapay sinir ağlarıyla analiz etmiştir. Yılmaz tarafından oluşturulan yapay sinir ağı geri yayımlı ve 3 katmanlıdır. Girdi katmanında 16 girdi, ara katmanda nöron sayısı 1 ile 15 arasında değişmekte ve çıktı katmanında tek çıktı bulunmaktadır. Yapay sinir ağı Matlab'in "Neural Network" araç setinden faydalanılmıştır. Çalışmada kullanılan OKH Denklem 1'de verildiği gibi hesaplanmıştır.

$$OKH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{tahmin}(i) - x_{gercek}(i))^2 \quad (1)$$

Tablo 1'de Yılmaz'ın YSA'yı eğitmiş olduğu algoritmaları ve değerlendirme kriteri olan OKH oranını görebilirsiniz. Aşağıdaki OKH oranlarında 1 ile 15 arasındaki en iyi OKH oranını veren nöron sayıları verilmiştir.

TABLO 1
YILMAZ'IN TEZİNDE BULDUĞU OKH DEĞERLERİ

	ED	MED	UÖOED	MUÖOED	LM
Nöron Sayıları	11	11	10	5	14
OKH	0.0221	0.0226	0.0203	0.0199	0.0072

ED: Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

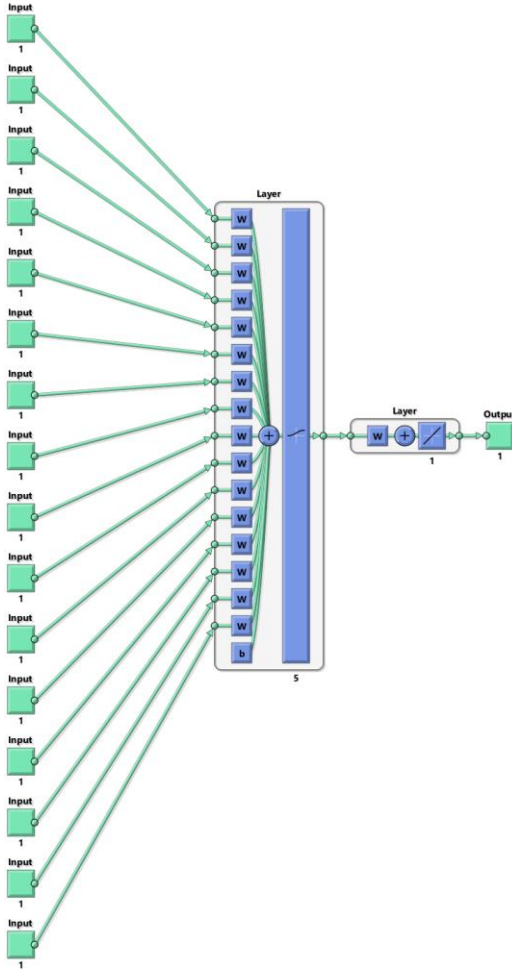
MED: Momentumlu Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

UÖOED: Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

MUÖOED: Momentumlu ve Uyarlanabilir Öğrenme Oranlı Eğitim Düşme Geri Yayılım Öğrenme Ağları

LM: Levenberg Marquardt Öğrenme Ağları

Oluşturduğumuz yapay sinir ağı ise ileri beslemeli olup 3 katmandan oluşmaktadır. Girdi katmanında 16 adet girdi, ara katmanda 1 ile 15 adet arasında değişen nöron sayısı ve çıktı katmanında tek çıktı bulunmaktadır. Şekil 1’de kullanılan YSA yapısı verilmiştir. Her nesil 200 bireyden oluşmaktadır. Genetik algoritma parametrelerinden sadece fonksiyonun tolerans değeri $1e-8$ olarak değiştirilmiş. Geriye kalan genetik algoritma parametreleri aynen bırakılmıştır.



Şekil 1 Kullanılan YSA'nın yapısı

TABLO 2
GA İLE EĞİTİLEN YSA'NIN MSE ORANLARI

Nöron Sayısı	OKH
1	0,004678
2	0,005604
3	0,004683
4	0,005282
5	0,004715
6	0,004752
7	0,004657
8	0,005413
9	0,005131
10	0,004936

Genetik algoritmayla eğitilen ağın öğrenme oranları görmek amacıyla OKH değerlerini Tablo 2’de incelediğimizde, elde edilen sonuçların Matlab programında yapay sinir ağı modülündeki hazır algoritmalarla göre daha iyi sonuçlar verdiğini görebiliriz. Yılmaz çalışmasında en iyi OKH değerini 0,0072 ile Levenberg Marquardt öğrenme ağlarını kullanarak elde etmiştir. Bu çalışma ile OKH değeri 7 nöronla 0,004657 değerine kadar düşürülmüştür. Ayrıca nöron sayısındaki değişimin sonuçları etkilediği fakat nöron sayısının fazla veya az olmasının doğrusal bir iyileşme sağlamadığı tespit edilmiştir.

Genetik algoritmanın YSA'nın eğitiminde kullanılmasının veri boyutuna bağlı olarak uzun sürelere ihtiyaç duyması bir dezavantaj olarak değerlendirilse de ED, MED, UÖOED, MUÖOED ve LM öğrenme yöntemlerinden daha iyi sonuçların bulunabilmesine imkân tanıdığı gösterilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı gerçekleştirmemiz için gerekli olan verileri bizimle paylaşan End. Yük. Müh. Ümit Yılmaz'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Doğrusal Olmayan Kısıtlı Programlama ile Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi. Erdem, Sabri ve Çakır, Şen. İzmir : DEU Bilişim Servisleri.
- [2] YSA ile Niğde Bölgesinin Elektrik Yük Tahmini. Yalçınöz, Tankut, Herdem, Saadetdin ve Eminoğlu, Ulaş. Niğde : TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, 2002.
- [3] Genetik Algoritmalar Ve Uygulama Alanları. Emel, Gül Gökay ve Taşkın, Çağatan. 1, Bursa : Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2002, Cilt 21. 129-152.
- [4] Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı. Kaya, İhsan, Oktay, Selda ve Engin, Orhan. 1-2, Kayseri : Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2005, Cilt 21. 92-107.
- [5] İstatistiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağın Performansına Etkisi. Yavuz, Selahattin ve Deveci, Muhammet. Kayseri : Erciyes Üniversitesi İİBF Dergisi, 2012, Cilt 40.
- [6] Sivas İlinde Yapay Sinir Ağları İle Hava Kalitesi Modelinin Oluşturulması Üzerine Bir Uygulama. Yüksek, Ahmet Gürkan, et al. 1, Sivas : Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 2007, Cilt 8.
- [7] Genetik Algoritma Kullanan Yapay Sinir Ağları ile İkili Gaz Karışımlarının Sınıflandırılması. Adak, Fatih, Canpolat, Kadriye ve Yumuşak, Nejat. Antalya : 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, 2016.
- [8] Geri Yayılımlı Öğrenme Algoritmasındaki Öğrenme Parametrelerinin Genetik Algoritma İle Belirlenmesi. Üstün, Oğuz ve Yıldız, İlker. 2,

- Isparta : SDU İnternational Journal of Tecnologic Sciences, 2009, Cilt 1. 61-73.
- [9] Elveren, Erhan. Genetik Algoritmali Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tüberküloz Hastalığının Teşhisi. Sakarya : Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Ve Bilişim Mühendisliği, 2009.
- [10] Meriç, Osman Arda. Veri Madenciliği Aracı Olarak Genetik Algoritmalar İle Yapay Sinir Ağları ve Genetik Algoritma Yapay Sinir Ağı Melez Modelinin Müşteri Değerlendirilmesinde Kullanılması. İstanbul : İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, 2004.
- [12] Ü. Yılmaz, “Altı Sigma ve Yapay Sinir Ağlarının Tekstil Sektöründe Karşılaştırmalı Bir Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 2010. [Çevrimiçi]

Big data and energy - A review

Ömer Faruk Gürcan*, İbrahim Yazıcı*

* *Department of Industrial Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*
ofgurcan@itu.edu.tr, yaziciibrahim88@gmail.com

Abstract— With the development of technology, the amount of heterogeneous, structured or unstructured data gathered is increasing exponentially. Traditional database mechanisms have become inefficient in terms of storage, processing and analysis big data. Big Data has emerged as a significant area for both practitioners and researchers and it presents many opportunities to industries. One of the them is energy sector. The increase in the amount of data gathered in parallel with the increasing energy problem worldwide has made it necessary to use big data in the field of energy. The huge volumes of data now available in the energy sector present major data handling challenges. The rapid growth of Big Data is occurring just as saving energy has become a top priority for government and industry. This study reviews the Big Data and its applications, methods used for Big Data analysis and the main problems with Big Data in the field of energy management.

Keywords— big, data, energy, analysis, application

I. INTRODUCTION

Today world is dependent on fossil fuels to sustain living and meet future demands for development and growth. While development in the industrialized world is moderate, there are expectations for developing countries to adopt new ways of living. As scarce resources decrease in the future, many businesses will change, which in turn increases questions about energy and sustainable development. The compound effect of competition, resource scarcity and institutional pressure is forcing incentives for restructuring of energy systems. These developments will affect present and future strategies for investments within energy sector [1].

Big data is known as one of the most important fields of future information technology and is developing rapidly, driven by social media and the Internet of Things (IoT). The developments in big data infrastructure, analytics, and services transform organizations into data-driven organizations. Due to the big data's crucial importance, today's firms need to build capabilities to leverage big data to sustain competitiveness. According to IDC (2015), big data market will grow at a compound annual growth rate of 23.1% between the 2014-2019 period, with annual spending becomes \$48.6 billion in 2019 [2].

Developments in Information and Communication Technologies (ICTs), especially the emerging information technologies (big data analytics, cloud computing, and internet of things) are affecting energy sector processes from production to consumption [3]. Big Data's benefits in saving energy and increasing fuel efficiency (with attendant climate benefits) have become a priority for industries or governments. Fortunately, harnessing data has already yielded big energy gains, and considerably more are promised [4].

On the other hand, the penetration of sensor, wireless transmission and network communication technologies, cloud computing, and smart mobile devices, large amounts of data have been generated in almost every aspect of people lives [5]. The expansion of intelligent measurement devices, exponential growth of data leverages this transition and brings new tools for the development of different applications in energy systems [6].

In the field of energy, the big data such as energy consumption data generated by electronic sensors, smart metering devices, smart grid technologies, electricity supply, grid operations, and customer demands to be coordinated, analyzed, and effectively applied in proper areas with Big Data Analytics. These analytics provide sophisticated energy services [7; 8]. Such as energy big data collected by smart energy meters provides to analyze energy use, customize heating or cooling activities for savings and comfort, identify potential savings, provide energy cost estimates etc. [8].

Smart grids will make the world power systems more secure, reliable, efficient, flexible, and sustainable. Smart grids enable to manage electricity demand in a sustainable, reliable and economical way, by using advanced digital technologies. These grids aim to be successful in steady availability of power, energy sustainability, environment protection, prevention of critical failures, optimized operational expenses of power production and distribution, and reduced future capital expenses for thermal generators and transmission networks, and provide efficient usage of millions of alternative distributed energy resources and electric vehicles. Smart grids help to monitor and measure bi-directional flow of power and data, integrate information and communication networks. Intelligent algorithms are used and provide automated control over processes [9; 10]. According to the National Institute of Standards and Technology, potential applications of data accumulated from smart grids, will generate energy cost savings of up to \$2 trillion by 2030 [11].

The energy industry includes four main areas: the petroleum industry, the gas industry, the coal industry, and the electrical power industry. This paper is mainly interested in electrical power industry and big data usage and applications in this industry. The rest of paper continues big data and then energy big data. Later, technologies which generate or accumulate energy big data and used methods will be mentioned. Lastly some big data applications in energy management area will be given.

II. BIG DATA

Over the last decades, the volume of data worldwide has increased dramatically with the use of various digital devices that continuously generate massive amounts of structured,

semi-structured or unstructured data. Text, photo, audio, video, clickstream data, and sensor data are examples of unstructured data. This kind of data lacks the standardized structure required for efficient computing. Semi-structured data do not satisfy the specifications of the relational database, but can meet certain structural needs of applications. Extensible Business Reporting Language, developed to exchange financial data between organizations and government agencies is an example of semi-structured data. Lastly structured data is predefined and can be found in many kinds of traditional databases. These data are called big data collectively [12]. Nowadays a minimum of 1 terabyte is the threshold value for big data, the minimum size to qualify as big data is a technology development function [2].

Big data is defined as some dimensions which start with V letter. These are value, volume, variety, veracity and velocity. IBM defined veracity as a dimension, it means the unreliability and uncertainty latent in data sources. Uncertainty and unreliability originate due to latency, incompleteness, subjectivity, inaccuracy, inconsistency, and deception in data. Oracle defined value as an additional dimension of big data. Value refers to the worth of hidden insights inside big data. Variety related to the sources and types of data. Velocity related to the speed of incoming and outgoing data. SAS added two additional dimensions to big data: variability and complexity. Variability is related to the variation in data flow rates. Complexity is related to the number of data sources [2].

Big data is very different from processing within a traditional data warehouse. These differences are highlighted in Table 1.

TABLE 1.
BIG DATA AND TRADITIONAL DATA WAREHOUSE DIFFERENCE [13].

	Traditional data warehouse	Big data
Data format	Structured	Combination of structured and unstructured
Data types	Fixed format	Fixed format, audio, video, PDF, XML, JSON, Binary files + flexible formats
Data size	Typically terabytes	Petabytes and beyond
Storage	Relational data stores	Distributed file system
Operations	Known operations using SQL	Flexible queries using SQL + NoSQL
Repositories	Often fragmented multiple warehouses	Single repository using the concept of a data lake which is constantly gathering and adding data
Schema	Static	Unstructured data, nontransactional, dynamic schemas Metadata-driven design
Processing scalability	Scales vertically	Massively Parallel Processing capability

III. ENERGY BIG DATA

With the developments in technology data is accumulated in almost every industry area. Large amounts of data are rapidly accumulated in the energy sector with the application of sensors, wireless transmission, network communication, and cloud computing technologies. In the energy sector, large amounts of energy production and consumption data are generated and the energy systems are being digitized, with the increasing penetration of emerging information technologies and devices [3]. “You need data to make energy saving work” says Bennett Fisher [4].

Today, the energy sector has some challenges, such as in operational efficiency and cost control, renewable energy management, energy efficiency and environmental issues, system stability and reliability, as well as consumer engagement and service improvement. To come up with these challenges, energy big data analytics enable new opportunities by achieving smart energy management [14].

Data is accumulated from digitalized generator substations, transformer substations, and local distribution substations in an electric grid system. Information can be obtained in the form of service and maintenance reports from field crews about repairs, health sensor data from self-monitoring assets, data on end usage and power feed-in from smart meters, and high-resolution real-time data from GPS-synchronized phasor measurement units or intelligent protection and relay devices [15].

Energy big data has a high degree of variety. Generally, it can be seen as structured such as the energy consumption data; semi structured such as data exchanged between smart energy management platform and third-party data aggregators using XML, Web services, and unstructured data such as email or SMS notification about energy use, interactions of consumers on social media about their energy use. There are also some inter industry data such as electric vehicle-related data, and outside industry data such as weather data in the energy big data [5].

Infrastructure data comprises power transmission and distribution lines, and pipelines for oil, gas, or water; Stations can be considered a part of the infrastructure; Time-stamped and geo-tagged data; Weather data; Usage data and patterns; Behavioural patterns, ethical and social aspects become a major concern and stumbling block. Horizontal IT landscape data resources including data coming from sources such as CRM tools, accounting software, and historical data coming from ordinary business systems. External third-party data or open data sources are crucial for big data applications in energy industry, including macro-economic data, environment data (meteorological services, global weather models), geographic data, market data (trading information, spot and forward, business news), human activity (phone, web etc.), energy storage information, predictions based on Facebook, Twitter or some other social platforms, and information communities such as Open Energy Information [15].

Besides data is accumulated from digitalized storage and distribution stations, refineries, wells and filling stations have become data sources with the intelligent infrastructures of

integrated oil and gas companies. Down hole sensors from production areas generate real-time data including pressure, temperature, and vibration gauges, flow meters, acoustic and electromagnetic, circulation solids. Some other data is accumulated from sources such as vendors, tracking service crews, equipment and hydraulic fracturing, water usage; Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) data from pump and valve events, asset operating parameters, in bad condition alarms; geospatial data, unstructured reserves data, safety incident notes, and surveillance video streams [15].

According to reports, globally 800-million smart meters will be installed by 2020. Smart meters are used to monitor real time power consumptions data and communicate these data back to the utility. In order to monitor and schedule efficiently, data from the power grids need to be accumulated within short intervals. Today a smart meter reading every 15 minutes equates to 96 million reads per day for every 1 million meter substituted for one or fewer meter reading each month, results in a 3000-fold increase in data which is overwhelming with existing processing and storage techniques and systems. To take advantage of the data, it should be managed properly. Utility companies use these data to have a better understanding of customers' behaviors regarding consumption and pricing policies [16; 10].

Energy big data can be explained bid data Vs which is explained earlier. Volume; deployment of smart metering devices generates huge amounts of data. The electricity consumption data collected once in 15 min intervals by 1 million smart meters within one year will generate 2920 TB data. Velocity is related to the speed of energy big data collection, processing and analysis. For real-time decision-makings, the speed of data collection and processing ranges from sub-second to 5 or 15 min intervals in energy systems. Variety related to the sources and types of energy data. Such as various sensors generate different types of data. Smart grids generate data such as the current, voltage, phase angle, power (kW, kVA, kVAR), temperature, type of grid connectivity, and statistics on supply and demand. Value; energy big data is useless unless its value is explored and mined for supporting either the business decisions or customer services. For example, energy products and service providers better understand the energy consumption patterns of their consumers and thus develop more competitive marketing strategies while extracting value from energy data. For customers, the value typically translates to energy savings, operational efficiency, and improved visibility of their usage [3; 16].

IV. TECHNOLOGY

Future energy systems will be smart and integrated and include technologies currently under deployment such as smart grids, renewable sources, storage, and energy management and monitoring systems. Sensors and communications technologies enable data on energy demand, supply, system performance, and operations [7]. Smart meter, BAS, sensors and thermostats used through the entire processes of power generation,

transmission, distribution, substation and consumption are also collecting huge amount of data [14].

The big data in a smart grid is accumulated from various sources. SCADA analog systems are core of decision making in smart grid. Systems which with one sample per 2–4 s sampling rate, has been implemented in power grids recently. They are used in real-time monitoring and remote control over the power grid. They collect data from sensor nodes and perception devices of power grids. Also, they are beneficial in managing the power flow throughout the entire network which provide high reliability and demand-energy efficiency. SCADA systems generally are located on local computers at the utility companies' sites. The Phasor Measurement Units (PMUs) have faster scan rate (30–60 samples per second), and have capability to produce direct time-stamped voltage/current magnitudes as well as the phase angles. In addition to the PMUs, the advanced meter read (AMR) with 15-min read intervals is deployed to be replaced with the traditional once a month reading meters. The deployment of PMUs, AMR and other advanced measurement devices such as Intelligent Electronic Devices (IEDs), Digital Fault Recorder (DFR), Sequence of Event Recorder (SER), etc., have offered huge data volume in energy systems for storage, curation, mining, sharing and visualization [6; 10].

The integration of WSNs, smart meters, actuators, and other components of the power grid with information and communication technologies, is defined as Internet of Energy (IoE). IoE uses the bidirectional energy and data flow within the smart grid to obtain deep insights on energy usage and estimates future actions to increase energy efficiency and minimize costs [10].

V. METHODS

Many energy companies store huge amounts of data in the form of a relational database (such as SQL Server) and in the form of unstructured data, (such as text documents). This information includes data from IT infrastructure such as real-time data from different sensors and environmental monitoring. Energy companies should use new methods and technologies to analyze data such as Hadoop and NoSQL. Some big data platforms that can be used in the energy industry are IBM open source Info Sphere platform, Microsoft Upstream Reference Architecture (MURA platform), and Oracle Architecture Development Process [17].

Advanced computing technologies have capability to improve the reliability of electrical systems and its energy efficiency besides reducing costs to the consumer. Big data analytics helps large volumes of data generated using smart grid technologies, sensors, electricity supply, grid operations, and customer demands to be coordinated, analyzed, and effectively utilized. The aim of big data analytics is to obtain value information. Sophisticated methods, such as artificial intelligence, data mining, machine learning, and metaheuristic optimization algorithms, can be used to explore the energy consumption pattern, predict future consumption amounts, and minimize energy costs for customers [18]. Data mining is not

applied in power system recently; the technique has been used over the past few decades is primarily based on SQL database or even spreadsheets statistics. In the area of smart grid, it is truly demanding for new efficient and effective algorithms and tools to deal with large flow of data [6].

A typical statement in data analytics is that more data have the potential to lead to new insights and better business decisions. This is especially true when machine learning algorithms are used. These algorithms can learn better with more data. Such as variety of techniques have been used to predict electrical energy needs, including neural networks (NN), support vector machines (SVM), clustering models, decomposition models, autoregressive integrated moving average (ARIMA) models, gray prediction, and regression models [8].

Cloud computing is one of the most important innovations in today's information and communication technology because of its virtualized resources, parallel processing, security, and data service integration with scalable data storage. Its architecture helps it to perform large-scale and complex computing [18]. Cloud computing supports big data analytics. Cloud computing paradigm fits processing big data in smart grids. Hadoop MapReduce technique is the most frequently used technique to analyze large historical data. In MapReduce, the big data is divided into smaller data sets to process efficiently. The small data sets are then processed on a number of machines parallelly using the same code. Generally, MapReduce is used in smart grid for static applications for example weather forecasting, one-day ahead energy scheduling, and the other applications that do not require real-time response. However, when real-time applications are needed such as online monitoring, fraud detection, and self-healing, Hadoop MapReduce cannot be used efficiently. Stream processing is used as an ideal platform to process big data streams and sensor's data. It is designed to overcome big data in real-time with a highly scalable, available, and fault-tolerant structure. Stream processing offers great potential when it is applied for data analytics in smart grids [10].

The framework to deal with smart grid big data is shown in Figure 1. The framework includes the lifecycle of smart grid data from data generation to monitoring and forms a learn and response loop.

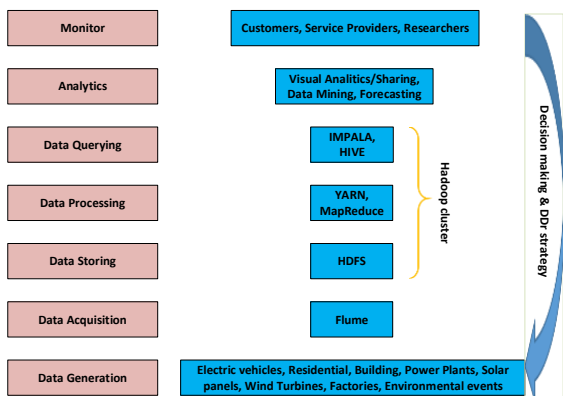


Fig 1. The framework to deal with smart grid big data [19]

Flowing data is generated from many smart meters in the smart grid, sampled every few minutes. The accumulated data may belong to a supplier site such as power plants, solar panels, and wind turbines or a demand site such as residential homes and factories. In data acquisition stage for a smart grid, data can be decomposed into three sub-tasks. These are called data collection, data transmission, and data pre-processing. After the smart grid data has been acquired, in data storing stage, Hadoop's HDFS overcomes storing the data for further stages. In the data processing stage, Hive and Impala are applied to read the smart grid data from a HDFS repository and select, analyze or generate needed data. For example, the consumption of electricity for a certain region or the aggregated power produced from wind farms can be gained. The data analytics stage has two main aims, to learn and to response. Data mining, forecasting and visual analytics can be used [19].

VI. BIG DATA APPLICATIONS IN ENERGY

In these section various big data applications in energy sector will be given. Specifically, Big Data Analytics can be used to:

- Develop models and simulations of the electrical grid and infrastructure to improve their resilience, reliability, technology adoption, and energy demand management.
- Predict power outages and equipment failures and, allowing utilities optimizing their maintenance budgets.
- Improve the operating efficiency of electrical distribution, generation, and transmission.
- Integrate renewable power sources more efficiently and effectively.
- Help employees, managers, and consumers to make better decisions, founded on data and empirical investigation, rather than on intuition or past-practice.
- Better target and tailor services to different customers [7].

[20] have a literature search on big data. Authors restricted studies to publication date ranging from 2006 to February 2016. They searched for the number of articles containing the term Big Data and one of the terms characterizing the usage, namely: healthcare or public health, public sector or government, marketing or retail, education, banking or finance, tourism or hospitality management, energy, earth, medicine, ecology, chemistry, agriculture. As it can be seen in Figure 2, the area earth has the highest score. It is predominant in relation to other application areas. Energy is in the second position.

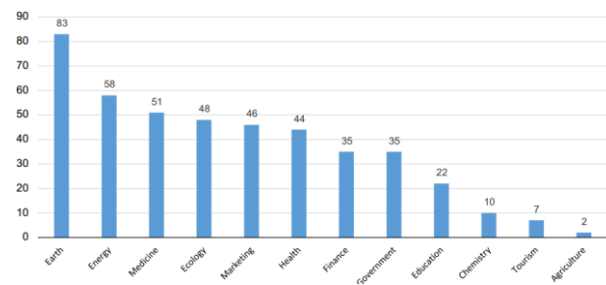


Fig 2. Number of papers describing applications of big data in different domains [20]

The global contribution from buildings related to energy consumption has rapidly increased to 20%–40% in developed countries, and more effective than the other major sectors including industrial and transportation. Proper modeling and predicting of building energy consumption enables better energy management and efficient applications, such as the propagation of early stage design decisions, the estimation of improvements to building energy performance, the optimization of building heating, ventilation and air-conditioning (HVAC) systems, and the urban energy infrastructure planning [21].

Machine learning applications in energy markets include identification of hidden usage patterns, optimizing thermostat controls and integration of electric vehicle charging points into an electricity grid [22]. Every second, GE's wind farms analyze 150,000 data points to optimize the delivery of 400 megawatts to the grid. If a turbine loses wind speed or wind direction, it asks what its neighbor is doing and replicates its action, improving availability and power output [4]. In the oil industry big data analytics have different cases, such as in upstream, midstream and downstream. In upstream big data analytics are used to store, to analyze seismic data, and to decrease crashes in production. However, midstream big data infrastructure is used to store conservation logs and to analyze transport data in real-time. In the oil and gas industry (downstream) big data technology has been employed to gas station automation optimization and to minimize financial risk. Big data techniques and data mining models could be used by energy companies for high frequency trading on financial and energy markets [17].

Shell attached optical fiber to down hole sensors generate huge amounts of data which is stored at a private section of the Amazon Web Services. Shell has collected 46 petabytes of data and according to first test, one oil well resulted in 1 petabyte of information. Knowing that shell wants to deploy those sensors to about 10,000 oil wells, it means about 10 Exabytes of data, or 10 days of all data being created on the Internet. Because of these big datasets, Shell started piloting with Hadoop in the Amazon Virtual Private Cloud [15].

Some applications areas of big data in operational efficiency are: Predictive and real-time analysis of disturbances in power systems and cost effective counter measures, operational capacity planning, monitoring, and control systems for energy supply and networks, dynamic pricing. Some examples of using big data to satisfy customer experience are: Continuous service improvement and product innovation, such as individualized tariff offerings based on detailed customer segmentation using smart meter data. Predictive lifecycle management of assets such as data from devices combined with enterprise resource planning and engineering data to offer services such as intelligent on-demand spare-parts logistics [15].

The traditional unidirectional electricity grid has been increasingly replaced by smart grid, which can be called as the next generation power grid. There are several projects of smart grid, such as the ENEL Telegestore project in Italy. It is regarded as the first attempt for smart grid construction in field. Following that, several other smart grid projects have been

implemented, including the Hydro One project in Canada, the InovGrid project in Portugal and the Modellstadt Mannheim (Moma) project in Germany [6].

[23] presents a system which is using different Machine Learning approaches to learn about the customers' consumption habits, generate collaborative recommendations and predict consumption that help the customers to consume better, which will in turn improve the demand curve. A complete infrastructure to improve the energy efficiency from the data generated by a smart environment has been proposed by authors. [21] proposed a methodology framework to predict the building energy use intensity on the urban scale by integrating GIS and Big Data technology. The study includes preprocessing, feature selection, and algorithm optimization. Based on 216 prepared features, a case study is presented on predicting the site energy use intensity of 3640 multi-family residential buildings in New York City. AutoGrid, founded in 2011, built software that can suck in large amounts of energy data, like data about the amount of electricity used in homes and buildings, data from smart devices on the grid like transformers and generators, and data about grid problems like outages. The company's algorithms can ingest and analyze the information and provide services to utilities and power companies, like sending automated predictions, optimizing the performance of grid devices, and charting energy usage trends [24]. The Vi-POC project which is a research project of Italian universities, developed in order to support renewable energy providers with an architecture for collecting, storing, analyzing, querying, and retrieving data coming from heterogeneous energy production plants such as photovoltaic, wind, geothermal, sterling engine, and running water distributed over a wide territory. Vi-POC features an innovative system for the real-time prediction of the energy production that integrates data comes from production plants and weather production services. In Vi-POC, a HBase storage system designed to store weather data and plant sensor data. Each plant periodically sends all the data collected by the installed sensors [25].

VII. CONCLUSION

Today's energy and utility firms face unfamiliar conditions in which they must integrate alternative energies, expand situational awareness across the system and deepen their relationships with customers, while continuing to do what they have always done-delivering reliable, safe and affordable energy to everyone. Organizations that want to expand their business are adopting analytics to increase agility and responsiveness, reduce operational costs and improve asset reliability. As smart grid and smart meters become crucial to the industry, they will likely start generating hundreds of terabytes of data every year or unstructured text data compiled from maintenance records and Twitter feeds. The accuracy, breadth and depth of these new data points present new opportunities for the utility companies that are prepared to take advantage of them. For utilities to compete in this new environment successfully and ensure safe, reliable, affordable

and sustainable energy, they will have to fundamentally transform their current business processes [26].

Managing and utilizing building energy usage data are important for the successful deployment of energy efficiency. Developments and innovations are important for a sustainable electricity system that includes smart grid technologies, renewable energy sources, and greater energy efficiency. With the potentials and problems associated with the proper integration and coordination of technologies and data, the management and understanding of the data coming from all these resources is crucial. Electrical systems are rather complex with an abruptly need of matching millions of demand requirements with supply. Big Data Analytics and advanced information technologies keep the promise of improved system reliability, greater energy efficiency, and lower costs for consumers. Big Data Analytics allow the huge amounts of data accumulated by electronic sensors, smart grid technologies, grid operations, electricity supply, and customer demands to be coordinated, analyzed, understood, and effectively usage [7].

As already stated, energy systems are complex dynamic systems, which are not sensitive to precise modelization. Energy data are often gathered from variety of sensors, which are not fully reliable. In such situation, techniques that can deal with uncertainty and imprecision in models and data seem like a sensible choice. Soft computing techniques in particular offer an effective solution for studying and modelling the stochastic behavior of renewable energy generation, operation of grid-connected renewable energy systems, and sustainable decision-making, inter alia. In fact, their tolerance of imprecision, uncertainty, partial truth, and approximation makes them useful alternatives to more conventional techniques [27].

To handle privacy issues in big data applications, security mechanisms and privacy schemes must be settled. First step has been taken by the European Commission regarding smart grids and smart metering. Data Protection Directive 95/46/EC which proposes a “Recommendation on the Data Protection Impact Assessment Template for smart grid and smart metering systems” enables guidelines on how to support the security of the implementation of smart grids and smart metering. The aim of this recommendation is to enable progress towards the full harmonized protection of personal data as well as to increase security in smart grids and metering throughout the European Union [27].

REFERENCES

- [1] Shahrokni, H., Levihn, F., & Brandt, N. (2014). Big meter data analysis of the energy efficiency potential in Stockholm's building stock. *Energy and Buildings*, 78, 153-164.
- [2] Lee, I. (2017). Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Business Horizons*, 60(3), 293-303.
- [3] Zhou, K., & Yang, S. (2016). Understanding household energy consumption behavior: The contribution of energy big data analytics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 810-819.
- [4] Big Data and Energy: A Clear Synergy, [Online]. Available: <http://knowledge.wharton.upenn.edu/article/the-big-data-and-energy-synergy/>.
- [5] Koseleva, N., & Ropaite, G. (2017). Big Data in Building Energy Efficiency: Understanding of Big Data and Main Challenges. *Procedia Engineering*, 172, 544-549.
- [6] Tu, C., He, X., Shuai, Z., & Jiang, F. (2017). Big data issues in smart grid—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1099-1107.
- [7] Schuelke-Leech, B. A., Barry, B., Muratori, M., & Yurkovich, B. J. (2015). Big Data issues and opportunities for electric utilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 937-947.
- [8] Grolinger, K., L'Heureux, A., Capretz, M. A., & Seewald, L. (2016). Energy forecasting for event venues: Big data and prediction accuracy. *Energy and Buildings*, 112, 222-233.
- [9] Diamantoulakis, P. D., Kapinas, V. M., & Karagiannidis, G. K. (2015). Big data analytics for dynamic energy management in smart grids. *Big Data Research*, 2(3), 94-101.
- [10] Jaradat, M., Jarrah, M., Bousselham, A., Jararweh, Y., & Al-Ayyoub, M. (2015). The internet of energy: Smart sensor networks and big data management for smart grid. *Procedia Computer Science*, 56, 592-597.
- [11] 5 ways Big Data can help rein in energy use, [Online]. Available: <https://www.greenbiz.com/article/big-data-energy-management-Siemens-MGM-Intel>.
- [12] Siddiqua, A., TargioHashem, I. A., Yaqoob, I., Marjani, M., Shams Shirband, S., Gani, A., & Nasaruddin, F. (2016). A Survey of Big Data Management: Taxonomy and State-of-the-Art. *Journal of Network and Computer Applications*.
- [13] Lopes, S., Palmer, K., & O'Sullivan, F. (2017). Big Data: A Practitioners Perspective. *Software Architecture for Big Data and the Cloud*, 167-179.
- [14] Zhou, K., Fu, C., & Yang, S. (2016). Big data driven smart energy management: From big data to big insights. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 215-225.
- [15] Rusitschka, S., & Curry, E. (2016). Big Data in the Energy and Transport Sectors. In *New Horizons for a Data-Driven Economy* (pp. 225-244). Springer International Publishing.
- [16] Phan, S. K., & Chen, C. (2017). BIG DATA AND MONITORING THE GRID. *The Power Grid: Smart, Secure, Green and Reliable*, 253.
- [17] Analytics and Big Data in the Energy Sector, [Online]. Available: <https://warsawinstitute.org/analytics-and-big-data-in-the-energy-sector/>.
- [18] Chou, J. S., Ngo, N. T., Chong, W. K., & Gibson Jr, G. E. (2016). Big data analytics and cloud computing for sustainable building energy efficiency. *Start-Up Creation: The Smart Eco-efficient Built Environment*, 397.
- [19] Munshi, A. A., & Yasser, A. R. M. (2017). Big data framework for analytics in smart grids. *Electric Power Systems Research*, 151, 369-380.
- [20] Akoka, J., Comyn-Wattiau, I., & Laoufi, N. (2017). Research on Big Data—A systematic mapping study. *Computer Standards & Interfaces*, 54, 105-115.
- [21] Ma, J., & Cheng, J. C. (2016). Estimation of the building energy use intensity in the urban scale by integrating GIS and big data technology. *Applied Energy*, 183, 182-192.
- [22] Big Data in Energy: big opportunities and big risks, [Online]. Available: <http://watt-logic.com/2017/03/29/big-data-in-energy/>.
- [23] Fernández, M. R., García, A. C., Alonso, I. G., & Casanova, E. Z. (2016). Using the Big Data generated by the Smart Home to improve energy efficiency management. *Energy Efficiency*, 9(1), 249-260.
- [24] There's Big Money In Energy Big Data, [Online]. Available: <http://fortune.com/2016/05/24/big-money-in-energy-big-data/>.
- [25] Bergamaschi, S., Carlini, E., Ceci, M., Furletti, B., Giannotti, F., Malerba, D., ... & Perego, R. (2016). Big data research in italy: a perspective. *Engineering*, 2(2), 163-170.
- [26] Big Data: The Future of Energy and Utilities, [Online]. Available: <https://www.rdmag.com/article/2015/10/big-data-future-energy-and-utilities>.
- [27] Molina-Solana, M., Ros, M., Ruiz, M. D., Gómez-Romero, J., & Martín-Bautista, M. J. (2017). Data science for building energy management: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 598-609.

Technological unemployment and Industry 4.0: A discussion

Tuba Ulusoy*, Esra Yaşar⁺, Mehmet Aktan*

^{*}Necmettin Erbakan University, Turkey

ulusoytuba@gmail.com, maktan@konya.edu.tr

⁺KTO Karatay University, Turkey

esrayasaarr@gmail.com

Abstract— Industry 4.0 is a concept that was firstly mentioned in Germany. Also, it is a new era that started by usage of new digital technologies and advanced robots in manufacturing. These technologies provide advantages such as flexibility, productivity and profitability to firms; on the other hand, there are some concerns about technological unemployment as a result of Industry 4.0. In this study, it is aimed to present opinions about the relationship between technological unemployment and Industry 4.0. A survey will be conducted to investigate the opinions of professionals from industries and academy in Turkey.

Keywords— Technological unemployment, Industry 4.0, Turkey, survey, manufacturing industry

I. INTRODUCTION

The introduction of water- and steam-powered mechanical manufacturing at the end of the 18th century started the first stage of Industrial Revolution. The starting point of the second stage was laying the foundations of electrically-powered mass production based on the division of labor at the beginning of the 20th century. At the 3rd stage of the Industrial Revolution that commenced in the 1970s, application of electronics and Information Technologies (IT) became widespread to increase the automation of manufacturing [1]. After the 3rd Industrial Revolution, Westerns countries needed new technologies to compete with eastern countries' low-labor cost, so that 4th Industrial Revolution arise in 2011 [2]. Nine basic technological developments are started to be used in manufacturing by the effect of Industry 4.0 [3].

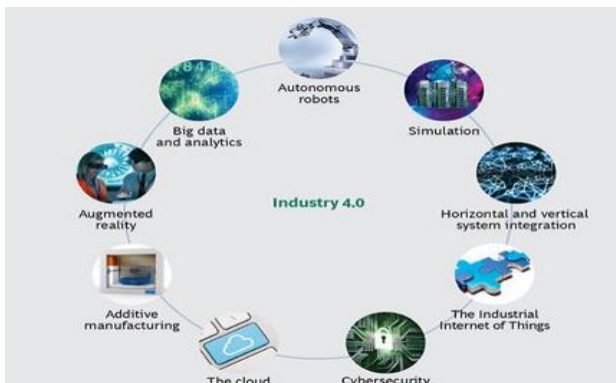


Fig.1. Industry 4.0 is the vision of the industrial production of the future [4]

Among the nine technological developments, the most important development is autonomous robots. During face-to-face human-robot interaction, robots often employ multimodal communication mechanisms similar to those used by humans, like speech production, speech recognition, gesture production, and gesture recognition. [5]. Robots are like humans and they can take people place. Developing technology has started to frighten people in some ways. Regarding this issue, some scientists and some executives, such as Bill Gates and Stephan Hawking, come up with an explanation. Bill Gates said "A few decades after that though the intelligence is strong enough to be a concern. I agree with Elon Musk and some others on this and don't understand why some people are not concerned." [6]. Stephan Hawking also said, "Humans, who are limited by slow biological evolution, couldn't compete, and would be superseded." . Elon Musk, chief executive of rocket-maker Space-X, thinks that robot technology is our biggest existential threat. [7].

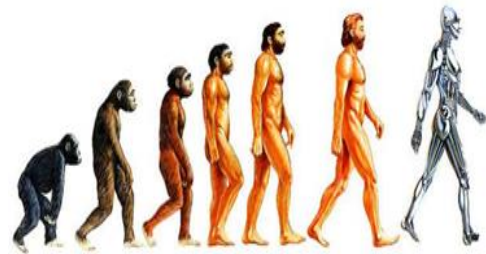


Fig.2. Robots are taking human place [8]

A. What is unemployment?

Unemployment is a social phenomenon. It occurs when the population of working-age wants to work, but cannot find a job [9]. Since this study is based on technological unemployment, we explain only involuntary unemployment. Involuntary unemployment is basically divided into six part.

- Temporary unemployment: Temporary unemployment is as paid employment relations other than those with unlimited duration, including fixed-term and subcontracted jobs, as well as work is done on projects, on call and through temporary-help agencies [10].

- Seasonal unemployment: Industries in which regular shifts in the demand for labor are present are called seasonal; others are called nonseasonal. Farming, construction, and tourism are seasonal; the industrial sector is nonseasonal [11].
- Structural unemployment: Since the structural characteristics and demand of the economy can change, it arises. Generally, it is seen in developing countries or less developed countries.
- Cyclical unemployment: It is the type of unemployment that arises due to fluctuations in the economy during the periods of depression and stagnation. [12]
- Concealed unemployment: There is no definite definition. If a person achieves less efficiency, despite he is working, we can say that there was concealed unemployment.
- Technological unemployment: It arises when machines started to do work that people do. It is based on the development of technology.

A significant part of the unemployment that is happening today is caused by technological unemployment [13]. The root cause of this situation is that development in the technology leaves the human behind. In this regard, Keynes made his famous warning in 1931. He said, "That we have discovered the tools to save workforce is outweighing speed to find new uses for it." [14]. In that time, it is not truth, but now correctness of it is argued.

B. What are the pros and cons of using robots in manufacturing?

Effectiveness of a robot is more than a person, because robots don't need to motivate and rest. They can even work in an environment without light. This situation makes factories started to use cyber-physical systems in their manufacturing process.

Robots are inventions that scientists continuously work on and are renewed with the technology that evolves day after day. Currently, there are robots that were developed via artificial intelligence. The greatest expectation of future is robots that are with cognitive artificial intelligence learned from their own experiences. Those robots have advantages and disadvantages given as follows:

Advantages:

- While some implementations cannot be tried on people because of its risks, they can be tried on robots.
- They can contribute to the economy of the country.
- They can work non-stop, not motivated and in dark environment
- They can be cost saving for firms.

Disadvantages:

- They can get corrupted unexpectedly, this can put the process into a difficult situation.
- They can cause environmental pollution.

- Technological unemployment may increase.
- They may get out of the control.

In a study by Oxford Martin School, workplaces which are under the threat of computerization of artificial intelligence and robotics were viewed. The result of this study shows that it was estimated that in the US, approximately 47% of current workplaces in 2010 are likely to be computerized within the next 10 to 20 years [15].

One of the most impressive and most controversial side of using robots in manufacturing is technological unemployment. When we searched social media and literature and analyzed the survey results, we encountered three foresight.

The first of them is Industry 4.0 will not cause unemployment that is called as technological unemployment. The second is Industry 4.0 will cause technological unemployment. The third is Industry 4.0 will cause temporary technological unemployment.

There are a lot of surveys about this subject. Because people have concerns about technological unemployment and worry about losing their jobs. According to these survey results, the general consensus of the executives is the third foresight.

Also, some companies search future jobs that is emerged by Industry 4.0 effect. When we examined studies about this subject, "industrial data scientists, data coordinator, IT/IoT solution architect, industrial computer engineer/programmer, industrial UI/UX designer, chief digital officer, digital manufacturing engineer, augmented reality system specialist, worker experience designer, wearable technology designer, cloud computing expert" are seen as future jobs [16,17,18].

In this study, it is aimed to present opinions about the relationship between technological unemployment and Industry 4.0. A survey is conducted to investigate the opinions of professionals from industries and academy in Turkey. and key findings are presented in the next section named as Analysis of Survey Results.

II. ANALYSIS OF THE SURVEY RESULTS

The survey that comprises of 9 questions is sent to over 500 academicians that work at the various department of Turkey universities. Also, another survey that includes some questions that are related to the topic of this study is sent to over 100 firms from different sectors in Turkey. The questions and responses are given as follows:

1) What is your title?

This survey is answered by 102 academicians and 2 graduate students. Most of the respondents of the survey are research assistants.

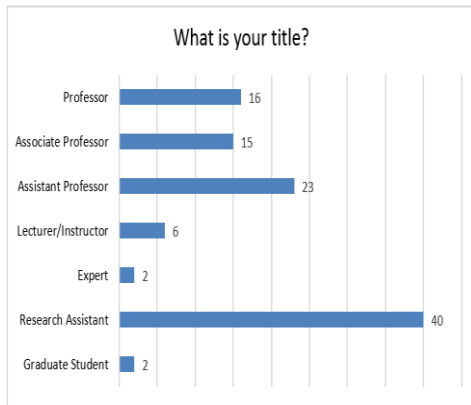


Fig. 3 Split of surveyed academicians

2) Do you have knowledge of Industry 4.0 and its technologies?

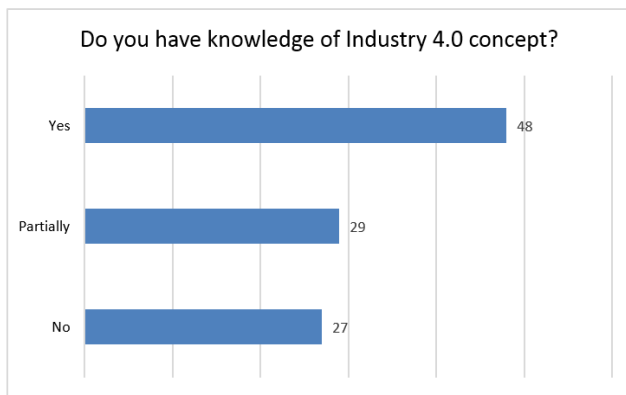


Fig. 4 Split of the responses of the second question

26% of the surveyed academicians do not have knowledge of Industry 4.0 concept.

3) In your opinion, what are the benefits of digitized production? [19].

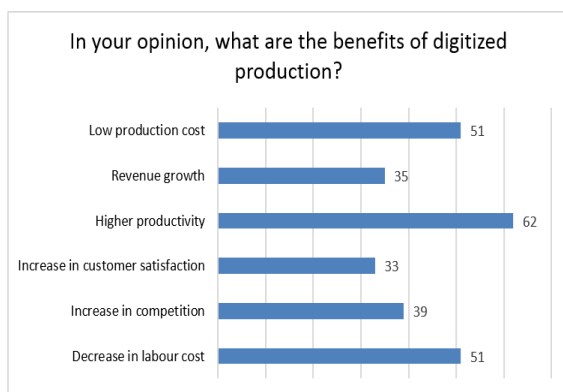


Fig. 5 Split of the responses of the third question

According to the survey results, higher productivity, low production cost, and decrease in labour cost are assumed as

benefits of digitized production. Some respondents have different opinions as given as follows:

- These are not the direct results of digitized manufacturing. If you choose right strategy and use efficient applications, you can get these results.
- It does not have any benefits.
- None of them
- Higher quality
- Higher flexibility and short lead times

4) Do you think that digitized manufacturing has disadvantages? If your answer is "Yes", would you like to tell these disadvantages briefly?

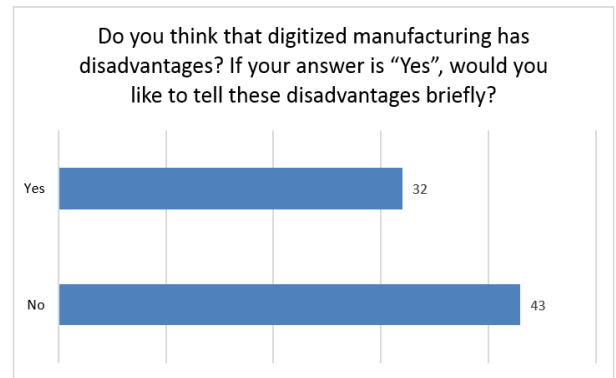


Fig. 6 Split of the responses of the fourth question

Most of the academicians think that the digitized manufacturing has some disadvantages whose examples are given as follows:

- Not doing anything about the social problems, such as unemployment and disappeared occupations, in the background is a little scary.
- A decline in the employment of the workforce can cause unemployment which is a problem that results in income imbalances and social problems.
- More educated customers will be needed.
- As in the case of Rolls Royce, since fully automated systems cannot take human intelligence and human rigor place, some problems may occur in the future. So, the manual processes may be preferred again.
- This concept may weaken production control mechanisms over time.
- If digitized production became more prevalent, some occupations may be disappeared.
- It will cause an increase in unemployment rate.
- It will decrease the unqualified workforce demand, so this will cause unemployment.
- Since the data produced in digital environment is used to make decisions, the customer preferences may not be understood correctly.

This situation increase the risks of not meeting customer preferences.

- How can the unemployment problem be overcome in a developing country, like Turkey? We need well-trained employees that also have programming skills. The education system has not been prepared yet for these needs.
- Some problems may occur, like security vulnerabilities, coordination problems, and bugs arising from complex design.
- It will lead to reduce in potential customer's purchasing power.
- It increases the risk of being hacked.
- It can cause unemployment and create social unrest.

5) Do you think that Industry 4.0 technologies can cause problems that related to unemployment since labour-intensive manufacturing is reduced?

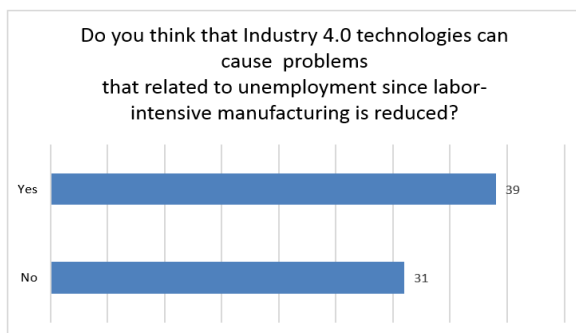


Fig. 7 Split of the responses of the fifth question.

Most of the surveyed academicians think that Industry 4.0 technologies can cause problems that related to unemployment since labor-intensive manufacturing is reduced.

Some explanations that are made for this question are given as follows:

- In the grand scheme of things, the capitalist system will solve this problem in a different manner.
- Employment will increase in reverse engineering.
- Unemployment will be a problem for unskilled workers. But qualified workers demand will increase in the high technology environment.
- This issue was also discussed when printing press was invented. It is an unnecessary concern.
- Yes, unemployment will increase, but the solution to this problem should not be staying away from digitized manufacturing.
- Of course, but it is possible to take precautions to minimize this problem during the transformation process.

6) Do you think that Industry 4.0 would have a positive effect on the issues that are related to society like environment and health?

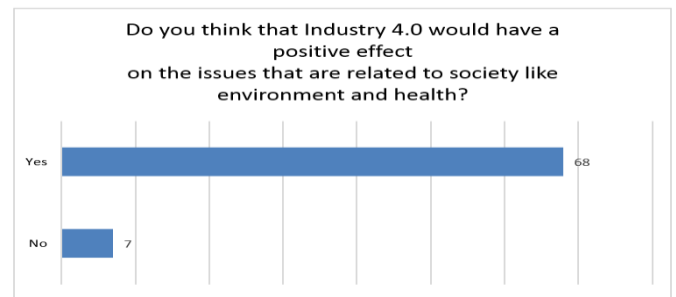


Fig. 8 Split of the responses of the sixth question.

According to the survey results, most of the respondents think that Industry 4.0 would have a positive effect on the issues that are related to society like environment and health. One of the respondents says that using robots in heavy work and unhealthy environments can prevent occupational health problems and accidents. Another respondent says that because of the adverse effects of this concept, positive effects will be ignored.

7) Are there any studies at your university to make that the students have knowledge of Industry 4.0 technologies?

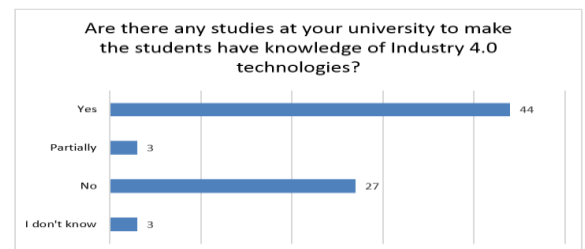


Fig. 9 Split of the responses of the seventh question.

The survey results show that studies that related to Industry 4.0 have been carried out in some universities

Graduate dissertation related to Industry 4.0 concept have been completed and effects of digitalization on the supply chain are taught in SCM courses.

8) Do you think new occupations will emerge with Industry 4.0 revolution? If your answer is "Yes", would you like to give examples of them?

The responds that given to this question are given as follows:

- New occupations that will make life easier and increase the standard of living level will emerge.
- New occupations will emerge in electronics and automation
- Data Security Expertise, Intelligent Network Development Engineer, Cloud Computing Specialist, Data Scientist will be new professions.
- Industrial Security Specialist and System operators will be needed.
- Big data scientist, Machine-to-Machine Specialist, Robot programmers, Data collection specialist, Digital designers, Digital production planners, and Software engineering will be new occupations.

- Occupations that focused on the development of decision-support systems and the analyzing data at the intersection of business administration, engineering, and statistics science.

9) Do you have any comments that are not mentioned in the survey?

Just three of the surveyed academicians answered this question. Their answers are given as follows:

- As always, we are late for Industry 4.0
- Internet of Things (IoT), communication of sensors, robot technologies, and coding should start to be taught in high schools.
- Artificial Intelligence needs to be emphasized in such a survey.

III. CONCLUSIONS

Totally 102 academicians from Turkey responded this survey. When the survey results are analyzed it can be seen that most of the academicians have knowledge of Industry 4.0 concept and they think that Industry 4.0 technologies can cause problems that related to unemployment since labor-intensive manufacturing is reduced.

58% of the firms that responded the survey think that Industry 4.0 technologies can cause problems that related to unemployment since labour-intensive manufacturing is reduced.

Also, 57% of the surveyed academicians say that the studies have been done to inform students about Industry 4.0 concept. This can be seen a precaution to prevent technological unemployment.

REFERENCES

- [1] H. Kagermann, J. Helbig, A. Hellinger, and W. Wahlster, "Recommendations for implementing the strategic initiative industry 4.0: Securing the future of German manufacturing industry", Final report of the Industrie 4.0 Working Group, 2013.
- [2] S. Pfeiffer, "The Vision of 'Industrie 4.0' in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded," *Nanoethics*, vol. 11, no. 1, pp. 107–121, 2017.
- [3] Rübmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston Consulting Group, 9, 2015.
- [4] M. Lorenz, D. Küpper, , M. Rübmann, A. Heidemann, A. Bause, "Time to Accelerate in the Race Toward Industry 4.0", Available: <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/lean-manufacturing-operations-time-accelerate-race-toward-industry-4/>, 2016
- [5] Mead, R., & Mataric, M. J. Autonomous human–robot proxemics: socially aware navigation based on interaction potential. *Autonomous Robots*, 41(5), 1189-1201,2017.
- [6] <http://www.bbc.com/news/31047780>
- [7] <http://www.bbc.com/news/technology-30290540>
- [8] http://www.bbc.com/turkce/haberler/2014/12/141202_hawking_yapay_zeka
- [9] M. Gök, *İşgücü Piyasası ve Kobiler*,1.Basım, Ankara: Roma Yayınları, xx, s.34, 2004.
- [10] Virtanen, M., Kivimäki, M., Joensuu, M., Virtanen, P., Elovainio, M., & Vahtera, J. Temporary employment and health: a review. *International journal of epidemiology*, 34(3), 610-622,2005.
- [11] Mourdoukoutas, P. Seasonal employment, seasonal unemployment and unemployment compensation: The case of the tourist industry of the Greek islands. *American Journal of Economics and Sociology*, 47(3), 315-329,1988.
- [12] Abraham, K. G., & Katz, L. F. Cyclical unemployment: sectoral shifts or aggregate disturbances?. *Journal of political Economy*, 94(3, Part 1), 507-522,1986.
- [13] B. C Ataman, İşsizlik sorununa yeni yaklaşımlar. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 53(01), 1998.
- [14] J. M. Keynes, "Economic Possibilities for our Grandchildren", *Essay in Persuasion*, Harcourt Brace, 1931.
- [15] C.B.Frey and M. A. Osborne. "The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?." *Technological Forecasting and Social Change* 114,254-280,2017.
- [16] <http://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/15520/5-Future-Jobs-that-Could-Solve-the-Manufacturing-Skills-Gap.aspx>
- [17] <https://iot-analytics.com/top-5-new-industrial-iot-jobs/>
- [18] <http://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-birlikte-gelecek-10-yeni-meslek/>
- [19] R. Geissbauer, J. Vedso, S. Schrauf, "Industry 4.0: Building the digital enterprise", Available: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industry-4.0.html>, 2015.

Bor Nitrür (BN) kaplamaların yüzey özelliklerini belirleme teknolojileri

Tuççe Hacaloğlu*, Tunç Safa Altunsaray*, Bilgin Kaftanoğlu*

#Atılım Üniversitesi, İmalat Mühendisliği, Kızılcaşar Mahallesi, İncek, Ankara, Türkiye
tuçce.hacaloglu@atilim.edu.tr, tuncsafo_altunsaray@hotmail.com, bilgin.kaftanoğlu@atilim.edu.tr

Abstract— Çağımızın ileri teknoloji ve sanayi 4.0 uygulamalarında kullanılan yeni nesil malzemelerden üretilen kesici takımlardan, kalıplardan ve sağlık sektöründe kullanılan titanyum implantlarda daha yüksek performanslar ve özellikler beklenmektedir. Bu özellikler, yüksek aşınma direnci, yüksek dayanım ve yüksek sertlik, tıp alanında ise biyo-uyumluluk ve osteoplastik olarak tanımlanabilir. Bu özellikleri sağlamak üzere, yeni nesil alaşımlı çelikler, titanyum implantlar üzerine nanoteknolojik özelliklere sahip yeni geliştirilen kaplamalar gerekmektedir. Bor Nitrür (BN) kaplama da ileri fonksiyonel malzemelere bir örnektir. Ancak, geliştirilen bu malzemeleri ve kaplamaları denemek ve nitelendirmek için yeni deneysel olanaklara gerek vardır. Bunlar arasında makro-mikro ölçekli çizik testi, uygulanan kaplamaların sağlamlığını ölçmekte, nano-sertlik testi, malzemenin ve kaplamanın sertliğini ölçmekte kullanılır. Sürtünme ve aşınma testlerinde ise tribolojik ölçümler tribometre kullanılarak yapılır. Bildiride, BN kaplamalar, karakterizasyon yöntemleri ve uygulama alanları hakkında bilgiler verilecektir.

Keywords— Yüzey özellikleri, Bor Nitrür Kaplama, Karakterizasyon, Fiziksel Buhar Büyütme (PVD), İnce film

V. INTRODUCTION

Yerli olarak geliştirilen ve halen gelişmekte olan kaplama tekniklerinden biri olan Bor Nitrür (BN) imalat sanayide yaygın olarak ve yeni birkaç alanda kullanılmaktadır. Talaşlı imalatta verimliliğin ve malzeme kesme hızının artırılması, soğutucu sıvıların neden olduğu çevresel etkenlerin ciddi oranda azalması sonucunda gün geçtikçe talaşlı imalata talep artmaktadır. Artan bu talep doğrultusunda, yüksek sıcaklığa dayanabilen daha sert ve kesme işlem türlerine göre şekillendirilebilecek kesici takım ihtiyacı doğmuştur. Şekillendirme kalıplarının da benzer ihtiyaçlar olduğu için BN kaplama teknolojisi geliştirilmiştir [1-7]. Sadece imalat sektöründeki ihtiyaca yönelik olmayıp, medikal sektöründe de BN kaplama özelliklerinin mevcut malzemeler üzerine kaplanarak daha kaliteli ve nitelikli bir malzeme elde etmek mümkündür. Bor Nitrür'ün bilinen yedi fazı bulunmaktadır. Bunlar, kübik BN (kBN), heksagonal BN (hBN), amorf BN (aBN), explosive BN (eBN), rombohedral BN (rBN), wurtzig BN (wBN) ve turbostratik BN (tBN) 'dir. kBN elmadan sonra bilinen en sert malzemedir. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda oksijen ve demirli malzemelere karşı gösterdiği kimyasal kararlılığı ile elmadan daha ön plana çıkmaktadır. Tıp alanında kullanılan ve implantlarda BN ile kaplanmıştır. BN kaplama işlemlerinde Fiziksel Buhar Büyütme Yöntemi (FBBY) ile saçırma tekniği kullanılarak magnetron saçırma tekniği kullanılmıştır. Magnetron saçırma tekniği düşük sıcaklıkta

gerçekleşmesi, çok ince kaplamalar elde edebilme imkânı, kesin köşelerde ve karmaşık geometriler üzerinde büyütülme yapılabildiği için daha çok tercih edilmektedir. Teknolojisi, tasarımı ve imalatı yerli olarak yapılan kaplama sistemi ile sanayi kuruluşlarından gelen kesici takımlar, kalıplar ve makine parçaları ile tıp alanında kullanılan implantlar BN ile kaplanmıştır. Kaplama öncesi ve sonrasında aşağıdaki testler ile incelemeler yapılmıştır.

- F20 İnce Film kalınlık ölçümü
- Calotest kalınlık ölçümü
- Makro/mikro çizik testi
- Nano sertlik ölçümü
- Atomik Kuvvet Mikroskobu yüzey ölçümü (AFM)
- Sürtünme/aşınma direnci ölçümü
- Fourier Transform InfrarRed (FTIR) ölçümü

VI. ÖLÇÜMLER VE DEĞERLENDİRMELER

A. Kalınlık Ölçümü

Kaplama kalınlığı Calotest® ve F20 ince film analiz cihazları ile ölçülmektedir. Belirli bir hız ve zaman aralığında aşındırıcı elmas solüsyonu ile yapılan 30mm, 25mm, 20mm, 15mm ve 10mm çaplarındaki toplardan kaplamaya uygun olan 30mm çapındaki topun 25 dakika 2000 rpm/dk motor hızında dönmesiyle oluşan aşınmanın Revetest® cihazında incelenmesi sonucunda kaplama kalınlığı ölçülmektedir (Fig. 1).

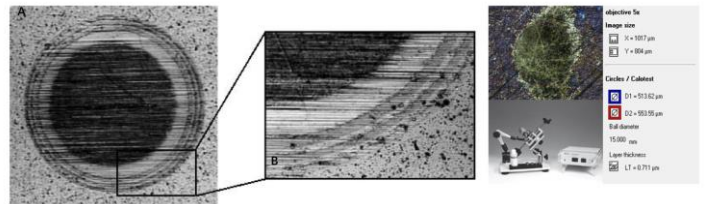


Fig. 2 Calotest aşınma testi sonucu

Bir diğer kalınlık ölçüm cihazı olan F20 ince film analiz cihazı ise numune kalınlığını optik olarak ölçmektedir. Bu ölçüm sayesinde numune tahrip olmamaktadır. BN kaplamanın görünür ışıkta saydam olması nedeniyle F20 filmetrics cihazı ile kalınlık ölçümü gerçekleştirilebilmektedir (Fig. 2).

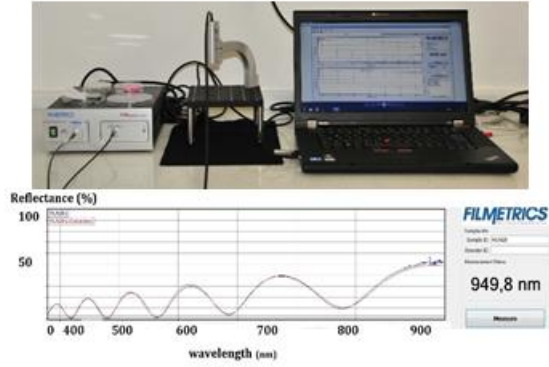


Fig. 3 Filmetrics kalınlık ölçümü sonucu

B. Yapışkanlık Ölçümü

Elde edilen kaplamanın, yüzey kalitesi mikro ve makro çizik test cihazları ile ölçülmektedir. Testler 0.5N'dan başlayarak 150N'a kadar lineer olarak artan yükler altında yapılmıştır. Çizik testinde 200 μm çapında Rockwell tipi elmas uç kullanılmıştır. Çizik boyu 3 mm olup, dakikadaki hızı 6mm'dir. Yükleme oranı ise 299N/dk olarak hesaplanmıştır. Yapışkanlık testleri, Fig. 3 de de görüldüğü gibi, BN kaplanmış çelikler ile TiN kaplanmış çeliklere uygulanmıştır (Fig. 3). BN kaplanmış yüzeylerin yapışkanlığının daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

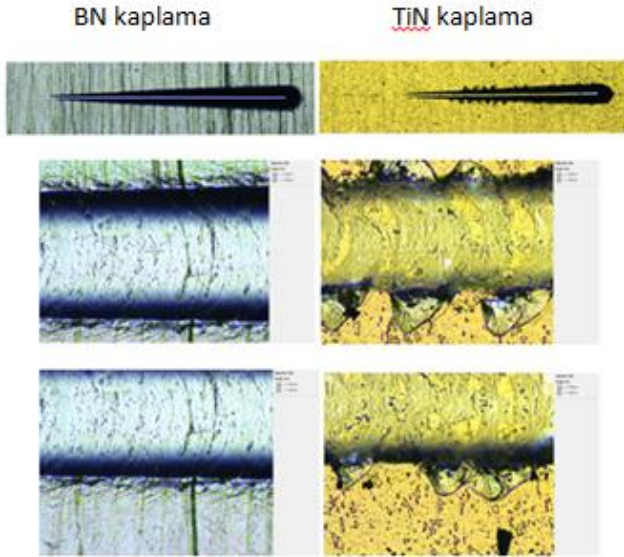


Fig. 4 c-BN ve TiN Kaplı Çeliklerin Çizik Testi Sonuçları

C. Sertlik Ölçümleri

Kaplama sertliği nano sertlik (nanoindentation) test cihazı ile ölçülmüştür. Maksimum yükü 500 mN'dan başlayarak kaplama kalınlığına en uygun yükü bulmaya çalışılmıştır. Kaplama kalınlığı ince olduğu için yükün fazla olması taban malzemenin sertliğinin ölçülmesine neden olduğundan 30 mN ile 15 mN yükleri arasında kaplama sertliğinin ölçülmesine karar verilmiştir. Tablo 1'de BN ve diğer malzemelerin sertlik değerleri verilmiştir. kBN'ün sertliği 40-50 GPa aralığındadır.

TABLE XV
MEKANİK ÖZELLİKLER TABLOSU

Property	Steel	Cast Alloy	WC	TiC	c-BN	Diamond
Hardness (Gpa)	8.5	8	14-24	18-32	40-50	70-80
Strength (Mpa)	4100-4500	1500-2300	4100-5850	3100-3850	6900	6900
Elastic Modulus (Gpa)	200	200	520-600	310-450	850	820-1050
Density (g/cm ³)	8.6	8-8.7	10-15	5.5-5.8	3.48	3.5
Melting Temperature(°C)	1300	-	1400	1400	1300	700
Thermal Conductivity (W/m °C)	-	-	42-125	17	13	70
Thermal Expansion Coefficient (x10 ⁻⁶ /°C)	12	-	4-6.5	7.5-9	4.8	1.2

D. Yüzey Ölçümleri

Numune yüzeyleri kaplama öncesi ve kaplama sonrası AFM cihazı ve konfokal cihazı ile ölçülmektedir. Figürde de görülebileceği gibi kaplama sonrası numune yüzeyi daha düzgün hale gelmiştir (Fig. 4).

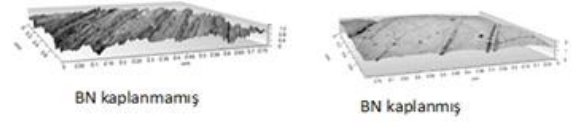


Fig. 5 BN kaplamalı ve kaplamasız numunelerin konfokal mikroskop görüntüsü

Nano sertlik cihazında sertliği ölçülen numunelerin Fig. 5'te görüldüğü gibi yüzey taraması yapılarak 3 boyutlu resimleri alınmıştır.

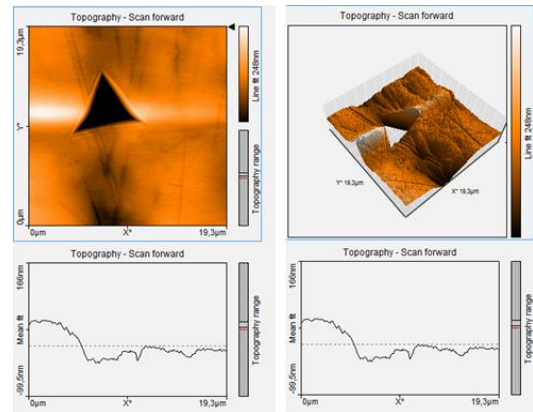


Fig. 6 Nano sertlik sonrası AFM görüntüleri

Mikro ve makro çizik deneyleri yapılan numunelerin Fig. 6'da görüldüğü gibi yüzey taraması yapılarak 3 boyutlu resimleri alınmıştır. Kaplama yapışkanlığının kalitesi ve oluşan

çatlakların azlığı AFM yüzey taraması ile de incelenebilmektedir.

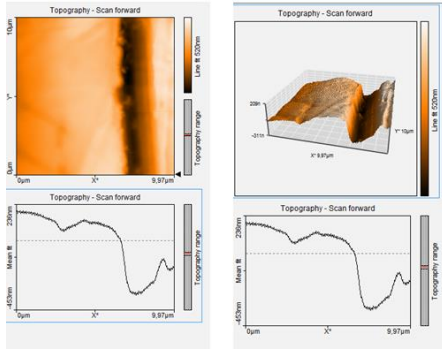


Fig. 7 Mikro ve makro çizik sonrası AFM görüntüleri

E. Sürtünme/aşınma Ölçümü

Sürtünme katsayısı ölçümleri için tribometre cihazı kullanılmıştır. Ölçümler oda sıcaklığında yağlayıcı kullanılmadan hava ortamında gerçekleştirilir (Fig. 7).

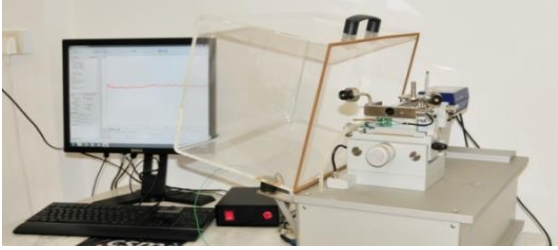


Fig. 8 Tribometre sürtünme/aşınma ölçüm cihazı

1N normal yük altında, 50mm/s doğrusal hızda, 10mm dönüş çapında disk malzeme üzerinde gerçekleştirilen testlerde karşı malzeme olarak 6mm çapında 100Cr6 çelik top kullanılmaktadır. Deneyler öncelikle kaplamasız numune gerçekleştirilmiştir. BN kaplanmış örnek için tribometre sonucu Fig. 8 'de verilmiştir. Bu sonuçlar, BN kaplamanın sürtünme katsayısını düşürdüğünü göstermektedir.

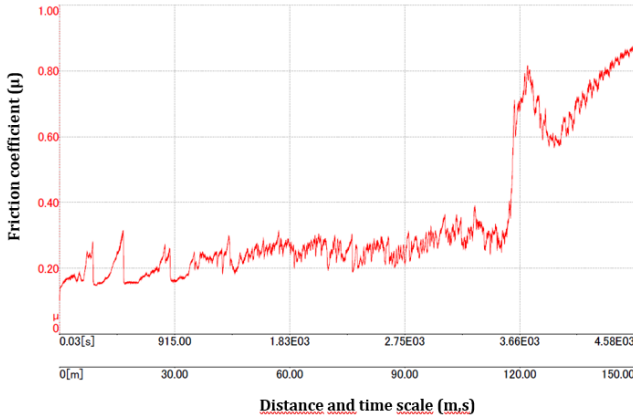


Fig. 9 Tribometre test sonucu

F. Fazların İncelenmesi

Oluşturulan kaplamaların içerdiği fazlar Alpha FTIR (Fourier Transform Infra-Red) cihazı ile incelenmiştir. FTIR

ölçümleri sırasında ATR (Attenuated Total Reflectance) metodu kullanılmıştır. ATR tekniğinin temelinde ışının numune tarafında soğrulup yansıtılması (geçirgenlik metodu) yerine ışının örnekten saçılımı ölçülür. Ölçümlerde kullanılan FTIR cihazı Fig. 9'da gösterilmiştir. Ayrıca, Bor Nitrit'in 7 adet alotropuna ait dalga boyları Tablo 2'de sunulmuştur.

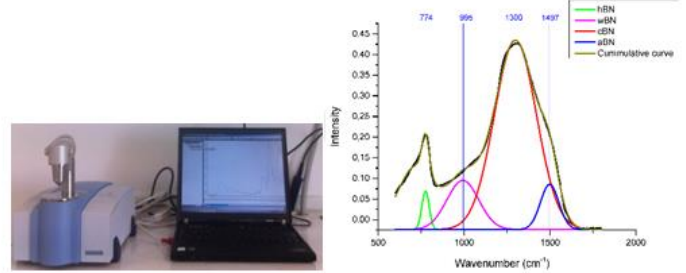


Fig. 10 FTIR cihazı ve ölçüm sonucu

TABLE XVII
BN FAZLARININ DALGA BOYLARI

Phase of BN	Wavenumber (cm ⁻¹)
h-BN bending	760-800
h-BN stretching (TO)	1364-1400
h-BN stretching (LO)	1600
c-BN stretching (TO)	1055-1110
c-BN stretching (LO)	1300
a-B ₁ N	1263-1350
a-B ₂ N	1505-1550
w-BN (TO)	960,1090,1120,1230
w-BN (LO)	1150,1250
e-BN	1400-1450 (s)
	1650-1600,1100
	1020,930 (ms),
	800,1200 (xy)
r-BN	783,1367
r-BN	828,1610
t-BN	934.3,963.8,1331.8
t-BN	738,1032,1155

VII. SONUÇ

Yapılan incelemeler sonucunda film karakterizasyonu BN kaplamanın başarı ile elde edildiğini ortaya koymaktadır. Kaplama kalınlığı 50 nm ile 4 µm aralığında değişmektedir. Çizik testi ile yapılan incelemeler sonucunda yapışkanlığın yüksek olduğu ve yüksek kuvvetlerde bile kaplamanın kalkmadığı görülmüştür. AFM ile yapılan incelemelerde yüzeydeki olumlu etkiler gözlemlenmiştir. Çelik numunelerde yapılan nano sertlik incelemesi sonucunda, kaplama parametrelerinin değişkenliğine göre kaplamanın niteliğini hem sert hem de yumuşak kaplama olarak elde edilmesi,

ihtiyaca yönelik durumlara karşı cevap verebilmiştir. Bununla birlikte sertlik ve kalınlık arasındaki korelasyonu da ortaya koymaktadır. Altaş voltajının artırılması ile ince ve daha sert kaplamalar elde edilebilmektedir. Bu sertliğin nedeni ise kübik fazın oluşumu ile açıklanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsüne (BOREN), Atılım Üniversitesi Metal Şekillendirme Mükemmeliyet Merkezi'ne, BOREN Bor Kaplama Yetkinlik Merkezi'ne teşekkür eder.

REFERENCES

- [1] Prouch J.-J., Alterovitz S.-A., Synthesis and Properties of Boron Nitride, Materials Science Forum, Vol 54&55 (1990), Trans Tech Publications
- [2] Klocke, G., Eisenblatter, F., 1994, Dry Cutting, Annals of the CIRP, 46, 2, 519-526.
- [3] Willa G., Perkins P.-G., Is there a new form of boron nitride with extreme hardness?, Diamond and Related Materials 10 (2001) 2010_2017
- [4] Audronis M., Valiulis A.-V., Silickas P., Recent Developments in the Deposition of c-BN Coatings, ISSN 1392-1320 Materials Science (MEDŽIAGOTYRA), Vol. 10, No. 2. (2004)
- [5] Kimura Y., Wakabayashi T., Okada K., Wada T., Nishikawa H., Boron nitride as a lubricant additive, Wear 232_1999.199-206
- [6] Klages C.-P., Fryda M., Matthke T., Schsfer L., Dimigen H., Diamond and c-BN Coatings for Tools, International Journal of Refractory Metals & Hard Materials 16 (1998) 171-176
- [7] Neo K.-S., Rahman M., Li X.-P., Khoo H.-H., Sawa M., Maeda Y., Performance evaluation of pure c-BN tools for machining of steel, Journal of Materials Processing Technology 140 (2003) 326-33

Human 4.0 in the Industry 4.0

Nurcan Deniz

Department of Industrial Engineering, Osmangazi University, Eskisehir, Turkey
ndeniz@ogu.edu.tr

Abstract— Industry 4.0 phenomenon as launched the fourth technological revolution has being discussed since the launch time 2011. Human dimension is one of the most important dimension of this debate, in spite of the full automation conception. Human factor adaptation is one of the social topics needs to be researched in uncertainty of this new process. Human’s position and importance in terms of a community member, consumer and worker are studied in this research and there will be a discussion about the future. First of all, Human 4.0 is a member of the smart city. This member will meet the Industry 4.0 innovations as a smart consumer during the challenging consumption process and can deliver smart customised product/services via smart supply chains according to real-time data sharing in a fast way. Operator 4.0 is defined as smart workers as a part of cyber-physical systems in smart factories. These workers need to develop tech-augmentation, data analysis, design, coordination, communication, learning, autonomy and digital thinking skills neither blue-collar nor white collar as a member of hybrid human-robot-team. Human behaviour and psychology issues are the other hot topics in the adaptation process.

Keywords— Industry 4.0, Human 4.0, Hybrid teams, human-robot interaction, production systems

I. INTRODUCTION

Increasing numbers of products, shorter product life cycles, lot sizes of one, fulfilling consumer expectations, and increasing pressure for innovate and global supply networks are major challenges of manufacturing companies. German Federal Government has launched “digital economy and society” research program to cope with current and future business challenges [1]. “Industrie 4.0” has launched as a vision in Hannover Messe fair (2011) in Germany by three German engineers (a physicist Henning Kagermann, an artificial intelligence professor Wolfgang Wahlster and another physicist Wolf-Dieter Lukas). “Mastering the Fourth Industrial Revolution” motto in the World Economic Forum’s (2016) meeting in Davos showed the quick spread of Industry 4.0 [2]. There has been three industrial revolutions before the Industry 4.0. The reason and initial dates are visualised in Table 1. Computer Integrated Manufacturing (CIM) and Lean Production in 3rd revolution are seen as messengers of fourth industrial revolution [1]. Wahlster states that there is a transformation of era of mathematization to the era of informatization of medical, energy, media, legal, automotive, biotechnology, computational linguistics, neuroinformatics sciences. The last science is manufacturing and The Industry 4.0 is the output of this process [5]. Schuh et al.’s opinion is fourth revolution’s source is society contrary to the others took place in the industry [5]. In the Fourth Industrial Revolution

manufacturers are beginning to integrate robotics, automation and other data-driven technologies into their workflows [6].

TABLE XVII
FOUR INDUSTRIAL REVOLUTIONS (GENERATED FROM THE INFORMATION IN [1], [3] AND [4])

Industrial revolution	Reason	Time
1 st	Introduction of water and steam powered mechanical manufacturing facilities	At the end of the 18th century from 1784
2 nd	Using electrical energy to introduce mass production and a division of labour	At the end of the 19th century from 1870 to 1915
3 rd	The use of electronics and information technology	Around the 1970s.
4 th	Increased research attention in the IoT and CBS, consolidation of real and virtual worlds in the manufacturing environment into a smart factory	From 2010

Industry 4.0 is defined as “the systematic development of an intelligent, real-time capable, horizontal and vertical networking of humans, objects and systems” [1]. Industry 4.0 is bringing digital, physical and biological systems together [4]. Industry 4.0 is based on four key components as cyber-physical systems, the Internet of things (IoT), the Internet of services (IoS) and smart factory. Aforementioned technologies are based on perpetual communication via Internet. Human and human (C2C), human and machine (C2M) and machine and machine (M2M) interaction and exchange of information are possible in this context (Roblek 2016). The Internet of is central to “Industry 4.0.” with the development of the Internet [7]. Smart chains between production, products, components, plants and humans are ground for Industry 4.0 [5].

Implementing the Industry 4.0 in industry, the human environment, and scientific research is new. There are endeavours from German government, some of companies, universities, and research institutions to realize smart factory concept. Encouragement of the European Union via Horizon 2020 research program in the field of smart technology is another attempt [7]. There are leading initiatives both from government and industry perspectives. US “Advanced Manufacturing Partnership” (2011), German “High-Tech Strategy 2020” (2012), French “La Nouvelle France Industrielle” (2013), UK “Future of Manufacturing” (2013), South Korea’s “Innovation in Manufacturing 3.0” (2014),

Chinese “Made in China 2025” (2015) and Japanese “Super Smart Society” (2015) are actions from the governments in the context of Industry 4.0 [3]. Industrial Internet Consortium (IIC) was founded by AT&T, Cisco, General Electric, IBM and Intel in 2014 from the industry perspective [3]. Google, IBM-Analytics, Facebook and Amazon’s key competitive factors are sophisticated data aggregation, data evaluation and application [8].

To create a common understanding is seen one of the greatest challenges facing a young term “Industry 4.0” because it is used for the wrong purpose and in the wrong context generally [1]. IoT and IoS, cyber-physical systems, embedded systems, smart factory and big data are the terms that Industry 4.0 is confused with. Also practical implementation is an uncertain issue [1]. Magruk claims that there is high level of uncertainty from economic, social, technological, legal, etc. aspects [5]. Richert et al. arouses interest on preparing and training people for Industry 4.0 [9].

Industry 4.0 phenomenon is a fresh and highly complex issue [5]. Industry 4.0 is still a vision and the concept has to be extended for the future needs [1]. Richert et al. defines people as a swimmer along the wave of industry 4.0 [9]. Recently, one of the leading journal *Computers & Industrial Engineering* journal made a call for paper for Operator 4.0. It is aimed to arouse interest of the researchers about Industry 4.0 for the human element in a holistic way in this paper.

In the second part of the paper there will be a short literature review. In the third part different environments that human is an element will be analyzed in Industry 4.0 concept. The conclusion and future studies will be discussed in the paper’s last part.

II. LITERATURE REVIEW

In this part some of the recent studies about Industry 4.0 are summarized. These studies are both from journal articles and conference papers. Kirazli & Hormann made definitions of basic terms in a conceptual approach for identifying Industry 4.0 in the Industrial and Systems Engineering Research Conference [1]. Liao et al made a literature review about Industry 4.0 [3] and Strozzi et al. made a review about Smart Factory concept [4].

Instead of Industry 4.0 is a relatively new topic, there are some researchers deal with human element in this context. Gorecky seeks the solutions for the technological assistance of workers [10]. Richert et al. made an experimental study about factors that influence hybrid team development [9]. Magruk analyzed economic, social, technological, legal dimensions of uncertainty in Industry 4.0 [5]. Roblek (2016)’s conceptual article’s aim was to synthesize theory and practices of Industry 4.0 and to investigate the changes that will result from Industry 4.0 with the development of the IoT [7]. Sackey & Bester’s paper differs from the others to analyze the industrial engineering curriculum in Industry 4.0 in a South African context [11]. Shamim et al.’s article is the article on management dimension [12]. The role of the human in Industry 4.0 is considered by means of a best practice approach in Nelles et al.’s study [8]. Potentials in the human-centered design of

assistance systems in production planning and control and design recommendations on polarity and angular character height is shown also. Richert et al. presents theoretical aspects and empirical results of virtual collaboration and joint problem solving studies [13].

III. HUMAN 4.0 IN INDUSTRY 4.0

Human 4.0 will play the central role in Industry 4.0 in different environments. First of all Human 4.0 will be a smart people living in a smart city and consumer 4.0 in the market. In the smart factory concept as a smart worker/operator 4.0/manager 4.0, human 4.0 will need new skills to survive.

A. Smart People as a Member of Smart City

Roblek defines the smart city as a combination of smart economy, smart mobility, smart environment, smart people, smart living and smart governance factors [7]. Smart people who are the members of smart city will be influenced by the applications of the IoT. Smart infrastructure is one of the application of IoT that reduces costs, enhances safety and reduces manpower requirements. For example smart people can control over door locks from remote devices from any Internet-connected source, adjust a thermostat, and control the supply of food in the refrigerator, and so on with smartphone applications. Health care is another application of IoT that will help smart people. Sensors integrated in the house or smartphone applications will monitor the patients and send information to doctors. T-shirts that measure calories burned, movement sensing, heart rate, and so on is an innovation in textile industry that smart people will wear. Smart people can trace products with real time information via supply chains/logistics application of IoT [7].

B. Consumer 4.0 in Market 4.0

With the full automation and digitization processes, and the use of electronics and information technologies (IT) in Industry 4.0, consumer 4.0 will experience innovations about smart products. First of all consumer 4.0’s awareness about quality and reliability will increase. The development of online sales services such as car services, medical examinations from home, ordering food directly sent from the store to the refrigerator, and so on can be possible with 3D printing technology [7]. Zhang et al. points out that user’s participation in production will transform from partially to fully [5]. Dominici et al. provides that consumer 4.0’s behaviour will change with the Human 4.0 and cyber-physical systems integration, the IoT and the IoS. Marketing strategists will use Knowledge Management (KM) 4.0 processes to improve accuracy, obtain relevant and valuable content from customers, and reply to them in real time constantly. IoT will have an important role with KM 4.0 in Customer Relationship Management (CRM). Customer support systems in real-time marketing promotions on demand pricing, next generation customer service, and in-store

experiences are the opportunities companies will have to manage customers [7].

C. Operator 4.0 in Work 4.0

Dujin et al. defines cyber-physical systems and marketplace, smart robots and machines, big data, new quality of connectivity, energy efficiency and decentralization, virtual industrialization and skills as key determinants of new industrial landscape [5]. "Smart Factory" implies the vision of Industry 4.0 in the factory [1] but Work 4.0 [9] is general both includes service and manufacturing sector. Factory 4.0 is another term used as the heart of the Industry 4.0 [5]. The conditions for the successful implementation of hybrid teams, transferring the knowledge from the development of human teams into the design of hybrid teams and shaping of human-computer-interaction are the issues emphasized on in designing Work 4.0 [9].

Technological change in Industry 4.0 may have negative impact on employment. Hungerland et al. states that new production technologies and processes will destroy jobs with redundancy effect and there will be technological unemployment [7]. Also it is expected that job profiles will change and new jobs will be emerge. Sackey&Bester defines this situation as "double-edged" [11]. Data scientist and cyber safety guards will be some of the new jobs that will emerge [5]. As a consequence there will be a change in the fields of education and employee development [7].

It is expected that manual repetitive tasks and many jobs of a cognitive nature will be eliminated. Big data, advanced analytics, human-machine interfaces, and digital-to-physical transfer will be important in all sectors of industry. Operator 4.0's capabilities will be enhanced for using digital devices and systems [11]. It is expected that tasks and demands for the human 4.0 in the factory will change. Human 4.0 is defined as "the most flexible entity" in cyber-physical production systems. There will be a large variety of jobs ranging from specification and monitoring to verification of production strategies for Human 4.0. Human 4.0 need to adopt the strategic decision-maker and flexible problem-solver role [10]. Industry 4.0 will need both the social and technical skills in an interdisciplinary thinking. Production thinking will be transformed to design thinking in this context [5]. One of the skills that Human 4.0 need to gain is "digital thinking" to manage the process in a new way. They need to read the data, analyze them, and determine their nature independently. They need to have more autonomy. The important point is Human 4.0 will still have to use their brains [7].

Robots have taken over difficult, dangerous and repetitive physical tasks, improving factory safety, worker comfort and product quality in the 3rd revolution. In 4th revolution it is expected that the robots will be able to identify and adapt to any individual strengths and weaknesses and become the flawless co-workers needed [9]. It is expected that Human 4.0 will transfer cognitive work, mentally stressful and repetitive tasks to robots. Human 4.0's work will become more versatile and creative [6]. Teams consist of humans and machines in Industry

4.0 is called as "hybrid teams" [9]. There will be new forms of technology and artificial intelligence within production technologies in Industry 4.0. "In-the-box manufacturing" is defined manufacturing environment where hybrid teams work [13]. It is expected that the meaning of teamwork will be redefined by smart robots and hybrid human-robot-team will be more interactive [9]. There are differences between regular human teams and hybrid teams. Defining certain conditions where cooperation is necessary to sustain the continuous coordination is important in hybrid teams whereas the heterogeneity of members, different backgrounds and ways of thinking and acting increases the productivity of the teams in regular one. Cooperation behaviour, reciprocal influencing and joint reasoning are the major research areas in human-robotic interactions. Sproull indicates that social and communication perspective should be analyzed [9]. Robots and Human 4.0 will work more closely together than ever before in hybrid teams. Human 4.0 will use their unique abilities to innovate, collaborate and adapt to new situations. Weyer et al., specifies the Industry 4.0 through the smart product, the smart machine and the augmented operator [5]. Super-strong, super-informed, super-safe and constantly connected are the operator 4.0's (tech-augmented human workers) features. Operator 4.0 can enhance their strength by wearing robotic exoskeletons and they can control the physical power of a large robot. An "augmented operator" will be super informed with augmented reality. Wearable sensors tracking pulse rate, body temperature, chemical exposure or other factors that indicate risks of injury will make the Operator 4.0 a healthy and super safe operator [6].

From the perspective of products, they will be highly differentiated customized products, and well-coordinated combination of products and services. To cope with challenges in Industry 4.0, continuous innovation and learning will play a vital role. To develop dynamic capabilities, effective learning and innovation climate, there need to facilitate specialized management approaches. Most of the recent studies looks from the technological perspective of Industry 4.0. Shamim et al. points out the critical factors of Industry 4.0 as lack of skilled workforce, aging society, resource efficient and clean urban production, mass customization, increasing product variability, shorter product life cycle, dynamic value chain, volatile markets and cost reduction pressure [12].

IV. CONCLUSIONS

The human dimension of the Industry 4.0 phenomenon is discussed in this paper in a conceptual way. Smart people, consumer 4.0 and operator 4.0 are different roles of Human 4.0 in Industry 4.0. It can be seen that human will be a key position as always do. According to this fact, the researchers should put the human element in their projects in the early stages of implementation. It is important not to replicate the same ignorance of human element in 3rd industrial revolution. There need to have inter-disciplinary understanding for Industry 4.0 to put the Human 4.0 in Industry 4.0. Education is the most important step in this transformation.

REFERENCES

- [1] A.Kirazli, R. Hormann, "A conceptual approach for identifying Industrie 4.0 application scenarios," in *Industrial and Systems Engineering Research Conference*, 2015.
- [2] S. Pfeiffer, "The Vision of 'Industrie 4.0' in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded," *Nanoethics*, vol.11, pp. 107–121, 2017.
- [3] Y. Liao, F. Deschamps, E. F. R. Loures, L. F. P Ramos, "Past, Present and future of Industry 4.0- a systematic literature review and research agenda proposal," *International Journal of Production Research*, 2017, doi:10.1080/00207543.2017.1308576.
- [4] F. Strozzi, C. Colicchiai, A. Creazza, C. Noe, "Literature review on the 'Smart Factory' concept using bibliometric tools," *International Journal of Production Research*, 2017, doi:10.1080/00207543.2017.1326643.
- [5] A. Magruk, "Uncertainty in the Sphere of the Industry 4.0 – Potential Areas to Research," *Business, Management and Education*, vol. 14(2), pp. 275–291, 2016.
- [6] T. Wuest, D. Romero, (2017) "ValueWalk: Introducing 'Operator 4.0,' a tech-augmented human worker" *Newstex Global Business Blogs*, Chatham: Newstex. Apr 23, [Online]. Available: <http://search.proquest.com/docview/1890676896?pq-origsite=summon>
- [7] V. Roblek, M. Meško, A. Krapež, "A Complex View of Industry 4.0," *SAGE Open*, pp. 1–11, April-June 2016.
- [8] J. Nelles, S. Kuz, A. Mertens, C. M. Schlick, "Human-centered design of assistance systems for production planning and control: The role of the human in Industry 4.0," in *Industrial Technology (ICIT), 2016 IEEE International Conference*, 14-17 March 2016.
- [9] A. Richert, M. Shehadeh, S. Müller, S. Schröder, S. Jeschke, "Robotic Workmates: Hybrid Human-Robot-Teams in the Industry 4.0," *IMA/ZLW & IfU, RWTH Aachen University*, Aachen, Germany.
- [10] D. Gorecky, M. Schmitt, M. Loskyll, D. Zühlke, "Human-machine-interaction in the industry 4.0 era," in *Industrial Informatics (INDIN), 2014 12th IEEE International Conference on*, 27-30 July 2014.
- [11] S.M. Sackey, A. Bester, "Industrial Engineering Curriculum In Industry 4.0 In A South African Context," *South African Journal of Industrial Engineering*, vol 27(4), pp. 101-114, December 2016.
- [12] S. Shamim, S. Cang, H. Yu, Y. Li "Management approaches for Industry 4.0: A human resource management perspective," in: *Evolutionary Computation (CEC), 2016 IEEE Congress*, 24-29 July 2016
- [13] A. Richert, M. Shehadeh, L. Plumanns, K. Groß, K. Schuster, S. Jeschke, "Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age," in *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2016 IEEE*, 10-13 April 2016.

Kaotik hyperjerk sistemin simülasyon, senkronizasyon ve bilgi gizleme uygulamaları

Fatma Yıldırım Dalkıran

Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri, Türkiye
fatmay@erciyes.edu.tr

Özet— Basit diferansiyel denklemlere sahip birçok kaotik jerk sistem, literatürde yer almaktadır ve bu sistemler düzenli ve kaotik davranışlar sergileyebilmektedirler. Bu sistemler, farklı doğrusal olmayan fonksiyonlara sahip üçüncü dereceden diferansiyel denklem takımından oluşmaktadır. Bununla birlikte bir hyperjerk sistem, $n>3$ olmak üzere n .inci dereceden adi diferansiyel denklemlerle dinamik bir sistem olarak tanımlanabilir. Hyperjerk sistem, zengin ve düzenli davranış formundan dolayı dikkat çekicidir. Bu çalışma, MATLAB-Simulink kullanılarak basit kaotik hyperjerk sistemin modellenmesini ve simülasyonunu içermektedir. Ayrıca dikkate alınan sistemin senkronizasyon ve bilgi gizleme amaçlı maskelene uygulamaları Simulink kullanılarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler— Hyperjerk system; kaos; Simulink; simülasyon; haberleşme

I. GİRİŞ

Kaos ve kaos tabanlı sistemler literatürde büyük ilgi görmektedirler. Herhangi bir otonom sistemin kaotik davranış sergileyebilmesi için en az üçüncü dereceden diferansiyel denklem takımına sahip olması gerekmektedir [1-7]. Kaotik sistemler arasında Sprott tarafından sunulan kaotik devreler, basit bir devre yapısına sahip olmaları ve zengin kaotik davranış sergilemesi dolayısıyla literatürde oldukça çok dikkat çekmektedir [6, 7]. Bu devreler üçüncü dereceden adi diferansiyel denklem takımına sahip olup, “jerk sistemler” olarak tanımlanırlar ve birbirinin türevi şeklinde ifade edilirler. $\frac{d^4x}{dt^4} = J\left(\frac{d^3x}{dt^3}, \frac{d^2x}{dt^2}, \frac{dx}{dt}, x\right)$ şeklinde birbirinin türevi olan dördüncü dereceden denklem takımına sahip sistemler ise “hyperjerk sistemler” olarak tanımlanırlar. Hyperjerk sistemlerle ilgili literatürde çok fazla çalışma bulunmamaktadır [8-12].

Kaotik sistemlerin en çok kullanıldığı uygulama alanı güvenilir ve gizli haberleşmedir. Bu uygulama alanlarında en çok kaotik senkronizasyon tercih edilmektedir. Senkronizasyon kavramı, yayılı spektruma sahip bir kaotik işaretin alıcıda tekrar çözülebilesidir. Bugüne kadar değişik senkronizasyon teknikleri literatüre sunulmuş olup [13-21], bu tekniklerden Pecora & Carroll metodu [13] en çok tercih edilenidir.

Güvenilir ve gizli haberleşme kullanılan kaotik bilgi gizlemede amaç, gönderilecek bilgi işaretinin vericideki sisteme eklenmesi ve alıcıda tekrar elde edilmesidir. Bununla ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yapılmış olup [22-24], bunlardan Milanovic tarafından 1996 yılında literatüre sunulan teknik bu çalışmada kullanılmıştır [22]. Bu tekniğin özelliği, gönderilen bilgi işaretinin genliği, kullanılan kaotik sistemin ürettiği dinamiklerin genliklerine yaklaştıkça alıcı tarafta elde edilen işarettaki bozulmaları önlemesidir.

Hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır: 2. bölümde kaotik hyperjerk sistemin Simulink ile modellenmesinden bahsedilmektedir. 3. bölümde kaotik hyperjerk sistemin senkronizasyon uygulaması sunulmuştur. 4. bölümde ise kaotik hyperjerk sistemin bilgi gizlemede kullanılması verilmiştir. 5. bölümde, elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

II. KAOTİK HYPERJERK SİSTEMİN SIMULINK İLE MODELLENMESİ

Bu çalışmada incelenen hyperjerk sistemin geliştirilmiş formdaki denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\frac{d^4x}{dt^4} + a \frac{d^3x}{dt^3} + b \frac{dx}{dt} + cx = f\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right) \quad (1)$$

Burada b ve c sistem parametreleri iken a dallanma parametresidir. Denklemdeki $f\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)$, doğrusal olmayan fonksiyon olup, sistemin kaosa girmesinde önemli rol oynamaktadır.

Denklem (1) ile verilen kaotik hyperjerk sistem, $\frac{dx}{dt}$, $\frac{d^2x}{dt^2}$, $\frac{d^3x}{dt^3}$ ve $\frac{d^4x}{dt^4}$ yerine x_1 , x_2 , x_3 ve x_4 faz değişkenleri kullanılarak yeniden düzenlenebilir. Bu durumda oluşan düzenlenmiş denklem formu aşağıda verilmiştir.

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= x_3 \\ \dot{x}_3 &= x_4 \\ \dot{x}_4 &= -ax_4 + f(x_3) - bx_2 - cx_1 \end{aligned} \quad (2)$$

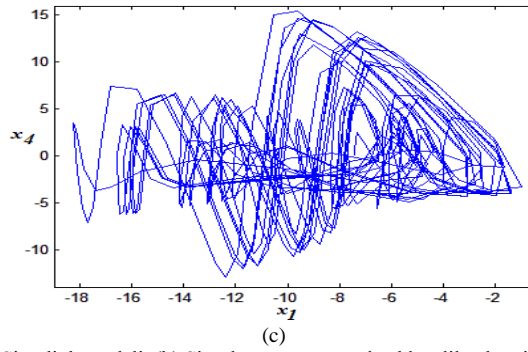
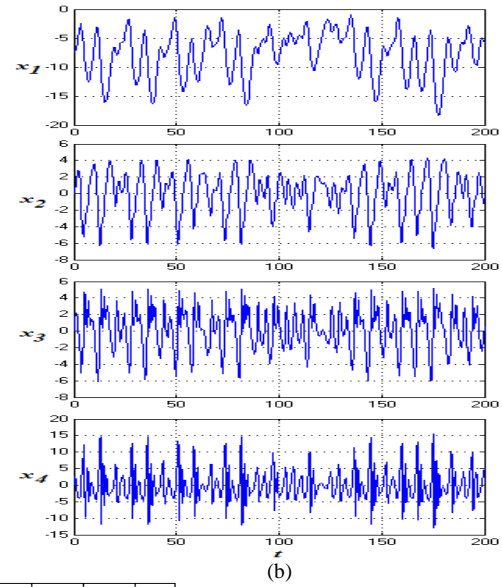
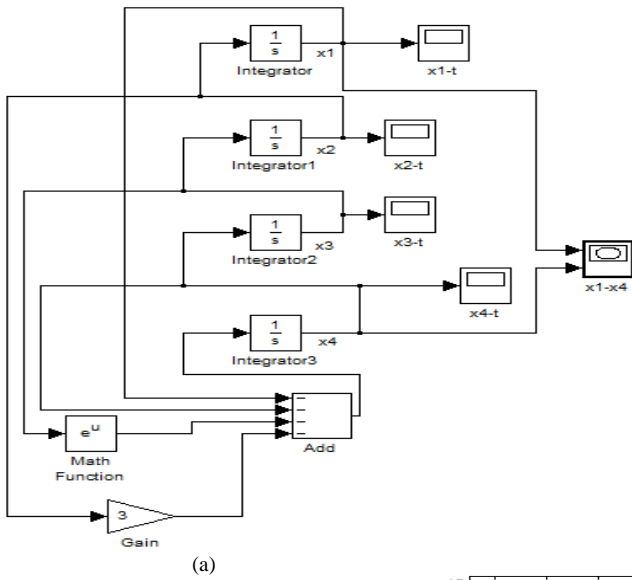
Buradaki $f(x_3)$ doğrusal olmayan fonksiyon olup, Denklem (3) ile tanımlanmıştır.

$$f(x_3) = -\exp(x_3) \quad (3)$$

Denklem (2)'deki a , b ve c parametrelerinin değerleri sırasıyla 1, 3 ve 1'dir.

Hyperjerk sistem için başlangıç şartlarının dikkatli bir şekilde seçilmesine gerek yoktur. Bu çalışmada başlangıç şartları (-7.4, 0, 0, 0.1) olarak alınmıştır. Bu başlangıç şartlarına göre hesaplanan Lyapunov üstelleri (0.157, 0, -0.245, -0.913)'dür.

Bu çalışmada incelenen hyperjerk sistemin Simulink modellenmesi Şekil 1(a)'da gösterilirken, Simulink simülasyonundan elde edilen kaotik dinamikler ve kaotik çeker gösterimi sırasıyla Şekil 1(b) ve (c)'de yer almaktadır.

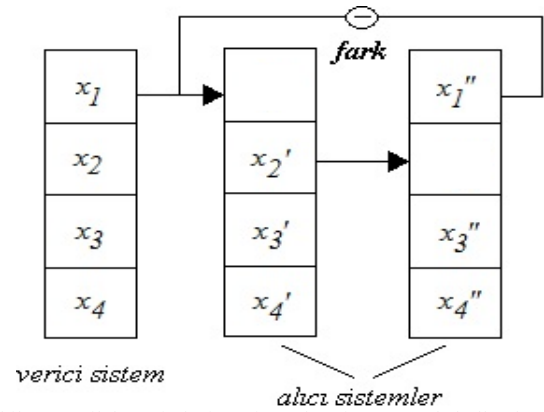


Şekil 1. Kaotik hiperjerk sistemin, (a) Simulink modeli, (b) Simülasyon sonucunda elde edilen kaotik dinamikler, (c) Kaotik çeker gösterimi.

III. KAOTİK HYPERJERK SİSTEMİN SENKRONİZASYON UYGULAMASI

Kaotik sistemler arasındaki senkronizasyon, çok fazla kullanılmakta olup güvenilir haberleşme, sinyal işleme gibi uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Bugüne kadar değişik senkronizasyon teknikleri literatüre sunulmuştur. Pecora & Carroll metodu [13], kuplajlama metodu [14], kaskad bağlantı metodu [14], doğrusal ve doğrusal olmayan geribeslemeli kontrol [25], aktif ve pasif kontrol [15, 26], impulsif kontrol [16-17, 19] bu tekniklerden sadece birkaç tanesidir. Bu çalışmada Pecora&Carroll yöntemi kullanılmış olup, bu yöntem literatüre ilk kez Pecora&Carroll tarafından sunulmuştur ve kaotik senkronizasyon uygulamalarında en çok kullanılan metottur [13, 27]. Bu yöntemde, n -boyutlu bir sistem, alıcı ve verici alt sistemler olarak iki parçaya bölünür. Verici sistemin durum değişkenlerinden birisi, alıcı sistemde aynı durum değişkenini üretmek için kullanılır. İki sistemde de aynı durum değişkenleri üretildiği zaman, alıcı ve verici sistem, senkronize olmuş olur [13]. Pecora&Carroll yöntemi, literatürde yer alan ve ayrıık elemanlarla tasarlanmış Chua sistemi [18], Lorenz sistemi [23] gibi kaotik sistemlerde başarıyla uygulanmıştır. Kaotik hiperjerk sisteminin senkronizasyon uygulaması için bu yöntem denenmiş olup, senkronizasyon blok diyagramı Şekil 2' de yer almaktadır. Bu yöntemde verici sistemdeki (x_1) dinamiği alıcı sisteme

gönderilir. Alıcı sistem-1' de (x_1) dinamiğine bağlı olarak (x_2') , (x_3') ve (x_4') dinamikleri oluşturulur. Oluşturulan (x_2') dinamiği alıcı sistem-2' ye aktarılır ve burada (x_1'') ,

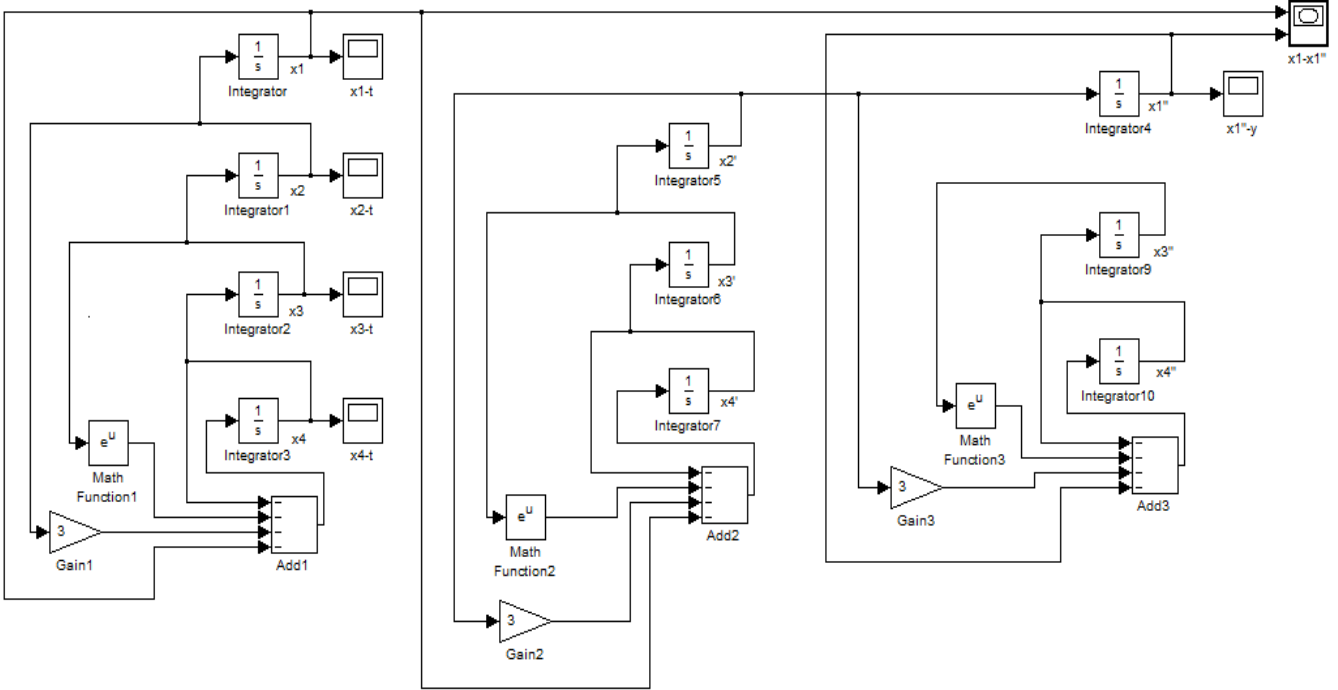


Şekil 2. Kaotik hiperjerk sistemin senkronizasyonunda kullanılan blok diyagram.

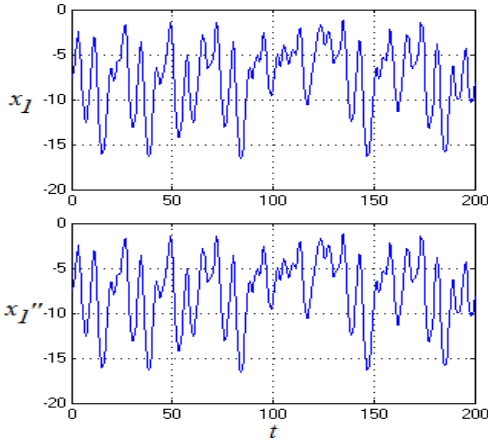
(x_3'') ve (x_4'') işaretlerinin elde edilmesinde kullanılır. Alıcı sistem-2' den elde edilen (x_1'') işareti verici sistemdeki

(x_1) dinamiği ile uyuyorsa senkronizasyon başarıyla tamamlanmış olur. Bu yöntem kullanılarak yapılan hiperjerk sistemin Simulink modeli Şekil 3’ de gösterilmiştir. Bu senkronizasyon yönteminden elde edilen sonuçlar hem zaman

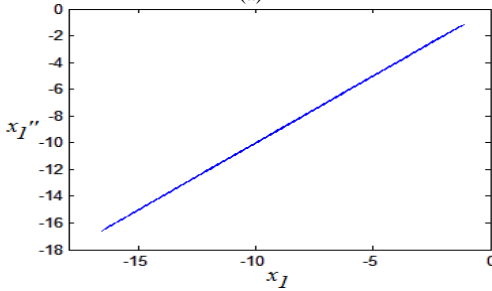
domeninde hem de $(x_1 - x_1'')$ düzleminde kaydedilmiş olup, Şekil 4’ de gösterilmektedir. Şekilden görüldüğü üzere senkronizasyon gerçekleştirimi başarıyla tamamlanmıştır.



Şekil 3. Kaotik hiperjerk sistemin senkronizasyon gerçekleştiriminde kullanılan Simulink modeli.



(a)



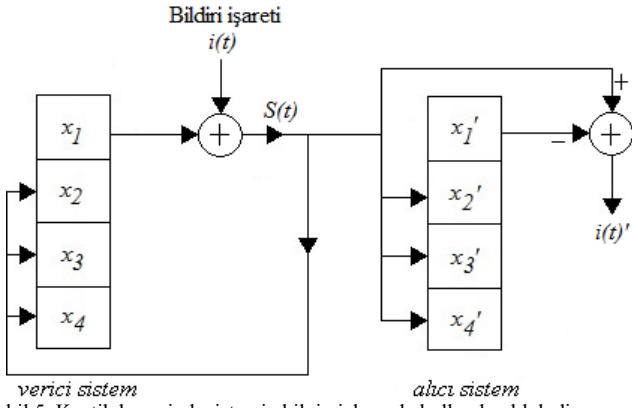
(b)

Şekil 4. Kaotik hiperjerk sistemin senkronizasyon gerçekleştiriminden elde edilen simülasyon sonuçları (a) (x_1) ve (x_1'') kaotik dinamikleri, (b) $(x_1 - x_1'')$ gösterimi.

IV. KAOTİK HYPERJERK SİSTEMİN BİLGİ GİZLEMEDE KULLANILMASI

Literatürde kaotik bilgi gizleme ile ilgili ilk çalışmalar L. Kocarev ve arkadaşları tarafından Chua devresi üzerinde, Kevin Cuomo ve Alan Oppenheim tarafından Lorenz sistemi üzerinde yapılmıştır [18, 24]. Bu çalışmada Milanovic tarafından literatüre sunulan kaotik bilgi gizleme metodu kullanılmıştır [22]. Kaotik bilgi gizlemede temel prensip, vericide kaotik işarette toplanan bilgi işaretinin, alıcıda tekrar elde edilmesidir. Bu amaçla Şekil 5’ de gösterilen blok diyagram kullanılmıştır. Kaotik hiperjerk sistemin bilgi gizleme gerçekleştiriminde kullanılan Simulink modeli Şekil 6’ da yer almaktadır. Bu uygulamada kaotik verici ve kaotik alıcı sistemlerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu sistemlerin oluşturulmasında kullanılacak denklemler aşağıda yer almaktadır.

Verici sistem için;



Şekil 5. Kaotik hiperjerk sistemin bilgi gizlemede kullanılan blok diyagramı.

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= x_3 \\ \dot{x}_3 &= x_4 \\ \dot{x}_4 &= -ax_4 + f(x_3) - bx_2 - cS(t) \end{aligned} \quad (4)$$

Burada $S(t)=x_1(t)+i(t)$ 'dir. $i(t)$, gönderilen bildiri işareti olup bu çalışmada 0.4V genlikli 1KHz frekanslı sinüs dalgadır. Vericide üretilen $x_1(t)$ işareti, iletilecek bilgi işareti $i(t)$ 'nin üzerine eklenerek gürültülü bir işaret elde edilmiş oluyor. Alıcıdaki denklem takımı;

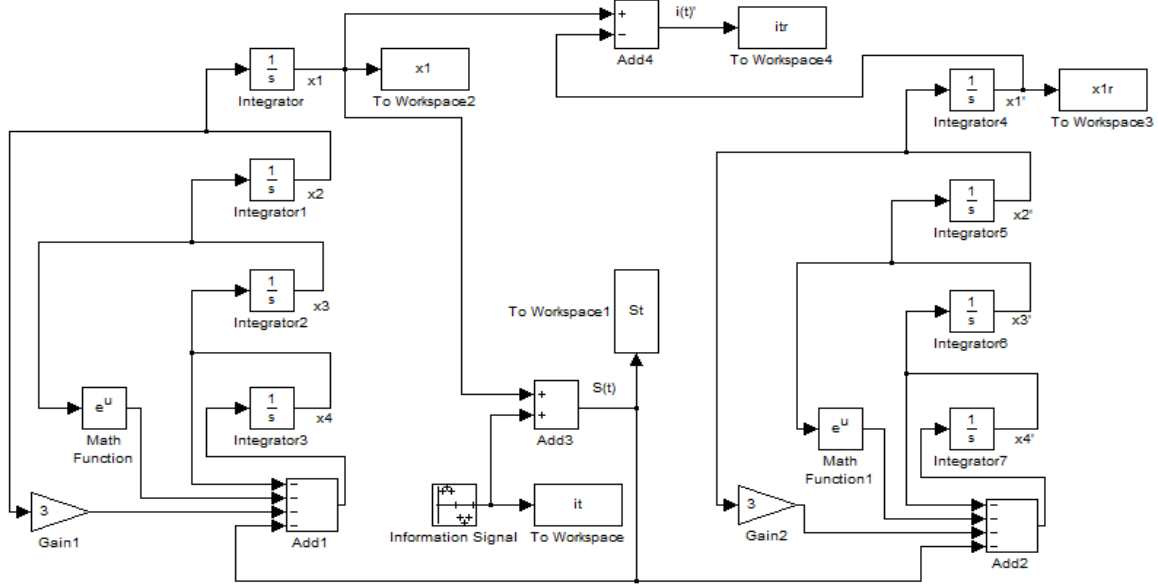
$$\begin{aligned} \dot{x}_1' &= x_2' \\ \dot{x}_2' &= x_3' \\ \dot{x}_3' &= x_4' \\ \dot{x}_4' &= -ax_4' + f(x_3') - bx_2' - cS(t) \end{aligned} \quad (5)$$

olarak verilmiştir. Alıcı sisteme ulaşan $S(t)$ işareti, $x_1'(t)$ işaretinden çıkartılarak $i(t)$ bildiri işareti yeniden elde edilir.

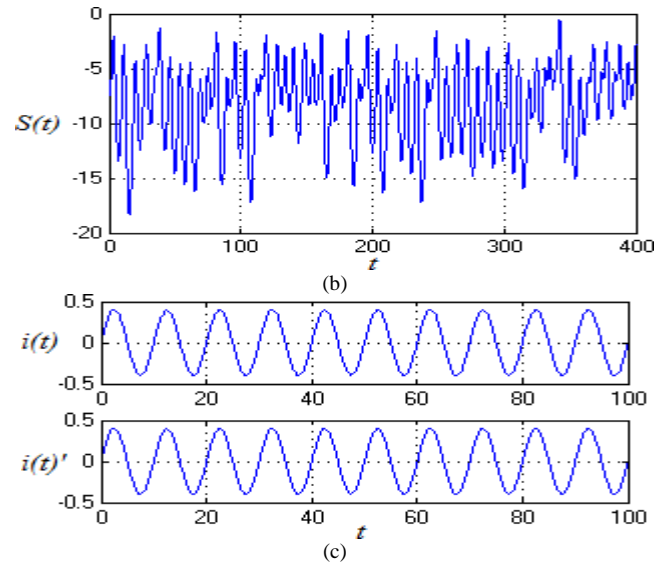
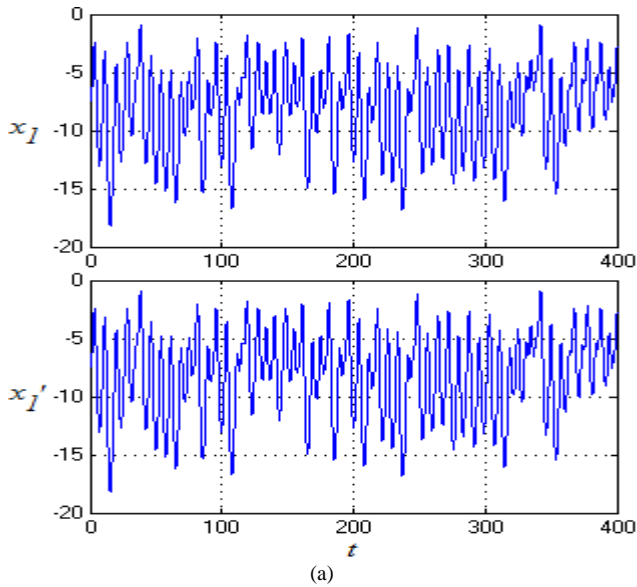
Şekil 7' de kaotik hiperjerk sistemin bilgi gizleme gerçekleştiriminin Simulink sonuçları yer almaktadır. Şekilden de görüldüğü gibi vericiden iletilen bilgi işareti alıcıda tekrar elde edilmiştir.

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada, kaotik hiperjerk sistemin Simulink tabanlı modellenmesi verilmiştir. Ayrıca bu sistemin senkronizasyon ve kaotik bilgi gizleme teknikleri kullanılarak güvenilir haberleşme uygulamaları, Simulink programı ile gerçekleştirilmiştir. Bu sistemin basit bir yapıya sahip olması, modellenmesinin kolay olması ve zengin kaotik dinamikler üretmesi sebebiyle güvenilir haberleşme uygulamalarında kullanılabilir alternatif bir kaotik yapı olabileceği görülmüştür.



Şekil 6. Kaotik hiperjerk sistemin bilgi gizleme gerçekleştiriminde kullanılan Simulink modeli.



Şekil 7. Kaotik hiperjerk sistemin bilgi gizleme gerçekleştiriminden elde edilen simülasyon sonuçları (a) $x_I(t)$ ve $x_I'(t)$ dinamikleri, (b) $S(t)=x_I(t)+i(t)$ işareti, (c) Gönderilen bildiri işareti $i(t)$ ve alıcıda elde edilen bildiri işareti $i(t)$.

KAYNAKLAR

- [1] L.O. Chua, C.W. Wu, A. Huang and Zhong, G.-Q. "A universal circuit for studying and generating chaos-Part I: Routes to chaos", IEEE Trans. on Circuits and Systems-I: Fundamental Theory and Applications, vol. 40, pp. 732-745, 1993.
- [2] M.P. Kennedy, "Robust op-amp realization of Chua's circuit", Frequenz 46, pp. 66-80, 1992.
- [3] M. Lakshmanan and K. Murali, Chaos in nonlinear oscillators, controlling and synchronization, Singapore, World Scientific, 1996.
- [4] E.N. Lorenz, "Deterministic nonperiodic flow", Journal of Atmospheric Science, vol. 20, pp. 130-141, 1963.
- [5] O.E. Röessler, "An equation for continuous chaos", Physics Letters, vol. 57, pp. 397-398, 1976.
- [6] J.C. Sprott, "A new class of chaotic circuit", Physics Letters A, vol. 266, pp. 19-23, 2000.
- [7] J.C. Sprott, "Simple chaotic systems and circuits", Am. J. Phys, vol. 68, pp. 758-763, 2000.
- [8] K. E. Chlouverakis and J.C. Sprott, "Chaotic hyperjerk systems", Chaos, Solitons & Fractals, vol. 28, pp. 739-746, 2006.
- [9] S.J. Linz, "On hyperjerk systems", Chaos, Solitons & Fractals, vol. 37, pp. 741-747, 2008.
- [10] B. Munmuangsaen, B. Srisuchinwong and J.C. Sprott, "Generalization of The Simplest Autonomous Chaotic Circuit", Physics Letters A, vol. 375, pp. 1445-1450, 2011.
- [11] J.C. Sprott, Elegant chaos: Algebraically simple chaotic flows, Singapore, World Scientific, 2010.
- [12] S. Vaidyanathan, C. Volos, V.T. Pham and K. Madhavan, "Analysis, adaptive control and synchronization of a novel 4-D hyperchaotic hyperjerk system and its spice implementation", Archives of Control Sciences, vol. 25, pp. 135-158, 2015.
- [13] L.M. Pecora and T.L. Carroll, "Synchronization in Chaotic Systems", Phys. Rev. Letters, vol. 64, pp. 821-824, 1990.
- [14] K. Murali and M. Lakshmanan, "Synchronization Through Compound Chaotic Signal in Chua's Circuit and Murali-Lakshmanan-Chua Circuit", Int. Journal of Bifurcation and Chaos, vol. 7, pp. 415-421, 1997.
- [15] H.N. Agiza and M.T. Yassen, "Synchronization of Rössler and Chen Chaotic Dynamical Systems Using Active Control", Phys. Lett. A, vol. 278, pp. 191-197, 2001.
- [16] M. Itoh, T. Yang and L.O. Chua, "Experimental Study of Impulsive Synchronization of Chaotic and Hyperchaotic Circuits", Int. J. Bifurcation and Chaos, vol. 9, pp. 1393-1424, 1999.
- [17] T. Yang, L-B. Yang and C-M. Yang, "Impulsive Synchronization of Lorenz Systems", Physics Letters A, vol. 226, pp. 349-354, 1997.
- [18] L.O. Chua, M. Itoh, L. Kocarev and K. Eckert, "Chaos Synchronization in Chua's Circuit", J. of Circuits, Systems and Computers, vol. 3, pp. 93-108, 1993.
- [19] R. Kılıç, M. Alçı and E. Günay, "Two Impulsive Synchronization Studies Using SC-CNN-Based Circuit and Chua's Circuit", Int. J. Bifurcation and Chaos, vol. 14, pp. 3277-3293, 2004.
- [20] Y. Uyaroğlu and İ. Pehlivan, "Nonlinear Sprott94 Case A Chaotic Equation: Synchronization and Masking Communication Applications", Comp. And Electrical Eng., vol. 36, pp. 1093-1100, 2010.
- [21] Ü. Çavuşoğlu, Y. Uyaroğlu and İ. Pehlivan, "Sürekli Zaman Otonom Kaotik Devre Tasarımı ve Sinyal Gizleme Uygulaması", J. of the Faculty of Eng. and Architecture of Gazi Uni., vol. 29, pp. 79-87, 2014.
- [22] V. Milanovic and M.E. Zaghoul, "Improved masking Algorithm for Chaotic Communication Systems", Electronics Letters, vol. 32, pp. 11-12, 1996.
- [23] K.M. Cuomo and A.V. Oppenheim, "Circuit Implementation of Synchronized Chaos with Applications to Communication", Phys. Rev. Lett., vol. 71, pp. 65-68, 1993.
- [24] K.M. Cuomo, A.V. Oppenheim and S.H. Strogatz, "Synchronization of Lorenz-Based Chaotic Circuits with Applications to Communications", IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 40, pp. 626-633, 1993.
- [25] C.C. Hwang, J.Y. Hsieh and R.S. Lin, "A Linear Continuous Feedback Control of Chua's Circuit", Chaos Solitons Fractals, vol. 8, pp. 1507-1515, 1997.
- [26] W. Xiang-Jun, L. Jing-Sen and C. Guan-Rong, "Chaos Synchronization of Rikitake Chaotic Attractor Using The Passive Control Technique", Nonlinear Dyn., vol. 53, pp. 45-53, 2008.
- [27] L.M. Pecora and T.L. Carroll, "Driving Systems With Chaotic Signals", Physical Rev. A, vol. 44, pp. 2374-2383, 1991.

Artırılmış gerçeklik ile mekan tasarımı

Gözde Sökezoğlu, Ozan Gelmez, Cüneyt Bayılmış

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Sakarya Üniversitesi,
Sakarya, Türkiye

gozdesokezogl@hotmail.com, ozan-bulu-t@hotmail.com, cbayilmis@sakarya.edu.tr

Özet— Dünyada teknolojinin hızlı gelişmesiyle insanlar birçok farklı uygulama geliştirmişlerdir. Bu uygulamaların arasında bulunan Artırılmış Gerçeklik uygulamaları ile gerçek dünya ve sanal dünya elementleri aynı anda birleşerek olayların inandırıcı olmasını sağlamaktadır. Bu teknoloji insanların hayatını kolaylaştırmak için veya ticari amaçlara dayanan birçok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Artırılmış Gerçeklik teknolojilerinden yararlanarak mobilya sektörüne yönelik mekân tasarımı gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulama ile mobilya satın alacak kişilerin mobilyaları elektronik aletler (tablet, telefon vb.) ile evlerinde deneyerek önceden karar vermeleri aynı zamanda mobilya satıcılarının ürünlerini daha kolay pazarlamaları amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler— Artırılmış Gerçeklik, Sanal Gerçeklik, Mobil Uygulama

I. GİRİŞ

Artırılmış Gerçeklik(AR) teknolojisi birçok sanal verinin ya da görüntünün gerçek dünya nesnelileriyle bir araya gelmesiyle oluşan bir teknolojidir. Bu teknoloji istenilen görüntülerin kamera ile alınması sırasında daha önceden belirlenen hedef noktalara, 3D olarak hazırlanmış çizimleri yazılımlar aracılığıyla yerleştirerek oluşacak görüntülerin alınmasını sağlamaktadır [1].

Artırılmış Gerçeklik sağlık, askeri, eğitim, spor, eğlence ve sosyal amaçlarda sık kullanılmasına ek olarak tasarım alanında da gün geçtikçe daha geniş bir kullanım alanına sahip olmaktadır [2]. İnsanların üzerinde düşünülmesi ve hayal edilmesi zor olan sistemleri veya objeleri gerçek hayata uyarlama istekleri karar verme aşamalarını zorlaştırmıştır. Artırılmış Gerçeklik uygulamaları bu zorlukları ortadan kaldıran teknolojilerden biridir. Örneğin bir oturma odası mobilyasının alınacak mekâna uygun olup olmadığını hayal edememek birçok kişi için önemli bir sorundur. Bu durum, yazılımcıların Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçekliği harmanlayarak insan beyninin daha kolay karar verebilmesi amacıyla yeni uygulamalar üretmeye itmiştir. Bu probleme çözüm bulmak amacıyla sunulan çalışmada “Bir boş oda ve ya mekân ile o mekânda kullanılacak mobilyaların 3D çizimler ile tasarlanması” amaçlanmaktadır.

Bildirinin geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir. Bölüm 2’de artırılmış gerçeklik kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalar incelenmektedir. Uygulamanın gerçekleştirilmesinde kullanılan teknolojiler Bölüm 3’de verilmektedir. Bölüm 4’te gerçekleştirilen uygulama sunulmaktadır. Çalışmanın sonuçları Bölüm 5’te verilmektedir.

II. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Literatürde AR teknolojilerine dayalı gerek akademik gerekse ticari birçok çalışma bulunmaktadır. Cirilus ve Brigmanis çalışmalarında sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojilerindeki hızlı gelişmenin, teknoloji becerilerini de artırdığını ve bu gelişmelerin farklı branşlarda yenilikçi teknolojik kullanımların artırımını ve önemini sağladığını öngörmektedir [3].

Uğur ve Apaydın çalışmalarında Artırılmış Gerçeklik uygulamalarının reklama beğeni düzeylerine olan etkilerini incelemiştir [4].

Yapılan araştırmalar ile Artırılmış gerçeklik pazarının büyük ölçüde artış göstereceği düşünülmektedir. Bu bağlamda Layar (Hollanda) Total Immersion (Fransa), Metaio (Almanya), Wikitude (Avusturya), Zugara (ABD), Autonomy CorporationAurasma (UK) gibi birçok teknolojik firma bu alana dikkat çekmektedir.

Literatürde sunulan çalışmaya en yakın uygulama örnekleri arasında Marshall firmasının geliştirdiği Gör&Boya uygulaması ile duvar rengini değiştiren uygulamanın gerçekleştirildiği görülmüştür. Literatürde Artırılmış Gerçeklik teknolojisini kullanan uygulamaları arttırmak mümkündür. Örnek olarak, Volkswagen’in yapmış olduğu Sanal Showroom uygulaması dikkatleri üzerine çekmektedir. Volkswagen dünyasında gezintiye çıkmak isteyen kullanıcılar, araç içi detaylardan videolu anlatımlara, zengin içeriklerle hem bilgi ediniyor hem de modelleri daha yakından tanıma imkânı buluyorlardır. Aynı zamanda Toyota’da bu uygulamanın bir örneğini gerçekleştirmiştir. İnsanların ihtiyaçları doğrultusunda gerçekleştirilmeye devam edilen Artırılmış Gerçeklik uygulamalarından L’Oreal Paris’ in Makeup Genius uygulaması ve bunlara benzer bir çok örneğin yer aldığı görülmektedir.

III. KULLANILAN TEKNOLOJİLER

A. Unity 3D

Unity3D, Unity Technologies şirketi tarafından geliştirilmiş bir oyun motorudur. İçerisinde JavaScript, C# ve Boo gibi programlama dilleri yer almaktadır. Bu programlama dilleri sayesinde az kod ile çok iş yapılabilirliktedir.

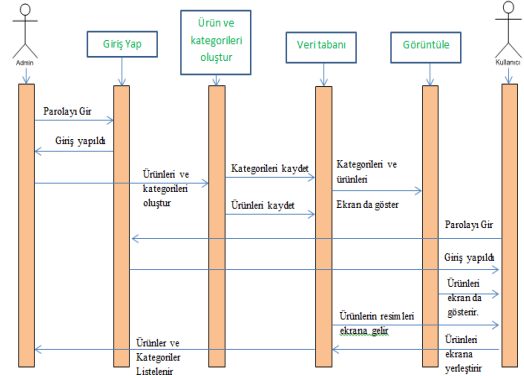
Unity kendi bünyesinde bulunan Asset Store ile ücretli ya da ücretsiz olarak hizmet sunarken aynı zamanda da Unity kullanıcıları tarafından 3D model, oyun, kod ve diğer medya paylaşımları sayesinde kendi mağazasından alışveriş yapma imkânını da sunmaktadır[5].

B. Vuforia Teknolojisi

Vuforia uygulamaları görüntülemeyi sağlayan bir platformdur. Unity'nin artırılmış gerçeklikteki yeri ise Vuforia eklentisi sayesinde uygulamalar için gerekli olan görüntüleri ve nesnelere tanıtmaya ya da gerçek dünyada ortamları yeniden oluşturmaya izin vermesiyle, herhangi bir uygulamaya çok kolay gelişmiş bilgisayar görsellikleri eklenebilmektedir.

Vuforia'nın temel özellikleri, görüntüler, nesnelere, metinler, markerler ve yeniden inşa edilen ortamları tanıma ve izleme yeteneklerini içerir[6].

Vuforia teknolojisi veri tabanı mantığına dayanmaktadır. İstenilen zemini(nesneyi) veri tabanına ekliymiş gibi Vuforia platformuna ekleyerek bu zemini(nesneyi) bir lisans numarası ile çekerek nesnelere zemini(nesneyi) tanımasına olanak sağlamaktadır.

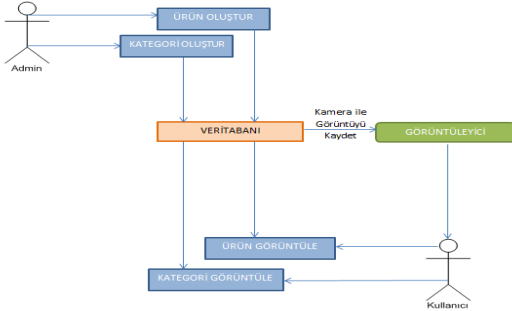


Şekil 2: Dizge(Sequence) Diyagramı

Uygulamamız temelde 5 ekrandan oluşmaktadır. Bu ekranlar aşağıda sırasıyla gösterilmiştir. Şekil 3'te giriş ekranı ve Şekil 4 'te menü ekranı görülmektedir.

IV. UYGULAMANIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Geliştirilen uygulamanın çalışması Şekil 1' de özetlenmektedir. Yönetici (admin) ve kullanıcı (user) olarak 2 girişimiz bulunmaktadır. Yönetici oluşturmak istediği kategori ve ürünleri oluşturur ve ayrıca düzenler ardından veri tabanına aktarır. Kullanıcı ise Yöneticinin oluşturduğu Ürün ve Kategorileri görüntüleyerek bunları veri tabanından alır ardından Kullanıcı seçtiği ürün ve kategoriye Görüntüleyiciye göndermek için kamerayı kullanır ve işlem/uygulama tamamlanır.



Şekil 1: Geliştirilen yazılımın blok şeması

Uygulamanın çalışma aşamaları Şekil 2'de dizge diyagramında ayrıntılı olarak verilmektedir. Dizge diyagramları nesnelere arasındaki işlemleri zaman boyutunda ele almaktadır. Şekil 2' de gösterilen dizge diyagramı Yönetici ve kullanıcının yaptığı işlemleri göstermektedir. Yönetici giriş yapar, ürünleri ve kategorileri ekler aynı zamanda düzenler. Kullanıcı ise kategorilerin altındaki ürünleri istediği şekilde seçip ekrana yerleştirebilir.



Şekil 3: Giriş Ekranı

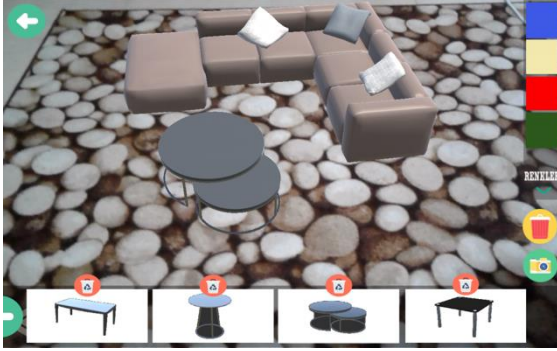


Şekil 4: Menü Ekranı

Uygulamanın Ana ekranı Şekil 5 ' te görülmektedir. Bu Ekranda kullanıcı istediği kategoriye seçerek dilediği gibi sürükleyerek bırakarak mekâna yerleştirebilmektedir. Yerleştirdikten sonra oluşan tasarımın resmini çekip kaydedebilmekte, istenmeyen nesnelere ise silip renklerini değiştirebilmektedir. Şekil 6' da buna örnek bir mekân tasarımı yapılmıştır.



Şekil 5: Ana Ekranı



Şekil 6: Masalar Kategorisi

V. PERFORMANS ANALİZİ

Arttırılmış Gerçeklik uygulamaları mobil teknolojilere yönelik geliştirildiklerinden uygulamaların enerji tüketimine etkisi önemlidir. Bu açıdan geliştirilen uygulamanın bir akıllı telefon ve bir tabletteki enerji tüketim seviyeleri incelenmiştir. Ayrıca kullanım süresi ile cihazın ısınma durumu da takip edilmiştir.

Yapılan kullanım testleri sonucunda uygulamamızın 10 dakikalık kullanımı ile 3 GB ram kapasiteli, ARMv8-A (64-bit) işlemciye sahip LG G4 akıllı telefonunda %11'lik bir batarya tüketiminde bulunmuş ve cihazda 13 derecelik bir ısı artışı göstermiştir. Aynı test 1.5 GB ram kapasiteli, 32-bit işlemciye sahip SAMSUNG GALAXY TAB E SM-T560 cihazında yapıldığında ise uygulamamız tablet bataryasında %8'lik bir tüketimde bulunmuş ve cihazda 5 derecelik bir ısı artışı meydana gelmiştir.

Bütün bu testlerin sonucunda, uygulamanın kullanıldığı cihaza göre çalışma kapasitesinin değişebileceği görülmüştür.

VI. SONUÇLAR

Arttırılmış Gerçeklik uygulamaları, tasarım, sinema, eğitim, eğlence ve sağlık gibi birçok alanda faaliyet göstermektedir.

Dünyada Arttırılmış Gerçeklik teknolojisinin hızlı gelişimi ile insanların hayal ettiği birçok uygulama hayata geçmiş bulursa da ülkemiz bu teknolojide kısıtlı kalmıştır.

Arttırılmış Gerçeklik uygulamalarından faydalanılarak gerçekleştirilen bu uygulama, insan beyninin karar verebilme mekanizmasına yardımcı olmak ve tasarımın görsele kavuşturulması amacına tanıklık etmiştir. Tüm bunlara bağlı olarak, mobilya tasarımı alanında faaliyet gösteren kişi ve kurumlar tarafından alınan dönütlerle istenilen hedefe ulaşılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Elmas Teknoloji, "http://www.regisapp.com/augmented-reality-nedir" , 02/12/2016
- [2] "marketsandmarkets.com.", Global Augmented Reality (AR) Market Forecast by Product (HMD, HUD, Tablet PC, Smartphone) for Gaming, Automotive, Medical, Advertisement, Defense, E-learning & GPS Applications (2011 - 2016). z.t.: 20/12/2016
- [3] Cirulis, A. and Brigmanis, K.B., (2013). 3D Outdoor Augmented Reality for Architecture and Urban Planning, Procedia Computer Science, 25, pp.71-79.
- [4] Uğur, İ. ve Apaydın, Ş.C., "Arttırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Reklam Beğeni Düzeyindeki Rolü", 9 Eylül 2014, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- [5] Fatih Koçak, "http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/unity3d-oyun-motoru-nedir/15164#ad-image-0", 05/12/2016
- [6] Uğur Yılmaz, "http://uguryilmaz.xyz/artirilmis-gerceklik/vuforia-5-0-sdk.html", z. t. : 07/12/2016

Adoption of Industry 4.0: A case of manufacturing firms in Turkey

Esra Yaşar*, Tuba Ulusoy⁺, Mehmet Aktan⁺

*KTO Karatay University, Turkey

esrayasaarr@gmail.com

⁺Necmettin Erbakan University, Turkey

ulusoytuba@gmail.com, maktan@konya.edu.tr

Abstract— The fourth stage of industrialization that is called as Industry 4.0, is digitalization of manufacturing. Cloud technologies, The Internet of Things (IoT), and Cyber-Physical Systems (CPS) are some of the technologies that help to make manufacturing digitalized. Although these first applications were seen in Germany, some studies indicate that manufacturing firms from developing countries have started to use Industry 4.0 technologies. These firms are mostly aware that disregarding benefits of Industry 4.0 technologies may result with falling behind in global rivalry. Turkey is one of these countries, and it has firms that are aware of advantages of using these technologies. The goal of this study is determining the adoption level of Industry 4.0 in manufacturing firms of Turkey. Some questions whose answers will be taken from the firms by a survey, are as follows: Is your firm aware of Industry 4.0 concept and its technological benefits? Which technologies are used and how do these technologies affect your productivity and costs? What are the challenges for adoption of Industry 4.0?

Keywords— Digitalized manufacturing, Industry 4.0, Turkey, survey, manufacturing industry

I. INTRODUCTION

The invention of the steam engine in 1766 is assumed as a starting point of industrialization [1]. Also, the era between 1766 and the beginning of the 20th century was the first stage of industrial revolution in the manufacturing industry. After that time, some revolutions have occurred via new inventions that directly affected manufacturing industry. At the beginning of the 20th century, electricity was started to use instead of steam [2]. In addition to this, assembly lines started to be preferred in manufacturing. The period in which these important developments took place was known as the second industrial revolution era. After that time, with the use of electronics started the third industrial revolution and production automated thanks to the development of the information technologies. And after years, the fourth industrial revolution began with the introduction of production based on Cyber Physical Systems (CPS). This concept which leads to the start of a new era was first introduced in 2011 at the Hannover Messe trade fair in Germany and attracted the attention of the world. The main topic of 2016 World Economic Forum's meeting held in Davos was "Mastering the Fourth Industrial Revolution" [3].

A. *What is the main reason of that Germany needs to introduce such a concept?*

While Europe's industry has faced some problems in the past two decades, Eastern countries, especially China, have become advantageous in terms of low production cost. Eastern countries have started to create their own brands in addition to low-cost production. This situation started to disturb Germany which is one of the European countries. The low-production cost in flexible manufacturing must be achieved to compete with Eastern countries. Because of these reasons, Germany started to search new technologies which lead industrial 4.0 revolution.

B. *What is Industry 4.0?*

Industry 4.0 is a complex system including whole technological systems [4]. More recently, Industry 4.0 provides many new technologies to a lot of fields. We can gather these technologies under the following headings.

- **Cyber-Physical Production System (CPPS):** It's the most important technology in the industry 4.0. It's the integration of physical systems and computer systems. CPPS is the first phase of industry 4.0. After this phase, the system is developed to adapt to Industry 4.0.
- **Internet of Things (IoT):** This concept is firstly introduced by Kevin Ashton in 1999. IoT is a technological scenario in which can transfer data to a local network or an internet network without the need for human-human and human-computer interaction [5]. The first technology created by IoT is radio frequency identification (RFID).
- **Cloud Computing Technology:** Cloud computing is a model of access to information on the internet. In such a model, users reach various computing services, like storage, computing and, various applications, but they don't know where this information is stored, on what servers it is run, and how it is structured technically [6].
- **Augmented Reality:** An augmented reality system supplements the real world with virtual (computer-generated) objects that appear to coexist in the same space as the real world [7].

Companies can take the advantages of these technologies. Some examples of them given as follows:

- Applications and equipment in which big data technology used that allow remote viewing can be purchased. These are the projects generally preferred in universities [8] [9].
- Companies have just begun to adopt additive manufacturing, such as 3-D printing, which they use mostly to prototype and produce individual components [10].
- While employees are working, they can both make mistakes and cause a loss of time. But this is not the case with smart operations [11].

When the benefits of Industry 4.0 is considered, it can be recognized that it is very important for companies to adopt Industry 4.0. They should prepare themselves for Industry 4.0 for their own benefits and develop self-control systems to take the necessary precautions by analyzing the indicators.

II. LITERATURE REVIEW

In the literature, we could find three studies that are similar with this study.

The first is done by PwC which is a global consulting firm. The result of the survey is presented in a report named as “Industry 4.0: Building the digital enterprise”. More than 2000 industrial companies from 26 countries are participated in the survey. The result of the survey shows that 33% of the companies reached advanced levels of digitization today and 72% of the companies expect to reach advanced levels of digitization by 2020 [12].

The second of the surveys is conducted by Boston Consulting Group (BCG). BCG, which is a global management consulting firm, prepared a report entitled “Time to Accelerate in the Race Toward Industry” in 2016. The result of a survey answered by more than 600 managers and senior executives representing 312 German and 315 US companies is given in this report. The aim of the survey is to see the status of adoption of Industry 4.0 in Germany and the US. According to this survey results, German and US companies are at almost the same pace in terms of implementing Industry 4.0 technologies. But, German companies have higher ambitions. One of the findings of the survey is the biggest challenges of implementing Industry 4.0 are lack of qualified employees, data security, and excessive investment requirement of new technologies [13].

The third study is a thesis that written in Turkey and it is similar with our study. But, in this study, the writer of thesis addressed 74 questions to the 5 firms in Sakarya that is a city in the Marmara Region of Turkey. One of the results of this study is that the concept and applications of Industry 4.0 are not yet fully understood so that efficiency taken from this concept is at the initial level [14].

Until here, the situations of the some countries in Industry 4.0 race have been given. If we look at the studies- that we can find on the web- related to Industry 4.0 have been performed in

Turkey, it can be seen that they are promising. For example, a group was formed in order to determine the road map of Turkey under the leadership of TUSIAD that stands for Turkish Industrialists’ and Businessmen’s Association. A website, <http://www.endustri40.com/>, is dedicated to Industry 4.0, aims to share useful information about this concept and help the digital transformation of Turkey manufacturing industry.

Although, as mentioned above, the studies have been made to increase Industry 4.0 awareness of Turkey manufacturing industry, the effectiveness of these studies should be measured in a variety of ways. For this reason, the adoption level of Industry 4.0 in manufacturing firms of Turkey is tried to determine by this study. A survey is conducted and key findings are presented in the next section named as Analysis of Survey Results.

III. ANALYSIS of the SURVEY RESULTS

The survey that concludes 20 questions is sent to over 100 firms from different sectors in Turkey. But, only 33 responses are taken. The questions and responses are given as follows:

1) Which sector does your company operate in? [12]

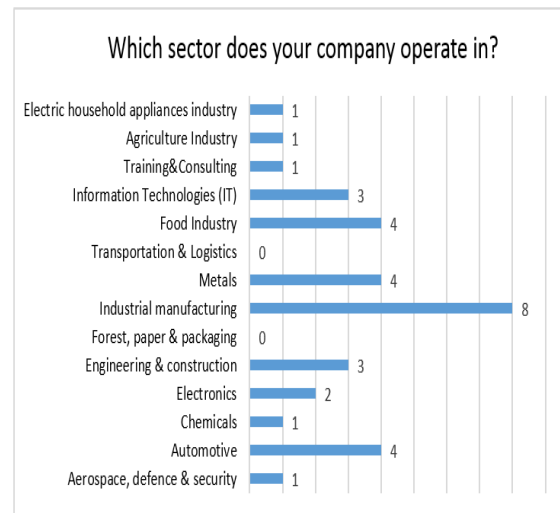


Fig. 1 Split of surveyed companies

The majority of the surveyed companies operate in industrial manufacturing. Automotive, metals, and food industry are in the secondary majority.

2) How can you classify your business by the number of employees?

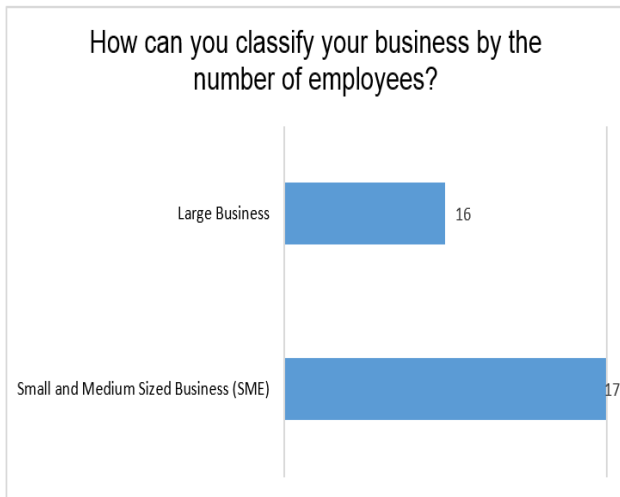


Fig. 2 Classifying of surveyed companies by number of employees

Most of the surveyed firms have less than 250 employees and they are classified as Small and Medium Sized Businesses (SMEs).

3) Does your company have knowledge of Industry 4.0 technologies?

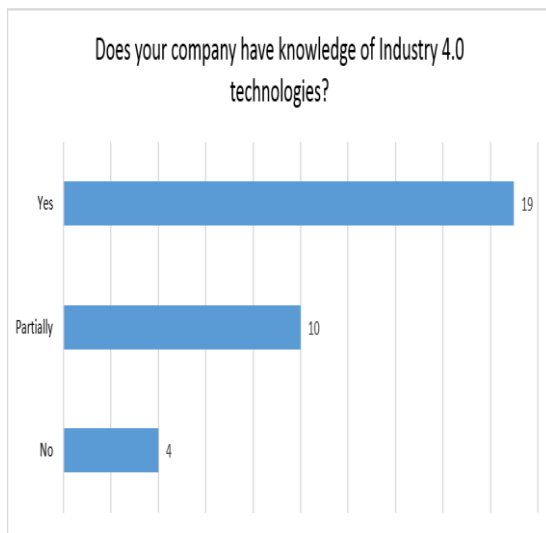


Fig. 3 Split of the responses of the third question

Over 50% of the surveyed firms say that they have knowledge of Industry 4.0 technologies. Only 4 firms doesn't have knowledge of this concept.

4) Has your company made any preparations for Industry 4.0 technologies? [13]

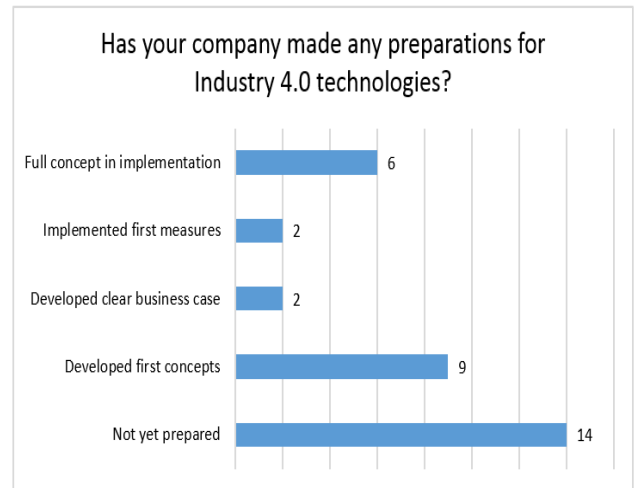


Fig. 4 Split of the responses of the fourth question

While 42% of the firms have not made any preparation for Industry 4.0 technologies, 27% of them have developed first concepts.

5) Which of the following applications are used by your company? [13]

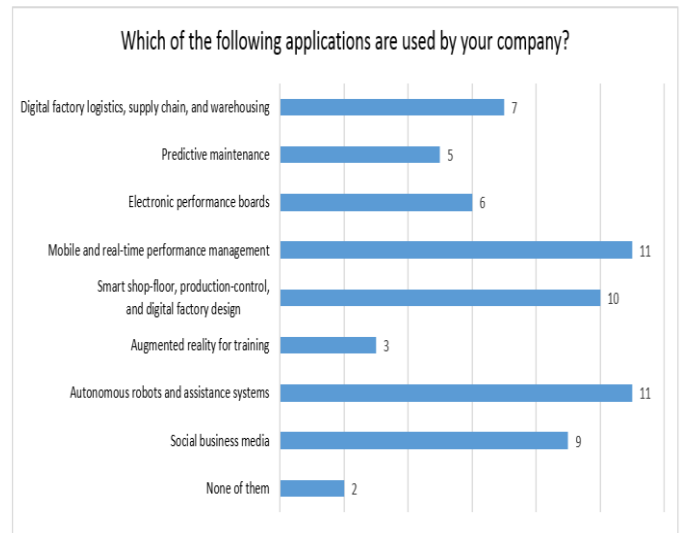


Fig. 5 Split of the responses of the fifth question

According to the survey results, autonomous robots and assistance systems, mobile and real-time performance management applications have been preferred mostly.

6) Which of the following applications are planned to be used by your company? [13]

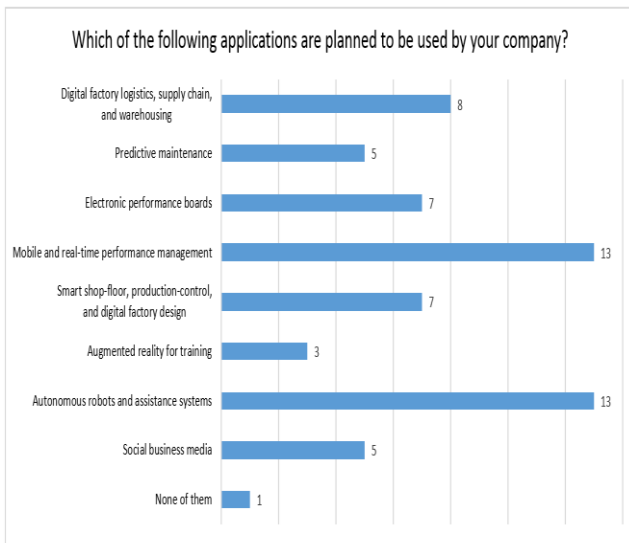


Fig. 6 Split of the responses of the sixth question

The surveyed firms are planning to use autonomous robots and assistance systems, mobile and real-time performance management applications.

7) Which qualifications do you expect more your employees to have in the future? [13]



Fig. 7 Split of the responses of the seventh question

In the future, the firms think that they will need employees that are qualified especially in data management, data security, programming, analytics, and control of manufacturing processes.

8) Which qualifications do you expect less your employees to have in the future? [13]



Fig. 8 Split of the responses of the eighth question

In the future, the surveyed firms think that they will need fewer employees that can perform manual processing.

9) How do you manage the changes in the required qualifications of your employees? [13]

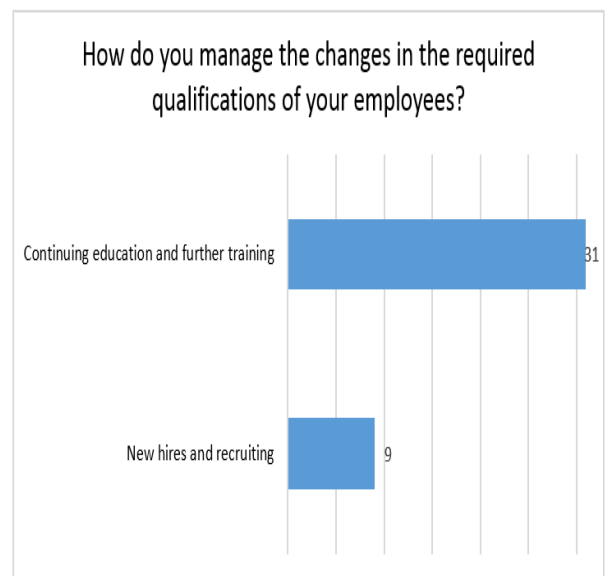


Fig. 9 Split of the responses of the ninth question.

Most of the surveyed firms prefer continuing education and further training to new hires and recruiting in the management of the changes in the required qualifications of their employees.

12) What will the amount of your firm's investment be in digital technology within the next five years? [12]

10) What are the biggest challenges to implement Industry 4.0 concept for your company? [12], [13].

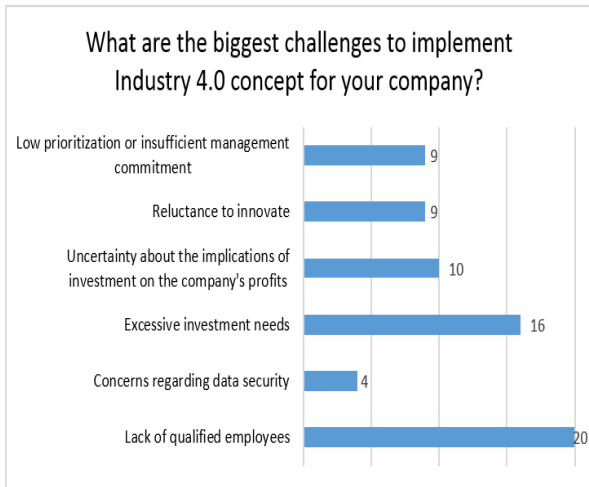


Fig. 10 Split of the responses of the tenth question.

According to the survey results, lack of qualified employees and excessive investment needs are the biggest challenges to implement Industry 4.0.

11) In the current situation, what is the amount of your firm's investment in digital technology? [12]

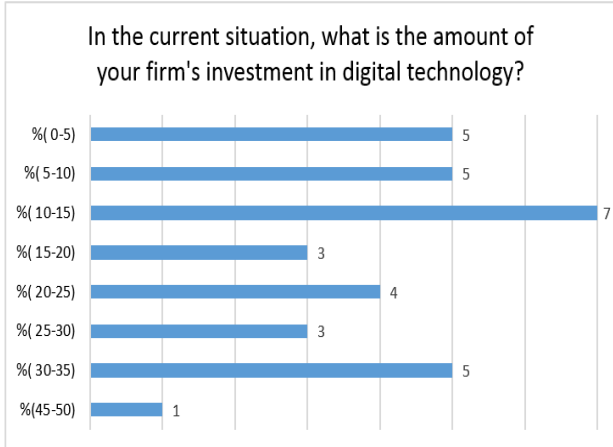


Fig. 11 Split of the responses of the eleventh question.

In the current situation, most of the firms say that amount of firms' investment in digital technology is less than 15% of annual revenue.

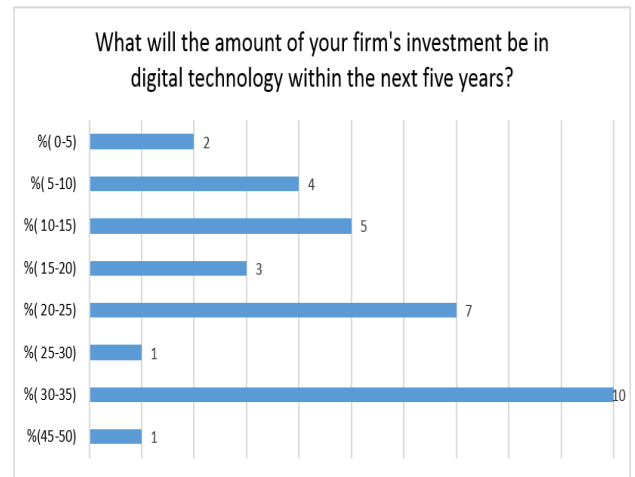


Fig. 12 Split of the responses of the twelfth question.

Over the next five years, most of the firms say that amount of firms' investment in digital technology will be more than 10% of annual revenue.

13) In your opinion, what are the benefits of digitized production? [12]

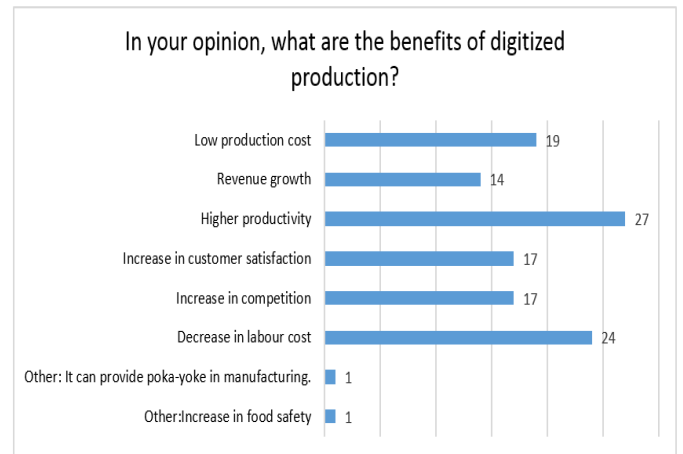


Fig. 13 Split of the responses of the thirteenth question.

According to survey results, low production cost, revenue growth, higher productivity, increase in customer satisfaction, increase in competition, increase in food safety, and decrease in labour cost are expected benefits of digitized manufacturing. Also, one respondent says that it can provide poka-yoke in manufacturing.

14) Do you think that digitized manufacturing has disadvantages? If your answer is "Yes", would you like to tell these disadvantages briefly?

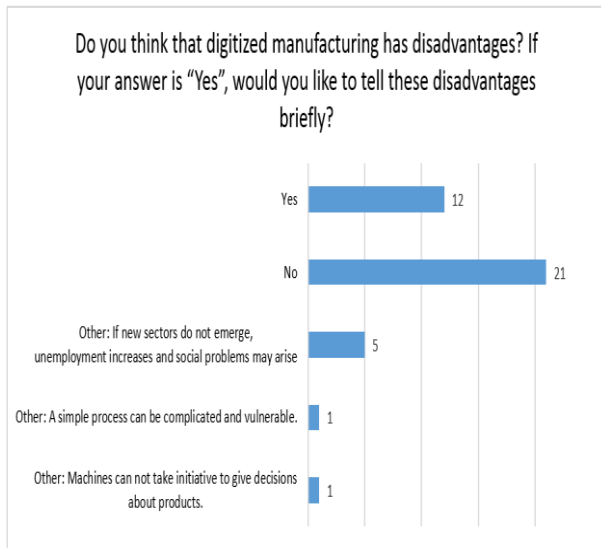


Fig. 14 Split of the responses of the fourteenth question.

Most of the surveyed firms do not think that digitized manufacturing has disadvantages. But, some of them think that it can increase unemployment rate and cause social problems. Also, one of the respondent says that machines cannot take initiative to give decisions about products.

15) Is your company planning to carry out studies on data analytics in the next 5 years? [12]

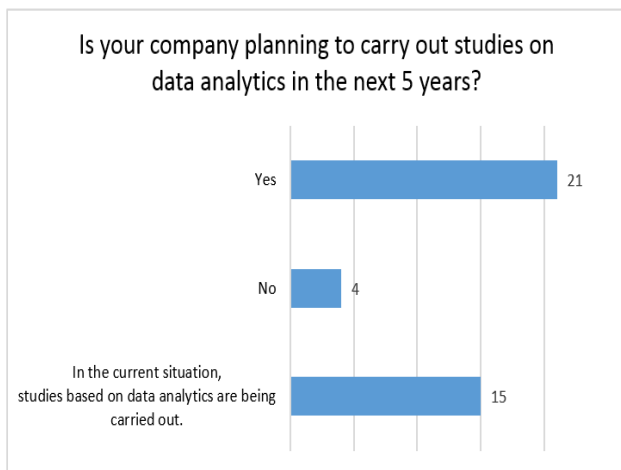


Fig. 15 Split of the responses of the fifteenth question.

Very few of the respondents say that they are not planning to use data analytics. Most of them is planning to use in the next five years and 15 respondents say that the studies based on data analytics are already being carried out.

16) In which areas is your company planning to use the data analytics over the next 5 years? [12]

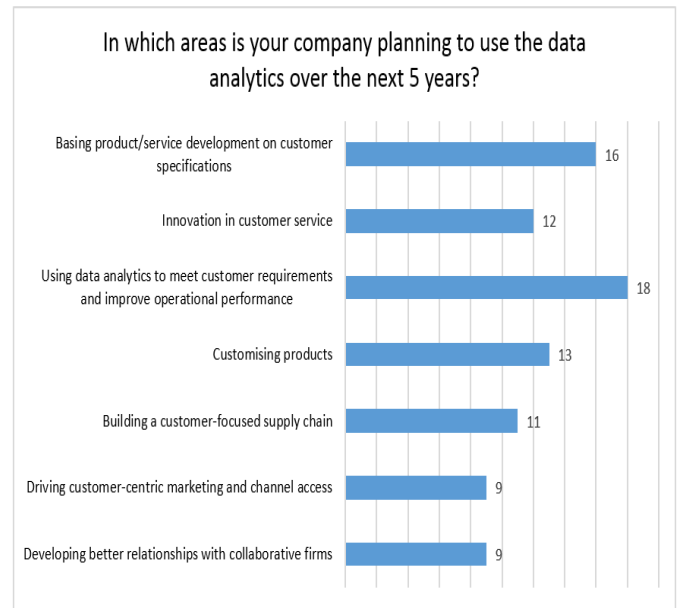


Fig. 16 Split of the responses of the sixteenth question.

According to the survey results, the firms are planning to use data analytics to meet customer requirements and improve operational performance.

17) What are your company's concerns about the data security? [12]

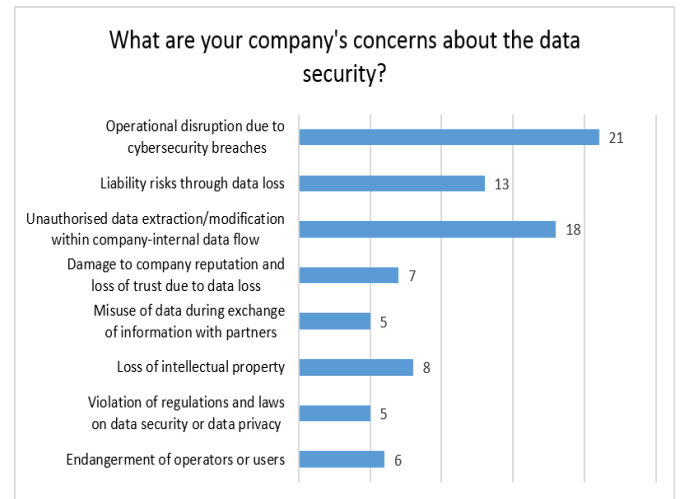


Fig. 17 Split of the responses of the seventeenth question.

Most of the surveyed firms have concerns about the data security. Operational disruption due to cybersecurity breaches and unauthorised data extraction/modification within company- internal data flow are most common concerns that the firms have

18) Do you think that Industry 4.0 technologies can cause problems that related to unemployment since labor-intensive manufacturing is reduced?

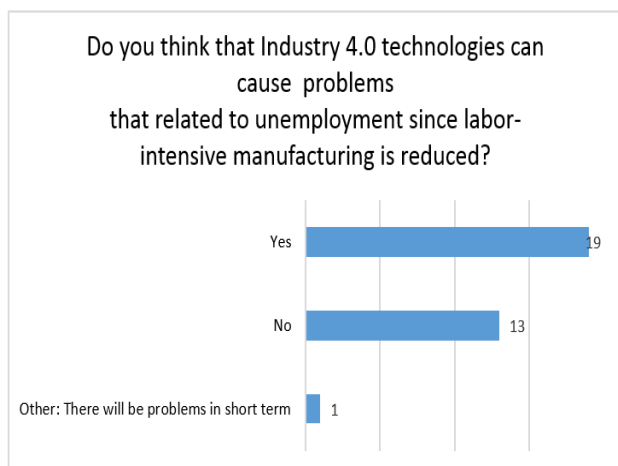


Fig. 18 Split of the responses of the eighteenth question.

58% of the firms think that Industry 4.0 technologies can cause problems that related to unemployment since labour-intensive manufacturing is reduced.

19) Do you think that Industry 4.0 would have a positive effect on the issues that are related to society like environment and health?

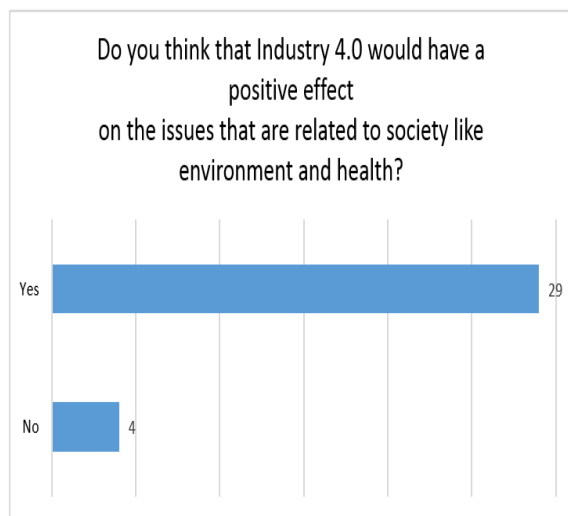


Fig. 19 Split of the responses of the nineteenth question.

Most of the surveyed firms think that Industry 4.0 concept would have a positive effect on the issues that are related to society like environment and health.

20) Do you have any comments that are not mentioned in the survey?

84.8% of survey respondents don't want to make any comments about Industry 4.0 concept. Some of the respondents' views are given as follows:

- "In terms of food safety, Industry 4.0 concept should not be neglected."
- "Industry 4.0 technologies can help to reduce production cost and increase productivity but using these technologies can cause unemployment. In order to prevent its adverse effects, some jobs should be kept doing by manually."
- "It seems that a large portion of the businesses in our country are not ready for Industry 4.0. If we want to be a developed country, the required works for Industry 4.0 should be performed in a widespread manner."

IV. CONCLUSIONS

However, we don't reach so many firms to conduct the survey, the answers show that the most of the firms that answer the questions are aware of Industry 4.0. Also, the studies tried to be carried out are promising for Turkey manufacturing industry.

It is admitted that challenges of the implementation of the Industry 4.0 technologies for Turkey firms are not limited with those that mentioned in this study. But, necessary precautions should be taken not to be left behind in the Industry 4.0 race by considering their pros and cons.

ACKNOWLEDGMENT

We used some questions and choices of the surveys of BCG and PwC in our research by citing properly.

REFERENCES

- [1] E. Uhlmann, E. Hohwieler, and C. Geisert, "Intelligent production systems in the era of industrie 4. 0 – changing mindsets and business models, Vol. 17, No. 2, 2017.
- [2] R. Schmidt, M. Möhring, R. Härting, R. Reichstein, P. Neumaier, P. Jozinović, "Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results, In International Conference on Business Information Systems, pp. 16-27, Springer, Cham, 2015.
- [3] S. Pfeiffer, "The Vision of 'Industrie 4.0' in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded", Nanoethics, Vol. 11, No. 1, pp. 107–121, 2017.
- [4] K. Zhou, T. Liu & L. Zhou, "Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)", 12th International Conference on IEEE, pp. 2147-2152, 2015.
- [5] Techtargget.com, "Internet of Things (IoT)", Available: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT,2016>.
- [6] İ.H Seyrek, "Bulut Bilişim: İşletmeler için fırsatlar ve zorluklar", 2011.
- [7] R. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier & B. MacIntyre, "Recent advances in augmented reality. IEEE computer graphics and applications", 21(6), 34-47, 2001.
- [8] Honeywell, "Multi Zone Thermostat - evohome", Available: <https://getconnected.honeywell.com/en/evohome>, 2014
- [9] K.VanHemert, "This Brilliant Washing Machine Is a Roadmap for the Internet of Things", Available: <https://www.wired.com/2014/04/this->

- [brilliant-internet-connected-washer-is-a-roadmap-for-the-internet-of-things/](#), 2014.
- [10] M. Rüßmann, M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner, J. Justus, P. Engel, & M. Harnisch, "Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries". Boston Consulting Group, 9, 2015.
- [11] D. Kolberg, & D. Zühlke, "Lean automation enabled by industry 4.0 technologies." IFAC-PapersOnLine, 48(3), 1870-1875, 2015.
- [12] R. Geissbauer, J. Vedso, S. Schrauf, "Industry 4.0: Building the digital enterprise", Available: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industry-4.0.html>, 2015.
- [13] M. Lorenz, D. Küpper, , M. Rüßmann, A. Heidemann, A. Bause, "Time to Accelerate in the Race Toward Industry 4.0", Available: <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/lean-manufacturing-operations-time-accelerate-race-toward-industry-4/>, 2016
- [14] C. Ozkurt, "Endüstri 4.0 Perspektifinden Türkiye’ de İmalat Sanayinin Durumu: Sakarya İmalat Sanayi Üzerine Bir Anket Çalışması", 2016.

Kontrol altında olmayan prosesin çok değişkenli ayrıştırma yöntemi ile analizi ve uzman sistem esas alan bir iyileştirme modeli

Semra Boran¹, İhsan Hakan Selvi², Deniz Demircioğlu Diren³

^{1,3}Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Sakarya, Türkiye
{boran, ddemircioglu}@sakarya.edu.tr

²Sakarya Üniversitesi, Bilişim Sistemleri Mühendisliği, Sakarya, Türkiye
ihselvi@sakarya.edu.tr

Özet— Üretim süreçlerindeki karmaşık yapı süreçlerin yönetilmesini güçleştirmektedir. İşletmelerin rekabet unsuru olan kaliteli ürünlerin üretilmesi için bu proseslerin etkin yönetilmesini sağlayacak daha gelişmiş yöntemlere olan ihtiyaç da bu nedenle artış göstermektedir. Karmaşık süreçlerde kalitenin etkin kontrolü çok değişkenli kalite kontrol diyagramları aracılığıyla yapılabilmektedir. Ancak çok sayıda değişkenin eş zamanlı etki ettiği üretim süreçlerinde ortaya çıkan kontrol dışı durumun hangi değişkenden kaynaklandığını belirlemek oldukça zordur. Prosesleri kontrol altına almak için yapılacak iyileştirmeler değişkenliğin azaltılması ve ortadan kaldırılmasını içerdiğinden doğru değişken/leri belirlemek oldukça önemlidir. Bu çalışmada önce Mason-Young-Tracy (MYT) ayrıştırma yöntemi ile prosesi kontrol dışı yapan değişken/ler belirlendikten sonra bunların ortadan kaldırılması ile ilgili uzman sistem yaklaşımı esas alan bir model geliştirilmiştir. Amaçlanan modelin geçerliliği bir örnek uygulama ile gösterilmektedir.

Anahtar kelimeler— Çok değişkenli kontrol diyagramı, Mason Young Tracy (MYT) ayrıştırma yöntemi, Uzman sistemler, proses yönetimi, kalite iyileştirme

I. GİRİŞ

Günümüzde kuvvetli rekabet ortamında bulunan işletmeler için en önemli rekabet unsuru kalitedir. Kaliteli ürün veya hizmetleri düşük maliyetle üretmek uygun fiyatlarla müşteriye sunanlar rakiplerine üstünlük sağlayabilecektir. Ancak gittikçe karmaşık yapı gösteren ürünlerin izlenmesi zor olan karmaşık proseslerde üretildiği görülmektedir. Dolayısı ile proseslerin kontrolü için daha gelişmiş yöntemlere olan ihtiyaç da artış göstermektedir. Süreç çıktılarının kalitesinin sağlanması ve iyileştirmesinde yapay zeka tekniklerinin kullanımı bu ihtiyacı büyük ölçüde karşılamaktadır.

Üretim süreçlerinin kalite performansı genellikle eş zamanlı etki eden birden fazla değişkene bağlıdır. Süreçlerin kontrol altında olup olmadığının izlenmesi için tek parametrenin olması durumunda klasik Shewhart kontrol diyagramlarından yararlanılıyorken birden fazla değişken olması durumunda, eş zamanlı değerlendirmek için, çok değişkenli kontrol diyagramı kullanılmalıdır. Her bir değişken için ayrı ayrı Shewhart kontrol diyagramı oluşturularak prosesi izlemek mümkündür ancak bu büyük oranda zaman kaybına neden olur ve aralarındaki etkileşimin değerlendirilmesi mümkün olmadığı

için sonuçların yorumlanması zordur. Çok değişkenli kontrol diyagramı tüm değişkenleri eş zamanlı olarak ele aldığından bu olumsuz özellikleri ortadan kaldırmaktadır [1]. Çok değişkenli kontrol diyagramı çeşitleri şu şekildedir; Hotelling T², MEWMA ve MCUSUM. Bu kontrol diyagramlarının çok sayıda olumlu özelliğinin yanı sıra en büyük olumsuz özelliği, prosesden alınan örneğin kontrol sınırları dışında olması yani prosesin kontrol dışı olması durumunda bunun hangi değişken(ler)den kaynaklandığını gösterememesidir. Prosesin kontrol altına alınması için değişimin azaltılmasını sağlayacak iyileştirmeler yapılması gerektiğinden bu değişken(ler)in belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için çok değişkenli kontrol diyagramları ile izlenen proseslerde kontrol dışı olma durumunda buna neden olan değişken(ler)ı belirleyecek ayrıştırma yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla geliştirilen en önemli yöntem Mason-Young- Tracy (MYT) olarak bilinmektedir.

MYT yöntemi ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yer almaktadır. Parra ve Loaiza (2006) çok değişkenli T² MYT ayrıştırma methodunu kullanarak, kimya ve eczacılık sektöründe ilacın içeriğindeki saflık tutarlılığının çalışıldığı bir uygulamaya yapılmıştır [2]. Çetin ve Birgören (2007) tarafından pirinç eritme süreciyle ilgili yapılan çalışmada pirinç içeriğindeki elementlerin neden olduğu kontrol dışı durumlar MTY ayrıştırma yöntemi ile incelenmiştir [3]. Yılmaz (2012) tarafından yapılan çalışmada bir devlet hastanesindeki müşteri memnuniyeti ve yoğun bakım performansının kalitesinin incelenmesi için çok değişkenli kontrol diyagramları kullanılmış ve sonrasında ortaya çıkan kontrol dışı durumların nedenleri MYT ayrıştırma yöntemi ile incelenmiştir [4].

Uzman sistemler (US), yapay zekanın bir dalıdır ve 1960'lı yılların ortalarında yapay zeka topluluğu tarafından geliştirilmiştir. US'in arkasındaki temel fikir, basit bir şekilde, göreve özgü geniş bilgi birikimi olan bir uzmanlığın bir insandan bilgisayara aktarılmasıdır. Bu bilgi daha sonra bilgisayarda saklanır ve kullanıcılar, bilgisayarı gerektiğinde özel tavsiyelerde bulunurlar. Bilgisayar çıkarımlar yapabilir ve belirli bir sonuca varabilir. Sonra bir insan danışmanı gibi tavsiyede bulunur ve gerekirse tavsiyenin arkasındaki mantığı açıklar [5]. Literatürde kontrol diyagramında uzman sistem kullanılan çok sayıda çalışma vardır. Bag ve diğerleri

(2012) prosesin kontrol dışı olma durumlarını tanımlayan bir uzman sistem geliştirmişlerdir [6]. Dağlı ve Stacy (1988) tarafından uygun kontrol diyagramının seçimi için bir uzman sistem modeli tanımlanmıştır [7]. Pham ve Öztemel (1992) ortalama ve değişim aralığı kontrol diyagramı ile prosesin izlenmesinde kontrol dışı durumların belirlenmesi için uzman sistem modeli oluşturmuşlardır [8]. Lyu ve Chen (2009) çalışmalarında çok değişkenli proses kontrol diyagramı için otomatik görsel muayene uzman sistem yapısı geliştirerek muayene ile ilgili doğru kararların verilmesini amaçlamışlardır [9].

Bu çalışmanın amacı proseslerin kontrol altında olma sürekliliğini sağlamak amacıyla model geliştirmektir. Model için iki ayrı yöntemden yararlanılmıştır. Öncelikle MYT yöntemi ile prosesi kontrol dışı yapan büyük proses değişkenleri belirlenerek daha sonra uzman sistemler ile bu değişkenler için iyileştirme faaliyet önerileri geliştirilmiştir. Böylece değişken türüne göre uygun iyileştirme türlerinin tanımlanmasının ve prosesin çıktısı olan ürün kalitesinin iyileşmesinin hızlandırılması beklenmektedir.

II. YÖNTEMLER

A. Hotelling T^2 Kontrol Diyagramı

Çok değişkenli kontrol diyagramları ilk olarak Hotelling (1947) tarafından ilişkili p-değişkeni eşzamanlı olarak izlemek için geliştirilmiştir. Bu yeni yaklaşım tek değişkenli Shewhart diyagramlarındaki eksikliği gidermiştir [10]. T^2 istatistiği çok değişkenli normal dağılıma dayalı istatistiksel uzaklığın bir ölçütüdür. Hotelling T^2 diyagramı bu istatistiğin çizelgeye uyarlanmasıyla gelişmiştir. Hotelling T^2 nin değişkenler arasındaki korelasyon yapısı sayesinde Shewhart diyagramının yakalayamadığı kontrol dışı noktaları yakalayabilmektedir [11]

Kontrol diyagramına işaretlenecek T^2 istatistiği;

$$T^2 = n(\bar{x} - \bar{\bar{x}})S^{-1}(\bar{x} - \bar{\bar{x}}) \quad (1)$$

eşitliği ile bulunur. Hotelling T^2 kontrol diyagramının oluşumunda iki aşama mevcuttur. Birincisinde m adet örnek alınarak \bar{x} ve S değerleri hesaplanır ve sürecin kontrol altında olup olmadığı kontrol edilir. Burada geçmiş verilerden yararlanarak prosesin izleneceği ikinci aşama, gerekli olan kontrol altındaki gözlem verilerini elde etmektir. İkinci aşamada gelecekteki üretim görüntülenmektedir. T^2 kontrol grafiğinin birinci aşama için oluşturulacak kontrol sınırları aşağıda verilmiştir.

$$\bar{ÜKS} = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha,p,mn-m-p+1}$$

$$AKS=0 \quad (2)$$

Gelecek üretimi görüntülemek için kurulan ikinci aşamada ki diyagramın kontrol sınırları ise aşağıdaki gibidir.

$$\bar{ÜKS} = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha,p,mn-m-p+1}$$

$$AKS=0 \quad (3)$$

B. MYT Ayırıştırma Yöntemi

Mason ve diğerleri (1995) T^2 istatistiğini parçalara ayırmaya dayanan ve kontrol dışı sinyalin yorumlanarak hangi parametreden kaynaklandığını anlamaya yardım eden Mason-Young-Tracy (MYT) ayırıştırma yöntemini geliştirmişlerdir [12],[13].

Bu yöntemde ilk olarak T^2 istatistiği ($T^2=(X_i - \bar{X})'S^{-1}(X_i - \bar{X})$) koşullu ve koşulsuz parçalara ayrıştırılır. Tek değişken ele alındığında hesaplamalar koşulsuz parçaları, birden fazla değişkenin etkileşimli olarak hesaplandığı parçalar ise koşullu parçaları ifade eder.

$$T^2 = T^2_{p-1} + T^2_{p,1,\dots,p-1} \quad (4)$$

$$T^2_{p-1} = \left(X_i^{(p-1)} - \bar{X}^{(p-1)} \right)' S_{XX}^{-1} \left(X_i^{(p-1)} - \bar{X}^{(p-1)} \right) \quad (5)$$

$$T_{p,1,p-1} = \frac{X_{ip} - \bar{X}_{p,1,\dots,p-1}}{S_{p,1,\dots,p-1}} \quad (6)$$

Koşullu ve koşulsuz parçalar tanımlanmış olan eşik değerlerini aşarsa o değişken ya da değişken grubunda kontrol dışı duruma neden olan etmenin varlığından söz edilebilir.

Koşulsuz terim için eşik değeri:

$$KD_z = \left(\frac{m_g + 1}{m_g} \right) F_{\alpha,1,m_g-1} \quad (7)$$

Koşullu terim için eşik değeri:

$$KD_z = \left(\frac{(m_g+1)(m_g-1)}{m_g(m_g-k-1)} \right) F_{\alpha,1,m_g-k} \quad (8)$$

Bu şekilde tüm değişken ve değişken grupları kontrol edilerek yorumlanır [12],[13]

C. Uzman Sistemler

Uzman Sistem (US) insan bilgisini gerektiren problemleri çözmek için kullanılan bilgisayar yazılımıdır. Yazılımın mantığı, bilgilerin bilgi tabanına depolanması ve daha sonra bu bilgi tabanlarının üzerinde yapılan çıkarımlarla sonuca ulaşmaktır. Yani US, insan bilgisini kullanarak problemleri çözmeyi sağlayan bilgisayar sistemleridir.

Kural tabanlı uzman sistemin temel elemanları şunlardır [14]:

- 1) Bilgi Tabanı: Problem çözümü için gerekli bilgileri bilgi tabanında yer alır. Kural tabanlı uzman sistemlerde bilgiler kurallar halinde içerilir. Kurallar EĞER O ZAMAN yapısındadır. Her kural bir ilişkiyi, bir emri, bir stratejiyi ya da bir sezgiyi ifade eder. Kuralın ilk bölümü doğrulanırsa ikinci kısmı uygulanır.
- 2) Veri tabanı: Veri tabanında bilgi tabanında yer alan kuralların ilk bölümleriyle eşleşen gerçekleri içerilir.

- 3) Açıklama Kabiliyeti: Sistemin, kullanıcıya eriştiği bir sonuca nasıl ulaştığını (çıkarm zincirini) anlatma / açıklama özelliğidir.
- 4) Kullanıcı Arayüzü: Sistemin kullanıcı ile etkileşimde bulunduğu bölümdür.

III. AMAÇLANAN MODEL

Bu çalışmada amaçlanan model iki ayrı yöntemin birleştirilmesinden oluşmaktadır.

Modelin adımları şunlardır:

- 1) Hotelling T2 çok değişkenli kontrol diyagramının prosesin kontrol dışı olmasına neden olan örnekleri geçmiş ölçü değerlerine göre tanımlamak için oluşturulması.
- 2) MYT ayrıştırma yöntemi ile bir prosesin kontrol dışı olduğu sinyali veren bir örnek değerinin hangi değişken(ler) den dolayı üst kontrol sınırının dışına çıktığının belirlenmesi
- 3) Uzman sistemler yöntemi ile prosesin kontrol dışına çıkmasına neden olan değişken (ler) için iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi

IV. UYGULAMA

Uygulama otomobil imalatında kullanılan bir parça üzerindeki boya kalitesi ile ilgili yapıldı. Boyanın sabitlenmesi için parça sabitleme fırın kabininden geçmektedir. Bu parçanın boya kalitesi üzerine etki eden üç değişken, kabinlerin nem, sıcaklık ve basınç değerleri olarak belirlendi.

Bu değişkenler için değer aralıkları Tablo 1'deki gibidir.

TABLO 1.

PROSES DEĞİŞKENLERİN DEĞER ARALIKLARI

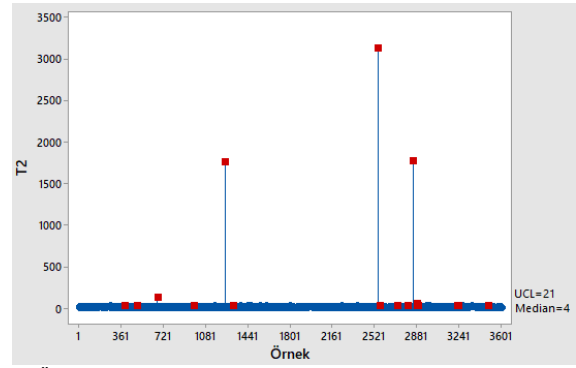
Değişkenler	Düşük	Normal	Yüksek
Sıcaklık (°C)	0-17	18-20	21-22
Basınç (N/m ²)	0-12	13-20	21-25
Nem (%)	0-69	70-74	75-81

Boya kalitesinin artışı boyama prosesindeki iyileşmeler ile sağlanacaktır. Bu nedenle prosesin kontrol altında olup olmadığının belirlenmesi ve kontrol dışı olması durumunda iyileşmelerin yapılabilmesi için çok değişkenli kontrol diyagramlarından Hotelling T2 kontrol diyagramı uygulandı (Şekil 1).

Prosesten her biri 1 birimden oluşan 3602 örnek alınarak üç değişken ile ilgili ölçümler yapıldı ve kontrol diyagramı oluşturuldu.

490, 668, 977, 1244, 1311, 2548, 2566, 2711, 2804, 2850, 2884, 2885, 2886, 3224, 3225, 3226, 3230, 3485 nolu 18

örneğin üst kontrol sınırının dışında kaldığı yani prosesin kontrol dışı olduğu görüldü.



Şekil 1. Üç değişkenin etki ettiği boyama süreci için Hotelling T2 kontrol diyagramı

Bu örnekler MYT ayrıştırma yöntemiyle incelenerek hangi değişken (ler) den dolayı kontrol dışı olduğu belirlendi. Bunun için algoritmanın adımları çözüldü ve bu sonuçlar Minitab programı ile desteklendi(Tablo 2).

TABLO 2.

MYT AYRIŞTIRMA YÖNTEMİ SONUCU

Örnek Numarası	Kök neden	Örnek Numarası	Kök neden
490	Basınç	2884	Basınç
668	Basınç		Nem
977	Basınç	2885	Basınç
1244	Sıcaklık		Nem
1311	Basınç	2886	Basınç
2548	Nem		Nem
2566	Basınç	3224	Basınç
2711	Basınç	3225	Basınç
2804	Basınç	3226	Basınç
2850	Sıcaklık	3230	Basınç
	Basınç	3485	Basınç

Örneğin, 490 numaralı örnek sıcaklık ve nem değişkenleri için kontrol altındayken basınç değişkeninden dolayı üst kontrol sınırı dışına çıkmıştır. 2850 numaralı örnek için ise hem sıcaklık hem basınç etkisiyle kontrol dışına çıkmış nemin kontrol dışına çıkma üzerinde bir etkisi yoktur denilebilir.

Örneklerin kontrol dışı olmasında üç değişkenin de etkili olduğu görülmüştür. Değişkenlerin ortadan kaldırılması için doğru iyileştirme önerileri yapabilmek için öncelikle kontrol dışı ortak durumlar Tablo 1'deki değerlerde göz önüne alınarak hata tipi adı altında tanımlanmıştır (Tablo 3).

İyileştirme önerileri için uzman sistemlerden yararlanılacaktır. Bunun için (Tablo 4) de tanımlanan hata tipleri için kurallar oluşturuldu.

TABLO 3.

KONTROL DIŞI OLMAYA NEDEN OLAN ÖRNEKLERİ İÇİN HATA TIPLERİ

Örnek numarası	Sıcaklık	Basınç	Nem	Hata Tipi
668, 997	N	D	N	Hata Tipi1
490,2804,323 0,3485,1311, 2566,2711,32 24,3225,3226	N	Y	N	Hata Tipi2
1244	D	N	N	Hata Tipi3
2548	N	N	D	Hata Tipi6
2850	D	D	N	Hata Tipi4
2884,2885,28 86	N	Y	Y	Hata Tipi5

N: normal D: düşük Y: yüksek

TABLO 4.

KURALLAR

Kural Numarası	Kural
1	Eğer Sıcaklık= N VE Basınç=D VE Nem=N O ZAMAN Kabine hava bas
2	Eğer Sıcaklık=N VE Basınç=Y VE Nem=N O ZAMAN Kabinden hava boşalt
3	Eğer Sıcaklık=D VE Basınç=N VE Nem=N O ZAMAN Kabini ısıt
4	Eğer Sıcaklık=D VE Basınç=D VE Nem=N O ZAMAN Kabine sıcak hava bas
5	Eğer Sıcaklık=N VE Basınç=Y VE Nem=Y O ZAMAN Kabinden hava boşalt ve hava kurutma ekipmanı kullan
6	Eğer Sıcaklık= N VE Basınç=N VE Nem=D O ZAMAN Kabine buhar ver

V. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada boya kalitesi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Çok değişkenli kontrol diyagramları ile kalite kontrol edilerek hatalar tespit edilmiş ve MYT yöntemi ile hataya neden olan değişken(ler) bulunmuştur. Literatürde hata kaynağının tespit edildiği çalışmalar bulunmaktadır [2],[3],[4] fakat bizim çalışmamız da bunlardan farklı olarak hata nedenleri tespit edildikten sonra bu nedenleri ortadan kaldırmayı sağlayacak iyileştirme önerilerini verecek bir uzman sistem geliştirilerek mevcut yapıya eklenecektir. Böylece uzman sistem sayesinde sistem kendi kendini yönetebilen bir yapıya dönüşmüş olacaktır. Bu da zaman, maliyet ve doğruluk açısından fayda sağlayacaktır.

REFERENCES

- [1] Montgomery, "Introduction to Statistical Quality Control", 6th Edition
- [2] Parra.M., Loaiza.P.R., "Application of the Multivariate T2 control Chart and the Mason-Tracy –Young Decomposition Procedure to the Study of the Consistency of Impurity Profiles of Drug Substance" Quality Engineering, Vol.16, No.1, pp. 127-142, 2003-04
- [3] Çetin. S., Birgören. B., "Çok Değişkenli Kalite Kontrol Çizelgelerinin Döküm Sanayiinde Uygulanması", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 22, No 4, 809-818, 2007
- [4] Yılmaz. H., "Çok Değişkenli İstatistiksel Süreç Kontrolü: Bir Hastane Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi,

- [5] Hilas. S.C., "Designing An Expert System For Fraud Detection In Private Telecommunications Networks", Expert Systems with Applications Volume 36, Issue 9, November 2009, Pages 11559-11569
- [6] Bag M., Gauri S.K. ve Chakrabort S. (2012) An expert system for control chart pattern recognition J Adv Manuf Technol (2012) 62:291-301.
- [7] Dağlı, C. H. Ve Stacey, R.A (1988) ' Prototype Expert System For Selecting Control Charts' International Journal of Production Research, 26 (5) 987-996.
- [8] Pham, D.T. ve Öztemel E. (1992). XPC: 'An On-Line Expert System For Statistical Process Control International' Journal of Production Research 30(12), 2857-2872.
- [9] Lyu J.J. Chen M.N. (2009). 'Automated Visual İnspection Expert System For Multivariate Statistical Process Control Chart'.Expert Systems with Applications 36 (2009) 5113–5118
- [10] Hotelling, H.(1947), "Multivariate Quality control-Illustrated by the Air Testing of Sample Bombsights", in Techniques of Statistical Analysis,
- [11] ÇETİN. S., BİRGÖREN. B., "Çok Değişkenli Kalite Kontrol Çizelgelerinin Döküm Sanayiinde Uygulanması", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 22, No 4, 809-818, 2007
- [12] Mason, R.L.; Tracy, N.D.; Young, C.H. (1995). 'Decomposition of T2 for multivariate control chart interpretation' J. Qual. Technol. 27 (2), 99–108
- [13] Mason, R.L., Tracy, N.D. and Young, J.C., (1997), "A Practical Approach for Interpreting Multivariate T2 Control Chart", Journal of Quality Technology, Vol.29, No.4, pp396-406
- [14] Tsacle, E.G., Aly, N.A., 'An Expert System Model For Implementing Statistical Process Control In The Health Care Industry', Computers Ind. Engng Vol.31, No.1/2, 447-450, 1996

Gezgin satıcı probleminin genetik algoritma ile çözümü

Nurevşan Öztürk*, Fatma Nur Uysal*

*Endüstri Mühendisliği, Karabük Üniversitesi, Karabük

nurefsanozturk91@gmail.com, fatmanur.uysal@gmail.com

Özet— Gezgin Satıcı Problemi (GSP) kombinatoriyel optimizasyon problemidir ve yoğun bir şekilde araştırılan ve çalışılan bir problemidir. Gezgin satıcı problemi bir satıcı ve şehirlerden oluşur. Satıcı belli bir şehirden başlayıp aynı şehre dönerek kentlerin her birini ziyaret etmeli ve en kısa turu bulmalıdır. Gezgin satıcı problemi çözümünde kullanılan önemli yöntemlerden birisi de genetik algoritmalarıdır (GA). GSP genetik algoritmaları karşılaştırmaya ve değerlendirmeye yardımcı olan sezgisel bir yöntemdir. Bu çalışma Niş kentinde 20 atık imha alanlı bir atık toplama şirketinin gezgin satıcı probleminin genetik algoritma ile çözümü üzerinedir. Çalışmada Gezgin Satıcı Problemi için bir genetik algoritma geliştirilmiştir. Aynı problem 2012 yılında D. Markovic, M. Madic, V. Tomic, S. Stojkovic tarafından Kohonen's Self Organizing Map (SOM) metodu ile çözülmüştür. Bu çalışmanın amacı, aynı çalışmayı farklı bir yöntemle çözdükten sonra sonuçları karşılaştırarak yeni bir bakış açısı geliştirmektir.

Anahtar Kelimeler— Gezgin satıcı problemi, Genetik algoritma, Akıllı Lojistik, Kombinatoriyel Optimizasyon, Plastik Atık

I. GİRİŞ

Günümüzün karmaşık ve zor koşulları problemlere hızlı ve kolay çözüm veren yeni çözüm yöntemleri arayışına neden olmuştur. Özellikle sert(hard) optimizasyon teknikleri yerine, yumuşak hesaplama (soft computing) ve evrimsel algoritma (evolutionary algorithm) kullanımı ön plana çıkmıştır. Evrimsel yaklaşımlardan olan genetik algoritmalar da, bu arayışlar içinde önemli bir yer tutmaya başlamıştır.

Gezgin satıcı problemi (GSP) ilk olarak 1930'lu yıllarda matematiksel olarak tanımlanmıştır. Problem tanımı basit olmasına rağmen çözümü zordur. Problemde kullanılan şehir sayısının artışına paralel olarak çözüm uzayı genişlemekte, problemin çözüm zamanı ve çözüm zorluğu artış göstermektedir. Bu sebeple problem çözümünde analitik çözüm yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Tüm çözüm uzayını taramak yerine mantıksal çıkarımlar ile çözüm uzayında kısmi taramalar yapan meta-sezgisel yöntemler problemin çözümünü garanti etmemekle beraber, çözüm maliyetini azaltmaktadır[1].

Gezgin satıcı problemi (GSP) verilen N düğüm (şehir) için, her düğüme bir kez uğramak şartıyla tekrar başlangıç düğüme geri dönen en kısa (en az maliyetli) rotayı bulma problemidir[2]. Ayrık ve Kombinatoriyel En İyileme (Combinatorial Optimization) problemlerinin kapsamına girer. Kaba kuvvet arama yöntemi ile doğrudan tüm permütasyonların toplam yol uzunluklarının hesaplanması ve

en küçüğünün bulunması şeklinde çözümlenirken, N 'nin büyük değerleri için permütasyon sayısı $N!$ büyük değerlere ulaşacağından, bu işlem çok uzun zaman almaktadır. Bu nedenle hızlı ve etkin çözüm için birçok yöntem geliştirilmiştir. Genetik algoritma da bu yöntemlerden sadece biridir.

Genetik algoritma (GA), optimizasyon problemlerinin çözümünde çok geniş aralıkta, çok fazla sayıda değişkenle arama yaparak yerel optimumlara takılmadan genel optimuma ulaşabilmektedir. Bu nedenle problemimizin çözümünde genetik algoritma yöntemi tercih edilmiştir.

Evrimsel ve genetik algoritmalar, yapay zekanın hızlı gelişen alanlarından. Özellikle kombinyasyonel eniyileme problemlerine yaklaşık iyi sonuçlar bulmayı hedefleyen arama yöntemleridir. Problemin çözümünde kullanılacak rastgele seçilmiş bir çözüm kümesi oluşturabilmek için evrimsel mekanizmaların kullanıldığı bu yöntemlerin temel mantığı topluluğun nesilden nesle geçmesi sırasında kötü çözümlerin yok olmasına ve iyi çözümlerden daha iyi çözümlere ulaşılmasına dayanır. Genetik algoritmalarda kromozomlar, problem için olası çözümleri temsil ederler. Topluluk (popülasyon) kromozomlardan oluşan kümedir. Uygunluk değeri ise, çözümün kalitesini belirler ve uygunluk fonksiyonu kullanılarak hesaplanır. Çaprazlama ve mutasyon işlemleri ise olası çözümleri temsil eden kromozomlara genetik bilimindekine benzer bir biçimde uygulanır. Yeni nesiller, seçilen bireylerin çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörlerden geçirilmesi ile elde edilir.

A. Gezgin Satıcı Problemi

Elinde ziyaret edilecek şehirler listesi bulunan bir satıcı kendi şehirden başlayıp tüm şehirlere bir kez uğrayarak tekrar kendi şehrine dönmesi gerekiyorsa bu turu birçok farklı sırada tamamlayabilir. Satıcının tüm şehirlerin diğer şehirlere olan mesafelerini bildiğini düşünelim. Böylece minimum mesafeyi içeren şehir sırasını kolayca bulabileceği anlamına gelmemektedir. Minimum mesafeyi bulabilme problemine gezgin satıcı problemi (GSP) denilmektedir.

GSP en dikkat çekici kombinatoriyel optimizasyon problemlerindedir. Tanımlaması basit, simülasyonunun zorluğu ile ün salmış ve hala etkili algoritmalar bulunmaya çalışılan bir problemidir[3].

Gezgin satıcı problemi şu şekildedir:

Bir gezgin satıcı mallarını n şehirde satmak istiyor, fakat mantıklı bir şekilde, bu şehirleri mümkün olan en kısa şekilde turlamak istiyor.

Problemin amacı, satıcıya bu en kısa yolu sunabilmektir.

- Satıcının ilk şehirde, n değişik şehir arasında seçim hakkı vardır,
- İkinci şehirde, n-1 değişik şehir arasında seçim hakkı vardır,
- Bu şekilde devam edildiğinde n. şehirde bir adet şehir (n. olanı) kalmıştır.
- Dolayısıyla, sonuç olarak satıcının n! değişik tur arasında seçim hakkı olacaktır. Bu, 100 şehirlik bir tur için bile $9.33 * 10^{157}$ değişik tur etmektedir [4].

Problemde düğüm sayısı arttıkça problemin çözümünde harcanan zaman üstel olarak artmaktadır. GSP de artan düğüm sayısına paralel olarak çözüm zamanının üstel olarak artışı Tablo 1’de gösterilmektedir.

TABLO XVIII
HAMILTON DÖNGÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ[5]

Düğüm Sayısı	Döngü Sayısı (n-1)!	Gerekli Zaman
12	39.916.800	0.004 saniye
13	479.001.600	0.05 saniye
14	6.227.020.800	1 saniye
15	87.178.291.200	9 saniye
16	1.307.647.368.000	2 dakika
17	$2.1 * 10^{13}$	35 dakika
18	$3.6 * 10^{14}$	10 saat
19	$6.4 * 10^{15}$	7.5 gün
20	$1.2 * 10^{17}$	140 gün
21	$2.4 * 10^{18}$	7.5 yıl
22	$5.1 * 10^{19}$	160 yıl
23	$1.1 * 10^{21}$	3.500 yıl
24	$2.6 * 10^{22}$	82.000 yıl
25	$6.2 * 10^{23}$	2 milyon yıl

Problemde başlangıç şehri verilmişse, mümkün olan Hamilton yolları sayısı geriye kalan (n-1) adet şehrin yer değişmesine, yani (n-1)!’e eşit olmaktadır. Bu durumda problem basit olmasına rağmen, problemin çözümünü çözüm uzayının tamamını taramakla bulmak çok iyi bir yaklaşım değildir. Problemin en azından bir basit çözümünün olacağı kesindir. Bu sebeple gezgin satıcı problemlerinin çözümünde sezgisel ve meta sezgisel tekniklerin kullanılması etkin bir yoldur[6].

Gezgin satıcı problemi matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir (Dantzig vd., 1954):

$$\text{Minimize: } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, i \neq j}^n x(i, j) d(i, j) \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1, j \neq i}^n x(i, j) = 1, i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1, i \neq j}^n x(i, j) = 1, j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{i, j \in S, i \neq j} x(i, j) \leq |S| - 1, \forall S \subset \{1, 2, \dots, n\} \quad (4)$$

$$x(i, j) = \begin{cases} 1, & i \text{ noktasından } j \text{ noktasına gidiliyor ise} \\ 0, & i \text{ noktasından } j \text{ noktasına gidilmiyor ise} \end{cases} \quad (5)$$

GSP’nin amaç fonksiyonu (1) numaralı eşitlikle verilmektedir. Burada $d(i, j)$ ifadesi i ve j noktaları arasındaki mesafeyi göstermektedir. $x(i, j)$ ise i noktasından j noktasına gidilip gidilmediğini ifade etmektedir. (2) ve (3) numaralı eşitlikler her bir noktaya yalnız bir kez uğranacağını garanti altına almaya yöneliktir. (2) numaralı eşitliğe göre her noktadan sadece bir kez çıkılacak, (3) numaralı eşitliğe göre her noktaya yalnızca bir kez gidilecektir. (4) numaralı eşitlik ise oluşabilecek alt turlardan kurtulmaya yönelik olan alt tur eleme kısıtıdır. (5) numaralı eşitlikte $x(i, j)$ ’nin 1 olması i noktasından j noktasına gidildiğini, 0 olması ise gidilmediğini göstermektedir[7].

B. Genetik Algoritmalar

Genetik Algoritmalar (GA), arama ve eniyileme problemlerini çözmekte kullanılan uyarlanabilir bir yöntemdir. Doğada bireyler yiyecek, su ve barınak gibi kaynaklar için yarış halindedirler. Aynı zamanda her birey soyunu devam ettirmek ister. İşte bu şartlarda, yarışı kazanan (güçlü ve çevreye en iyi uyumu gösteren bireyler) hem kaynaklara sahip olur hem de soyunu devam ettirme şansını elde eder. Yarışı kazanan bireylerin ürettiği yeni bireyler de, atalarından gelen özellikleri de alırlar[8].

GA, yukarıda bahsettiğimiz “doğal seçim ve uyarlanım” prensibinden esinlenilerek ortaya atılmış bir yaklaşımdır. Bireyler, GA’da ilgili problemin çözümlerini temsil etmektedir. Bireylerin (yani kromozomların) ortama uyum sağlama ve hayatta kalma durumu (yani bireyin “uygunluk değeri”) ise, GA’da, ilgili çözümün problemi çözebilme yeteneğini temsil etmektedir. GA mevcut birçok çözümden en uygunlarını seçerek, bu çözümlerden yeni çözümler elde etmeyi amaçlar. Algoritmanın sonlanması (durma-koşulu) ise şu üç durumdan birine bağlı olarak gerçekleşir: belli bir döngü sayısına ulaşma, en iyi sonucun hiç değişmemesi veya neslin ortalama uygunluk değerinde herhangi bir değişikliğin gözlemlenmemesidir[9].

Bir problemin çözümünde genetik algoritmalar kullanıldığı takdirde izlenecek adımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1) [Başlat] N adet kromozom (probleme uygun çözümler) içeren topluluğu oluştur.
- 2) [Uygunluk] Her x kromozomu için f(x) uygunluk değerini hesapla.
- 3) [Yeni Topluluk] Aşağıdaki adımları tekrarlayarak yeni popülasyonu oluştur.
 - a. [Seçilim] Topluluktan uygunluk değerlerini dikkate alarak (uygunluk değeri daha iyi olanların seçilme olasılığı yüksek olacak şekilde) iki kromozom seç.
 - b. [Çaprazlama] Belirli bir çaprazlama olasılığıyla ebeveynlerden gelen kromozomları çaprazlayarak yeni birey oluştur. Çaprazlama yapılmazsa ebeveynlerden gelen kromozomları aynen bir sonraki nesle kopyala.
 - c. [Mutasyon] Yeni bireyi belirli bir olasılığa göre mutasyona uğrat.
 - d. [Ekleme] oluşturulan bireyi yeni topluluğa ekle.

- 4) [Değiştir] Önceki topluluğu, yeni toplulukla değiştir.
- 5) [Test] Sonlandırma koşulu sağlandıysa mevcut topluluktaki en iyi çözümü döndür, sağlanmadıysa 2. adıma dön.

II. LİTERATÜR

T. Yıldırım, C. B. Kalaycı ve Ö. Mutlu “Gezgin satıcı problemi için yeni bir meta-sezgisel: kör fare algoritması”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22(1), 64-70, 2016. Çalışmada, toprak altındaki bireysel tünel sistemlerinde yaşayan kör farelerin toprak altındaki engelleri geçme stratejisinden esinlenilerek GSP'nin çözümü için yeni bir meta-sezgisel tasarlanmıştır.

S. Çolak, “Genetik algoritmalar yardımı ile gezgin satıcı probleminin çözümü üzerine bir uygulama”, Ç. Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 19, Sayı 3, 2010, Sayfa 423-438. Çalışmada meta sezgisel bir yöntem olan genetik algoritmalar yardımı ile gezgin satıcı problemine çözüm aranmış ve Adana ilinde gıda sektöründe faaliyet gösteren bir firma üzerinde uygulama gerçekleştirilmiştir.

J. Yang, C. Wu, H. P. Lee, Y. Liang, “Solving traveling salesman problems using generalized chromosome genetic algorithm”, Progress in Natural Science 18 (2008) 887-892. Genelleştirilmiş gezgin satıcı problemi ve klasik gezgin satıcı problemi için genelleştirilmiş kromozom özelliklerini ortaya koymaktır. Ayrıca büyük ölçekli klasik gezgin satıcı probleminin çözümü için GCGA avantajlarını ortaya koyar.

L. V. Snyder, M. S. Daskin, “A random-key genetic algorithm for the generalized traveling salesman problem”, European Journal of Operational Research 174 (2006) 38-53. 41 dizilik bir gezgin satıcı problemini rastgele atamalı genetik algoritma ile çözmektir.

M. Çetin, “Gezgin Satıcı Örnek Problemlerinin Optimum Sonuçlarının Grig Aracılığı İle Hesaplanması” Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü End. Müh., Yüksek Lisans Tezi, Nisan 2007. Çalışmada Gezgin satıcı problemi ele alınmış ve çözüm yolu olarak da Kaba Kuvvet metodu kullanılmıştır.

Luca Bertazzia, Francesca Maggioni, “The Stochastic Capacitated Traveling Salesmen Location Problem: a computational comparison for a United States instance.” Procedia - Social and Behavioral Sciences 108 (2014) 47 – 56. Belirli sayıda müşteriye hizmet etmek için belirli bir alanda bulunan bir tesisin bir problemi incelenmektedir. Amaç, seyahat edilen güzergahların beklenen maliyetini en aza indirgeyen hizmet alanını (bir daire şeklindeki) belirlemektir.

Mert Demircioğlu, “Araç Rotalama Probleminin Sezgisel Bir Yaklaşım İle Çözülmesi Üzerine Bir Uygulama,” Doktora Tezi-2009. Çalışmada Gezgin Satıcı Problemi (GSP) ve Araç Rotalama Problemi olarak nitelendirilen iki klasik dağıtım problemi açıklanmış ve uygulama için uygun olan Zaman Pencereli Araç Rotalama Problemine çözüm aranmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre, önerilen yöntem olan geliştirilmiş tasarruf yöntemi kullanılarak belirlenen rota ile yaklaşık %24 oranında daha az bir toplam mesafe ile dağıtım yapılabilir.

Sultan Kuzu, Onur Öney, Uğur Şen, Mustafa Tunçer, Bahadır Fatih Yıldırım, Timur Keskinürk, “Gezgin satıcı

problemlerinin metasezgiseller ile çözümü,” İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt/Vol:43, Sayı/No:1, 2014, 1–27. Çalışmada, NP-zor problem sınıfından olan gezgin satıcı probleminin (GSP), stokastik optimizasyon tekniklerinin en genel sınıfı olan metasezgisel yöntemlerle çözümü ele alınmıştır. Çalışmada GSP'nin çözümünde kullanılan, tek noktadan arama yapan Tepe Tırmanma, İteratif Yerel Arama, Tavlama Benzetimi, Tabu Arama ve Kanguru Algoritmaları ile popülasyon temelli yöntemlerden Yapay Arı Kolonisi, Genetik Algoritma ve Karınca Kolonisi Algoritması açıklanmıştır.

Timur Keskinürk, Bahadır Fatih Yıldırım, Ümran Tüzün, Hilal Kaya, “Çok Noktalı Genelleştirilmiş Gezen Satıcı Problemi Ve Perakende Sektöründe Bir Uygulama,” İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimleri Dergisi Yıl:14 Sayı:27 Bahar 2015 s. 55-75. Çalışmada gıda perakendeciliği sektöründe faaliyet gösteren ve pazarda indirim mağazası olarak konumlandırılmış bir işletmenin İstanbul Avrupa yakasında faaliyet gösterdiği 10 ilçede yer alan 50 mağazası, operasyonel denetim faaliyetleri uygulanmak üzere ÇNGGSP problemi olarak ele alınmıştır.

Fadime Demirtaş, Kenan Zengin, “Guguk Kuşu Algoritmasının Gezgin Satıcı Problemine Uygulanması Ve Simülasyonu,” Eeb 2016 Elektrik-Elektronik Ve Bilgisayar Sempozyumu, 11-13 Mayıs 2016, Tokat Türkiye. Bu çalışmada GSP problemine yapay zeka tekniklerinden olan Guguk Kuşu Optimizasyon Algoritması (GOA)'nın uyarlanması gerçekleştirilmiştir.

Melike Ruhan Akça “Yapay Arı Kolonisi Algoritması Kullanarak Gezgin Satıcı Probleminin Türkiye'deki İl Ve İlçe Merkezlerine Uygulanması,” Yüksek Lisans Tezi-2011. Bu çalışmada arı kolonisi optimizasyonu (BCO) olarak bilinen algoritma ile yapay arı kolonisi algoritmasının (ABC) bir arada kullanıldığı hibrit yapıda bir algoritma kullanılmıştır. Bununla birlikte bir yerel arama algoritması olan Opt-2 tekniği bu hibrit yapı içerisine dahil edilerek lokal alanda iyileştirme gerçekleştirilmiştir.

Özlem İpekçil Doğan, Kadir Kırdı, “Evsel İlaç Atıklarının Toplanmasında Tersine Lojistik Ağı Üzerine Bir Uygulama,” Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, Cilt: 6, Sayı: 1, Yıl: 2014, Sayfa:1-22. Bu çalışmada geliştirilen yazılım ile genetik algoritmaların evsel ilaç atıklarının toplanması projesinin iyileştirilmesinde kullanılması araştırılmış, üç farklı taşıma modeli üzerinde simülasyon aracılığı ile hesaplamalar yapılmıştır. Genetik algoritmanın etkin olarak kullanıldığı bu çalışmada, hesaplamaların tam ve doğru verilerle yapılması sağlandığında etkin sonuçlar alınabileceği söylenebilir.

Tekiner Kaya, Eda KOÇAK, “Gezgin Satıcı Problemlerinde Fayda Odaklı Dinamik Bir Yaklaşım: Türkiye Gezi Rotası Optimizasyonu Örneği”. Bu çalışmada, çoklu gezgin satıcı problemlerinden yola çıkılarak, alt tur engelleme (AEK) kısıtlı genel tamsayılı bir gezgin satıcı doğrusal programlama modeli kullanılmıştır. Kullanılan model, Türkiye'de bir turistik gezi rotasının belirlenmesinde, karar vericiye yardımcı olacak şekilde, VAHP modeli ile birlikte entegre bir çözüm üretilmesi problemi ele alınmıştır.

Mahmut Tekin, Abdullah Oktay Dündar, Mehmet Akif Şahman, “Şehir İçi Dağıtım Şirketlerinde Gezgin Satıcı Problemi Uygulaması”. Bu çalışmada □Dondurmam Gaymak□ markalı dondurmaların Konya ili distribütörlüğünü yapan Serhun Gıda San. Tic. Ltd. Şti.□nin da dağıtım problemi ele alınmaktadır.

Hasan Söyler, Timur Kesintürk, “Karınca Kolonisi Algoritması İle Gezen Satıcı Probleminin Çözümü,” 8. Türkiye Ekonometri Ve İstatistik Kongresi, 24-25 Mayıs 2007 – İnönü Üniversitesi Malatya. Çalışmada Türkiye’nin herhangi bir ilinden yola çıkılarak ve tüm şehirler ziyaret edilerek tekrar başlangıçtaki noktaya dönüş şeklinde düşünülmüştür. Gerçekleştirilecek böyle bir Türkiye turunun, en kısa şekilde nasıl yapılabileceği GSP problemi olarak ve karınca kolonisi algoritması ile belirlenmiştir.

III. UYGULAMA

Çalışmada Gezgin Satıcı Problemi için bir genetik algoritma geliştirilmiştir. Problem Niş kentinde 20 adet atık toplama noktası üzerinedir. Aşağıda bu düğümlerin koordinatları yer almaktadır.

Düğüm	Düğümün Koordinatları		Düğüm	Düğümün Koordinatları	
	Enlem	Boylam		Enlem	Boylam
A	53.214	19.155	K	52.349	18.924
B	53.560	19.221	L	49.763	19.076
C	53.280	19.167	M	52.758	18.790
D	53.111	19.220	N	52.988	18.920
E	54.200	19.210	O	53.719	19.194
F	54.390	19.185	P	53.684	19.031
G	53.848	19.079	Q	54.058	19.269
H	53.721	19.170	R	54.076	19.399
I	53.603	19.027	S	54.390	19.399
J	53.494	18.969	T	49.763	18.790

Problem çözümünü MATLAB R2016 programı üzerinden gerçekleştirdik. Problem çözümü için gerekli kodlamaları yaptıktan sonra program bize 3 farklı çözüm yolu önerdi. Bu yollar aşağıda yer almaktadır.

- 1.Yol: H – O – B – C – A – D – L – T – K – M – N – J – I – P – G – E – F – S – R – Q – H
- 2.Yol: G – P – I – J – N – M – K – T – L – D – A – C – B – H – O – R – S – F – E – Q – G
- 3.Yol: L – D – C – B – O – H – Q – R – S – F – E – G – P – I – J – A – N – M – K – T – L

Yararlandığımız makaledeki çözüm de aşağıdaki gibidir:

Çözüm: M – T – L – K – I – A – D – B – O – E – Q – R – S – F – H – C – G – P – J – N – M

Elde ettiğimiz çözüm yollarından yararlanarak rotaların toplam mesafeleri hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonunda bizim bulduğumuz yolların yararlandığımız çalışmada belirtilen yol mesafesinden daha kısa olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Buna göre 1. Yol çözümü makale çözümünden %23,4’lük, 2. Yol çözümü makale çözümünden %23,1’lik ve 3. Yol çözümü makale çözümünden %22’lik bir iyileştirme sağlamıştır. Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere genetik

algoritma problemimizin çözümünde daha faydalı olmaktadır. Gerçekleştirilen iyileştirme hem zamandan kazanç hem de maliyetlerde azalma olarak fayda sağlaması mümkündür.

IV. SONUÇ

Günümüzde GSP ile birçok alanda karşılaşmaktayız. GSM operatörleri baz istasyonu yerleşimi, üretim planlama, malzeme akış sistemleri, araç rotalama problemleri vb. birçok örnek verilebilir. Çok alanda kullanılmakta olan bu problemin optimal değerleri, o problemin çözümünde referans alınabilir.

Bu çalışmada gezgin satıcı problemini çözmek amacıyla bir meta sezgisel yöntem olan Genetik Algoritmalarından faydalanılmıştır. Algoritma detayları ve adımları belirlenerek ilgili kodlamalar MATLAB programlama dilinde tamamlanmıştır.

Çalışma da 2012 yılında D. Markovic, M. Madic, V. Tomic, S. Stojkovic tarafından yapılan “Solving Travelling Salesman Problem by Kohonen Self Organizing Maps” makalesindeki veriler kullanılmıştır. Buna göre problemimiz Niş şehrindeki 20 adet atık toplama merkezinin rotalanması üzerinedir.

Problem çözümünden sonra elde ettiğimiz veriler ışığında Genetik algoritmanın Kohonen kendini kontrol eden ağlardan (SOM) daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Genetik algoritmanın sağladığı çözüm yolları yararlandığımız makaleden birinci yol %23,4, ikinci yol %23,1 ve üçüncü yol %22 değerinde daha iyi bir iyileştirme sağlamıştır. Problemimiz için genetik algoritma yönteminden elde ettiğimiz yol güzergahlarıyla daha kısa mesafe dolaşımı sağlama imkanı elde etmiş bulunmaktayız.

KAYNAKÇA

- [1] S. Kuzu, O. Önay, U. Şen, M. Tunçer, B. F. Yıldırım, T. Kesintürk, Gezgin satıcı problemlerinin meta-sezgiseller ile çözümü, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt/Vol:43, Sayı/No:1, 2014, 1-27.
- [2] J. – Y. Potvin, Genetic Algorithms for the travelling salesman problem, forthcoming in Annals of Operations Research on “Metaheuristics in Combinatorial Optimization”, eds. G. Laporte an I. H. Osman (1996).
- [3] S. Bauk, N. Kovac, “The Comparative Analysis of Two Neural Networks Models in The Function of The Linear Ship’s Route Costs Minimization”, JEL classification: L92., (2006), 89.
- [4] http://tr.wikipedia.org/wiki/Dola%C5%9Fan_sat%C4%B1c%C4%B1 (Erişim Tarihi: 20.04.2007)
- [5] G. Ateş, “Karınca Kolonisi Optimizasyonu Algoritmaları ile Gezgin Satıcı Probleminin Çözümü ve 3 Boyutlu Benzetimi”, Basılmamış Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, 2012.
- [6] V. V. Nabiyevev, “Yapay Zeka – İnsan Bilgisayar Etkileşimi”, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2007.
- [7] S. Çolak, “Genetik Algoritmalar Yardımı ile Gezgin Satıcı Probleminin Çözümü Üzerine Bir Uygulama”, Çukurova Üniversitesi, İİBF.
- [8] Beasley D., D. R. Bull, R. R. Martin 1993a, “An Overview of Genetic Algorithms: Part 1, Fundamentals”, University Computing, Vol. 15 (2), pp. 58-69 UK.
- [9] K. Bryant, “Genetic Algorithms and Travelling Salesman Problem”, Senior Thesis, Dept. Of Mathematics, Harvey Mudd College, 2000.

Üniversite ders çizelgeleme probleminin genetik algoritma ile optimizasyonu

Berge Şahin*, Onur Özcan*, Ahmet Burak Tağman*

*Karabük Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye
sahinberge@gmail.com, onurozcan093@gmail.com, ahmetburak.tagman@yandex.com.tr

Özet— Ders çizelgelemenin oluşturulması, eğitimin aksamadan yapılabilmesi ve sonuçlarının değerlendirilebilmesi için gerekli olan en önemli hizmetlerden biridir. Ders programları belirli kısıtlar altında derslerin, uygun dersliklere ve zaman dilimine atanmasını sağlayan çizelgelerdir. Genel ders çizelgeleme problemi NP-zor (Non polinomial – zor) sınıfındadır. Bu nedenle bu problemlerin çözümünde deterministik yöntemler başarılı olamamaktadır. Bu çalışmada, eğitimde zamanlama konusunun alt bölümü sayılabilecek ders programlarının verimliliğinin artırılması için yapay zeka yöntemlerinden biri olan genetik algoritma kullanılarak, ders programı hazırlayan ve optimize eden bir yazılım programı geliştirilmiştir. Daha etkin bir eğitim ve öğretim sağlamak için geliştirilen yazılım programı, eğitim ve öğretim verimliliği, sınıf, akademisyen ve ders ağırlığını kriter olarak kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler— Genetik Algoritmalar, Ders Çizelgeleme, Optimizasyon, Yerel Arama Teknikleri

I. GİRİŞ

Genetik Algoritmalar, standart yöntemlerle makul zamanda çözülemeyen ve NP-Hard olarak adlandırılan problemlerin çözümünde kullanılan sezgisel bir yöntemdir. Doğadan esinlendirilerek oluşturulan bu algoritma, rastgele oluşturulan belli sayıda aday çözümleri kullanır. Bu başlangıç çözümlerine, doğada bulunan nesilden nesile gen aktarımı ile ortam koşullarına en iyi uyum sağlayan yeni ve daha güçlü bireyler oluşturma prosesleri taklit edilerek uygulanır. Bu yöntem kullanılarak pek çok mühendislik problemlerine makul bir süre içerisinde en iyi çözümü garanti edemese de makul bir çözüm bulunur [1].

Eğitim-öğretim kurumları, kaynakları en verimli şekilde kullanmak için ders programlarını kullanırlar. Bu durumda iyi bir ders programı hazırlarken, belirlenmiş ihtiyaçlara yanıt veren uygun çözümler için araştırma yapılmalıdır [2]. Mümkün derslikler, öğretim üyeleri, sınıflar, laboratuvarlar farklı istekler düşünüldüğünde en ideal ders programını belirlemek oldukça karmaşık bir süreçtir ve tüm ihtimalleri tek tek deneyerek en ideali bulmak makul zamanda imkansızdır [3]. Bu noktada devreye Genetik Algoritmalar girmektedir. Bu projenin amacı, Genetik Algoritmalar kullanarak, belirlenen amaç fonksiyonu minimize edilerek en ideal ders çizelgesi belirlenmeye çalışılmıştır.

II. LİTERATÜR ÖZETİ

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde SA, TS gibi yöntemlerle bazı iyi sonuçlar alınmasına rağmen, GA ve GA

tabanlı yöntemlerle daha iyi sonuçlar alınmıştır [7,14]. Bu nedenle, bu çalışmada daha etkin olduğundan problemin çözümü için GA kullanılmıştır. Algoritma içerisinde hesaplamaları azaltmak ve daha kısa sürede sonuca ulaşmak için, başlangıç popülasyonu oluşturma aşamasında kullanılabilir ders programları dizayn edilmiştir. İncelenen çalışmalarda genellikle dersleri haftanın günlerine eşit olarak dağıtmayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada ele alınan kısıtlar, pedagojik esaslara dayalı olarak öğretim elemanı ve öğrenci verimliliğinin artırılmasını amaçlamaktadır. Ders programlarının uygunluğu, eğitim öğretim verimliliği ve ders ağırlığı kriterlerine göre belirlenmektedir. İncelenen literatüre aşağıda ayrı ayrı değinilmiştir.

Enzhe ve Sung yaptıkları çalışmada bir üniversitedeki haftalık dersleri çizelgelemek için bir sektör tabanlı genetik algoritma önermişlerdir. Bu problemin NP olması ve sadece kombinatoriyal optimizasyon yöntemleri ile optimal zaman çizelgesini garanti etmektedir. Başlatma, çaprazlama ve mutasyondan bahsedilmiştir. Kısıtlamalar, yumuşak kısıtlamalara ve sert kısıtlamalara bölündü. Amaç çözümleri uygun bir yerde tutmak, zorlu bir tekrarlar ve iyileştirme rutini benimsemektir. Bir üniversitenin gerçek verileri üzerinde denemeler yapıp ve umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Detaylı olarak incelenmesi gereken 3 konu vardır. Birincisi, bazı gerçek veriler üzerinde önerilen algoritma gereklidir; İkinci olarak, etkinliği test etmek için önerilen algoritma ile diğerlerini karşılaştırmak gerekir. Üçüncüsü, Önerilen yaklaşım, yalnızca bazı zorlu kısıtlamalar ve kolay kısıtlamalar ile dikkate alınmıştır. Gelecekteki çalışmada, daha pratik zorlu kısıtlamalar dikkate alınmalı ve karşılık gelen tekrarlar ve iyileştirme stratejileri de geliştirilmelidir [5].

Kanoh ve Sakamoto çalışmalarında, Japonya Tsukuba Üniversitesinde yaptıkları ders çizelgelemesinde farklı bir bakış açısı ortaya koymuşlardır. Genetik algoritmaları önceden yüklenmiş aday çözümlerden oluşan bir bilgi temelini kullanmaktadır. Yöntem, kısıtlarla beraber bilgiyi kullanarak problemin en uygun sonuçla çözümlenmesi için geliştirilmiştir. Mutasyon için tek noktadan, çaprazlama yöntemi olarak tek ve iki noktadan çaprazlama kullanılmıştır. Edinilen yeni çizelge, öğretmenlerin taleplerinin %71'ini karşılamış ve geçmiş yıllarda kullanılan ders programının avantajlarını korumuştur [6].

Daban ve Özdemir çalışmasında, eğitimde zamanlama konusunun alt bölümü sayılabilecek ders programlarının verimliliğinin artırılması için yapay zeka yöntemlerinden biri

olan Genetik Algoritma kullanılarak, öğretim elemanı ve öğrenci verimliliklerine göre ders ağırlıkları alınarak daha etkin bir eğitim öğretim sağlamak için, ders programı hazırlayan ve optimize eden bir program geliştirilmiştir. Ders programlarının uygunluğu, eğitim öğretim verimliliği ve ders ağırlığı kriterlerine göre belirlenmektedir. Pedagojik esaslara göre, öğrencilerin algısının haftanın günlerine ve gün içindeki saatlere göre değişimi göz önünde bulundurularak verimliliklerinin artması amaçlanmıştır. Yapılan simülasyon sonuçlarında pedagojik esaslara göre, ders ağırlıkları dikkate alınarak hazırlanan ders programlarında, ele alınan kriterlerde başlangıca göre %35-40 oranında iyileşme sağlanmıştır [7].

Barut ve Solakoğlu yaptıkları çalışmada ders programı çizelgeleme sorununu ortadan kaldırmak için Graph Coloring Algoritması kullanılmıştır. Üniversitelerdeki sınav programlarının hazırlanması da karmaşık ve hata oranı yüksek konuların başında gelmektedir. Bu uygulama için Graph Coloring algoritması en kullanışlı algoritmalarından biridir. Bu çalışmada, Graph Coloring algoritmalarından biri olan Welch ve Powel Algoritması kullanılmıştır [8].

Beligiannis vd., Yunanistan'daki eğitim kurumlarında, genetik hesaplama tekniklerine dayalı adapte olabilen bir çizelgeleme algoritması tasarlamışlardır. Diğer tekniklerle de karşılaştırılan algoritmayla daha verimli sonuçların elde edildiği, kurum içi anlaşmazlıkların da önüne geçtiği ortaya koyulmuştur. Ayrıca çalışmada, algoritmanın tekrar düzenlenebilir yapısıyla farklı kısıtlarla diğer okullara da uygulanabilir olduğu gösterilmiştir [9].

Agustin-Blas vd., İspanya'daki bir üniversitede yaptıkları çalışmada, hibrit gruplama genetik algoritması geliştirerek üniversite laboratuvar ders gruplarına öğrencilerin atanması, çizelgeleme problemini ele almışlardır. Kapasite kısıtı laboratuvarlardaki bilgisayar ve ilgili ekipmanların kapasitesine uygun öğrenci sayısının belirlenmesi açısından problemin önemli kısıtlarından birisidir. Çalışmada öğrencilerden belirlenen gruplar arasından öncelikli tercih ettikleri laboratuvar grubu sıralaması bilgilerini içeren bir form doldurmaları istenmiştir. Ayrıca, öğretim üyelerinin de görüşleri göz önüne alınarak algoritma geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre öğrencilerin büyük çoğunluğu öncelikli tercihlerine yerleştirilmiştir [10].

Khonggamnerd ve Innet, otomatik olarak hazırlanan ders çizelgelerinin verimini artırmak amacıyla bir genetik algoritma modeli önermişlerdir. Bu modelde; seçim, çaprazlama ve mutasyon olmak üzere üç genetik operatör kullanılmıştır. Modelin çözümünden elde edilen sonuçlar Genetik algoritmaların DPÇP'nin çözümünde kullanılabilirliğini gösterir niteliktedir. 0.7 çaprazlama oranı zorunlu kısıtların sağlandığı bir çizelge elde edilmiştir. Genetik algoritma yaklaşımının DPÇP alanında oldukça iyi sonuçlar ürettiği ve problem için kısa sürede verimli çözümlere ulaşmayı mümkün kıldığı görülmüştür [11].

Pillay ve Banzhaf, yaptıkları çalışmada diğer uygulamalardan farklı olarak iki aşamalı bir genetik algoritma kullanarak sınav çizelgeleme problemini ele almışlardır. İlk

aşamada sıkı kısıtları sağlayacak şekilde çizelgeler üretilmiş, ikinci aşamada esnek kısıtların karşılanmasına yönelik çizelge iyileştirmeleri yapılmıştır. Kullanılan bu sistem birçok gerçek problem üzerinde test edilerek performansının farklı yöntemlere göre daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır [12].

Guo vd., çalışmalarında ders çizelgelemeye yönelik olarak genetik algoritma ve açgözlü algoritmaları beraber kullanarak yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Kullandıkları yöntemlerin temelini belirli disiplinlerin incelenmesiyle (Yöneylem Araştırması, Yapay Zeka ve diğer Kısıt tabanlı yöntemler) geliştirdiğine değinmişlerdir. Açgözlü algoritmalar, derslerin otomatik olarak ayarlanması ve çözümün üretilmesi için kullanılmıştır. Sonrasında, genetik algoritmalar ile uygun çözümlerin optimum hale getirilmesi için kullanılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre optimize edilmiş çizelgelerin kullanılmasının daha uygun olacağı görülmüştür [13].

Jat ve Yang yaptıkları çalışmada kılavuzlu ve yerel arama algoritmaları ile genetik algoritmalarla üniversite ders çizelgeleme için yerel arama teknikleri kullanılmıştır. Kılavuzlu arama stratejisi bir veriye dayalı yavru popülasyon oluşturmak için kullanılır. Önceki nesillerin iyi bireylerinden elde edilen bilgileri depolayan bir yapısı vardır. Yerel arama teknikleri, önerilen genetik algoritmaların arama verimliliğini artırmak için arama yeteneğini ve bireylerin kalitesini kullanır. Önerilen genetik algoritmalarındaki birkaç dizi en son teknoloji ile karşılaştırıldığında benchmark problemler setlerine bakılır ve deney sonuçları belli olur. Önerilen GA'ların umut verici sonuçlar ürettiğini üniversite ders çizelgelemesinde, bu çalışma önderliğinde ilk kez uygulanmıştır. Genetik algoritmaların performansı için üniversite ders çizelgeleme problemi için genetik operatörleri kullanarak geliştirilebilir [14].

Gersil ve Palamutçuoğlu Celal Bayar Üniversitesinde İktisat ve İdari Bilimler Fakültesinde yaptıkları çalışmada, ders programlarının verimliliğini arttırabilmek için, melez genetik algoritma kullanılarak ders programı hazırlayan ve optimize edebilen bir yazılım geliştirmişlerdir. Programda "kullanıcı arabirimi", "Veri Tabanı" ve "Sezgisel Çözümleyici" arabirimleri oluşturulmuştur. Programda eğitim ve öğretim verimliliği ve ders ağırlığı kriter olarak kullanılmıştır. Başlangıç çözümünün oluşturulmasında açgöz rasgele adaptif arama prosedürü uygulanmış ve yerel arama aşaması içinse katı kısıt odaklı bir tavlama benzetimi algoritması kullanılmıştır. Seçim yöntemi olarak rulet tekerleği seçimi, sıralama seçimi, turnuva seçimi ve uniform seçim yöntemleri denenmiştir. Yazılımdan faydalanarak, problemin kısıt ve amaç bazlı çözümünde başarılı olduğu görülmüştür [15].

Ertuğrul ve Öztaş (2016) çalışmalarında ders programının optimal şekilde oluşturulması için bulanık hedefe sahip bir model oluşturulmuştur. Daha sonra bulanık hedef Bellman ve Zadeh'in geliştirdiği Max- Min yaklaşımıyla bulanıklıktan kurtarılmış ve model tam sayılı programlama modeline dönüşmüştür. Optimal sonuca ulaşabilmek için LINDO 6.1 programı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda

bulanık hedeflerin üyelik dereceleri 1 olmuş ve tüm kısıtlar sağlanarak ders programı oluşturulmuştur [16].

Altunay ve Eren (2016) çalışmasında, 1960'lı yıllardan günümüze kadar geçen süreçte, ders programı çizelgeleme problemi alanında yapılmış, öne çıkan bilimsel çalışmaların ana hatlarıyla ele alındığı bir literatür taraması sunulmuştur. Bununla birlikte, araştırmacılar tarafından kullanılan çözüm yöntemlerinin; yöneylem araştırması temelli yaklaşımlar, meta-sezgisel temelli yaklaşımlar ve yeni yaklaşımlar şeklinde gruplandırıldığı bir analize yer verilmiştir [17].

III. GENETİK ALGORITMA

Genetik Algoritmaların esas çalışma prensibi doğal evrim sürecine benzetilmektedir. Süreç, İyi(sağlıklı/güçlü) bireylerin doğa koşullarına uyum sağlaması, sağlayamayanların doğal seçim sonucu yok olması prensibine dayanmaktadır. Genetik Algoritmanın buradaki amacı, iyinin ne olduğunu belirleyecek bir uygunluk fonksiyonu, yeni çözümlere ulaşmak için yeniden üretim, mutasyon operatörlerinin belirlenmesi ve en iyi bireye ulaşmayı kapsar.

Genetik Algoritmalar, standart yöntemlerle makul zamanda çözülemeyen ve NP-Hard olarak adlandırılan problemlerin çözümünde kullanılan sezgisel bir yöntemdir. Doğadan esinlendirilerek oluşturulan bu algoritma, rastgele oluşturulan belli sayıda aday çözümleri kullanır. Bu başlangıç çözümlerine, doğada bulunan nesilden nesile gen aktarımı ile ortam koşullarına en iyi uyum sağlayan yeni ve daha güçlü bireyler oluşturma prosesleri taklit edilerek uygulanır. Bu yöntem kullanılarak pek çok mühendislik problemlerine makul bir süre içerisinde en iyi çözümü garanti edemese de makul bir çözüm bulunur [1].

Genetik Algoritmaların işleyişi [4]:

- Başlangıç popülasyonunun (çözümlerinin) oluşturulması,
- Her bireyin uyumluluğunun değerlendirilmesi,
- Popülasyon yeterinde uyumlu değilse;

```

{ Uyumlu olmayanları yok et.
  Popülasyon büyüklüğü maksimum değilse
  { İki tane popülasyon üyesini seç
    Genetik birikimlerini karıştır, yeni
    bir birey üret
    Yeni bireyi rastgele mutasyona
    uğrat
    Yeni bireyi değerlendir ve
    topluluğa(popülasyona) yerleştir
  }
}

```

bu şekilde özetlenebilir.

IV. DERS ÇİZELGELEME PROBLEMİ

Eğitim-öğretim kurumları, kaynakları en verimli şekilde kullanmak için ders programlarını kullanırlar. Bu durumda iyi bir ders programı hazırlarken, belirlenmiş ihtiyaçlara yanıt veren uygun çözümler için araştırma yapılmalıdır [2]. Mümkün derslikler, öğretim üyeleri, sınıflar, laboratuvarlar farklı istekler düşünüldüğünde en ideal ders programını belirlemek oldukça karmaşık bir prosestir ve tüm ihtimalleri tek tek deneyerek en ideali bulmak makul zamanda imkansızdır [3]. Bu noktada devreye Genetik Algoritmalar girmektedir. Bu projedenin amacı, Genetik Algoritmalar kullanarak, belirlenen amaç fonksiyonu minimize edilerek en ideal ders çizelgesi belirlenmeye çalışılmıştır.

A. Ders Çizelgeleme Probleminin Notasyonları ve Matematiksel Modeli

Ders çizelgeleme problemlerinde sağlanması gereken katı kısıtlar ve yumuşak kısıtlar belirlenen bir amaç fonksiyonuna bağlı olarak tanımlanmalıdır. Derslerin ilgili öğretim görevlisine, uygun dersliğe, uygun saatlerde; dersi alan öğrenci sayısı gözetilerek derslik kontenjanına göre atanması, optimizasyon çözümlenmesiyle sonuca ulaştırılabilir. Parametrelere ilişkin notasyonlar Aşağıdaki gibidir.

TABLE XIX
MODEL NOTASYONLARI

Notasyon	Açıklama
R:	Reel sayılar kümesi
D:	Programda açılan tüm derslerin id kümesi $\{1, \dots, nders\}$
S:	Programdaki sınıf kümesi (Lisans programı için bu küme $\{1,2,3,4\}$ 'tür.)
T:	Programda ders açan tüm hocaların kümesi
C:	Derslik kümesi
G:	Ders atanabilecek günler kümesi (hafta içi her gün eğitim yapan kurum için $\{1,2,3,4,5\}$ olmalı)
O:	Her gün içinde ders atanabilecek oturum kümesi
DK:	Açılan tüm ders kodlarının barındıran kümesi
$D_1, D_2, \dots, D_{ D } \in D$:	Ders Id'leri 1'den eleman sayısına kadar artan tam sayılar
$DS_1, DS_2, \dots, DS_{ D } \in S$:	Dersin ait olduğu sınıf
$DK_1, DK_2, \dots, DK_{ D } \in DK$:	Ders kodları
$DZ_1, DZ_2, \dots, DZ_{ D } \in R$:	Dersin haftalık saati
$Dh_1, Dh_2, \dots, Dh_{ D } \in T$:	Dersi veren hocanın adı
$Dö_1, Dö_2, \dots, Dö_{ D } \in R$:	Dersi alan öğrenci sayısı
$Dts_1, Dts_2, \dots, Dts_{ D } \in C$:	Dersi tercih edilen dersliği

$Dtg_1, Dtg_2, \dots, Dtg_{ D } \in G:$	Dersi tercih edilen günü
$Dtz_1, Dtz_2, \dots, Dtz_{ D } \in O:$	Dersi tercih edilen saati
$Dp_1, Dp_2, \dots, Dp_{ D } \in R:$	Dersi tercih edilen yere atanması durumunda amaç fonksiyona katkısı
$T_1, T_2, \dots, T_{ T } \in T:$	Programda ders veren tüm hocalar
$C_1, C_2, \dots, C_{ C } \in C:$	Programda kullanılabilir tüm derslikler
$CK_1, CK_2, \dots, CK_{ C } \in R:$	Programda kullanılabilir tüm dersliklerin kapasiteleri

$Ceza_{g,o} \in R$: g. Gün ve o. Oturuma ders konulması durumunda her bir öğrenci için hesaplanacak ceza puanıdır.

$X_{g,o,c,d} \in \{0,1\}$ g. günde o. oturumda c. Dersliğine d. Dersinin atanıp atanmadığını gösteren değişken, burada $g \in G, o \in O, c \in C, d \in D$ olması gerekir.

B. Amaç Fonksiyonu ve Kısıtlar

Ders çizelgeleme probleminde 5 farklı kısıt kullanılarak amaç fonksiyonu matematiksel olarak tanımlanmıştır.

Kısıt 1: Öğretim elemanı aynı anda birden fazla derste olamaz.

$$\sum_{c=1}^{|C|} \sum_{d=1}^{|D|} X_{g,o,c,d} = 1 \text{ eğer } Dh_d = T_i, \{ \forall i \in T, \forall g \in G, \forall o \in O \}$$

Kısıt 2: Aynı sınıf için açılan derslerden ders kodu farklı olanlar aynı anda yapılamaz. Ders kodu aynı olanlar aynı dersin farklı grupları anlamına geldiği için onlar arasında böyle bir kısıt yok.

$$\sum_{c=1}^{|C|} \sum_{d=1}^{|D|} X_{g,o,c,d} = 1 \text{ eğer } (Ds_d = S_i \text{ ve } Dk_d \text{ tekrarsız}), \{ \forall i \in T, \forall g \in G, \forall o \in O \}$$

Kısıt 3: Bir dersliğe aynı anda sadece tek bir ders atanabilir.

$$f = - \sum_{i=1}^{|D|} D\ddot{o}_i \cdot Dp_i \cdot X_{Dtg_i, Dtz_i, Dts_i} + \sum_{g=1}^{|G|} \sum_{o=1}^{|O|} \sum_{c=1}^{|C|} \sum_{d=1}^{|D|} Ceza_{g,o} \cdot D\ddot{o}_d \cdot X_{g,o,c,d} - \sum_{g=1}^{|G|} \sum_{o=1}^{|O|} \sum_{c=1}^{|C|} \sum_{d=1}^{|D|} (CK_c - D\ddot{o}_d) \cdot X_{g,o,c,d}$$

C. Ders Atama Sezgiseli

Tüm kısıtları sayılabilecek şekilde dersleri dersliklere atayan bir sezgisel yöntem ihtiyacı duyulmaktadır. Bu projede geliştirilen sezgisel ders atama yöntemi sırayla her bir dersin tüm kısıtları sağlayacak şekilde atanabileceği yerleri hesaplamaktadır. Hesaplanan mümkün yerler içinde hangisinin seçileceğine ise Genetik Algoritma karar verecektir. Yöntemin adımları şu şekildedir.

1. Ders tablosunda atanacak sıradaki dersi seç.
2. Bu dersi veren hocayı, dersin sınıfını, dersin tüm saatlerinin aynı günde ara verilmeksizin peş peşe gelmesi gerektiği, dersi alan öğrenci sayısını ve müsait

$$\sum_{d=1}^{|D|} X_{g,o,c,d} = 1 \{ \forall g \in G, \forall o \in O, \forall c \in C \}$$

Kısıt 4: Dersliğe atanan dersin öğrenci mevcudu dersliğin kapasitesinden fazla olamaz.

$$X_{g,o,c,d} \cdot D\ddot{o}_d \leq CK_c, \{ \forall g \in G, \forall o \in O, \forall c \in C, \forall d \in D \}$$

Kısıt 5: Dersler saatlere bölünmeden peş peşe yapılmalıdır.

$$\sum_{o=s+1}^{s+Ds_d} X_{g,o,c,d} = Ds_d \text{ eğer } \left(\begin{array}{l} g = D_d \text{ dersi günü,} \\ s = D_d \text{ dersi başlangıç oturumu,} \\ c = D_d \text{ dersi dersliği,} \end{array} \right) \{ \forall d \in D \}$$

Amaç: Amaç fonksiyonu aşağıdaki 3 hedefe ulaşmaya çalışmaktadır.

- Dersleri olabildiğince tercih edilen gün oturum ve dersliklere koymaya,
- Olabildiğince cezalı oturumlara ders koymamaya,
- Olabildiğince dersleri büyük sınıflara koyup öğrencilerin rahat etmesine çalışmaktadır.

Problemi bir minimizasyon problemi olarak değerlendirdiğimizde, 1 hedeften gelen puanlar negatif, ikinci hedeften gelen puanlar pozitif, sonuncu hedeften gelen puanlar yine negatif etki yapması gerekmektedir.

derslikleri göz önüne alarak dersin atanabileceği tüm ihtimalleri gün, oturum ve sınıf olarak listele.

3. Eğer atanacak hiç bir müsait yer yoksa amaç fonksiyonu pozitif sonsuz yaparak döngüden çık.
4. Bu liste içinde kaçınıcı ihtimalin seçilmesi gerektiğini Genetik Algoritmanın ilgili genindeki [0 1] aralığında ifade edilen double sayıya göre hesapla. (Gende 0 olması ilk ihtimalin seçilmesi gerektiğini, 1 olması son ihtimalin seçilmesini gösterir.)
5. Dersi seçilen müsait yere ata,
6. Tüm dersler bitmişse atamanın amaç fonksiyon değerini hesaplayıp çık, yoksa Adım1'e dön.

V. UYGULAMA

Uygulama olarak Karabük üniversitesi Endüstri Mühendisliği lisans bölümü için 1. Ve 2. Öğretim ayrı ayrı olmak üzere ders programı üretilmiştir. Bölümden sağlanan verilerde 1. Öğretim için 49 2. Öğretim için 50 farklı der bulunmakta, 1. Öğretim için 131 saat ders, 2. Öğretim için ise 134 saat ders bulunmaktadır. Her iki öğretim planı için 9 farklı sınıf sağlanmaktadır. Bu sınıfların ilk 7 sinin kapasitesi 120 iken, son ikisinin kapasitesi 160'dır. Her iki öğretim programı da hafta içi 5 gün eğitim vermekte ve her günde 10 farklı oturum bulunmaktadır. 1. Öğretim için sabah ilk saatteki dersin ceza katsayısı 1, akşam son saatteki dersin ceza katsayısı 0.5 olarak verilmiş ve kalan oturumlar için bir ceza düşünülmemiştir. 2. Öğretim için ise son iki saat için ceza

uygulanmaktadır. Son saatin ceza katsayısı 2, sondan bir önceki oturumun ceza katsayısı ise 1 olarak belirlenmiştir.

A. Girişler

Ders programı oluşturulacak okul, bölüm yada fakültenin verileri Excel dosyasından okunmaktadır. Bu bilgiler 3 tablo halinde Excel dosyasından okunmuştur. 1.tabloda Sınıf, Ders kodu, ders saati, dersi veren öğretim üyesi, dersi alan öğrenci sayısı zorunlu alanlardır. Buna ek olarak eğer bu ders için bir tercih varsa, atanması istenilen derslik, gün, saat ve bu atanmanın ağırlığını bildiren [0-1] aralığındaki ağırlık belirtilmelidir. Aşağıda örnek okunan Tablo 2 den bir kaç satır örnek görünmektedir.

TABLE IXX
VERİ GİRİŞLERİ

SINIF	KODU	SAA T	Adı Soyadı	Öğrenci Sayısı	Tercih edilen sınıf[1..9]	Tercih edilen gün [1..5]	Tercih edilen saat[1..10]	Tercihin etkisi (0 1]
1	FIZ186	4	S.P.	86				
1	FIZ186	4	H.G.	87	1	2	0	0.9
1	MAT188	3	A.N.	101				
1	MAT186	4	M.D.	152				
1	ENM108	4	A.Ö.K.	98				

Bu tabloya göre sadece 2. Satırda bulunan ders için bir tercihte bulunulmuş. Bu tercih mevcut derslikler içinde 1.sınıfta olması ve 2. Günde yani Salı gününde olması tercih edildiğini göstermektedir. Bu dersin saati için ise 0 girilmiştir. Bunun anlamı dersin saati ne olursa olsun fark etmez anlamındadır. Eğer belli bir saat atanması isteniyorsa o ders saatin numarası belirtilmelidir. Aynı şekilde eğer belli bir gün tercih edilmemişse gün sütununa 0 girilebilir. Bu tercihin ağırlığı 0.9 olarak belirlenmiştir. Bunun anlamı eğer bu ders tercih edilen yere atanırsa, dersi alan öğrenci sayısı x dersin saati x katsayı kadar mükafat verileceği anlamına gelmektedir.

Bu satırların boş bırakılması ilgili ders için herhangi bir tercihin bulunmadığı anlamına gelmektedir.Yöntem için gereken 2. Tablo ise derslerin atanacağı saatler ve günler tablosudur. Örnek tablo aşağıdaki gibidir. Ayrıca bu tabloda ilgili saatlere ders atanması durumunda verilecek ceza puanları belirlenmelidir. Örneğin eğer sabah erken saatlerde ve akşam geç saatlerde ders konması istenmiyorsa bu saatlerin ceza katsayıları artırılabilir. Örnek tabloya göre sabah ilk saatlerin ceza katsayısı 1, akşam son saatin katsayısı ise 0.5 olarak belirlenmiştir. Bu katsayı o saatte derse giren her bir öğrenci için verilecek cezayı gösterir.

TABLE IXXII

DERS SAATLERİNE VERİLEN CEZALAR

	Ders Saati	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma
1	08:00-08:45	1	1	1	1	1
2	08:50-09:35	0	0	0	0	0
3	09:40-10:25	0	0	0	0	0
4	10:30-11:15	0	0	0	0	0
5	11:20-12:05	0	0	0	0	0
6	13:00-13:45	0	0	0	0	0
7	13:50-14:35	0	0	0	0	0
8	14:40-15:25	0	0	0	0	0
9	15:30-16:15	0	0	0	0	0
10	16:20-17:05	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

İhtiyaç duyulan 3. ve son tablo ise derslik bilgilerini içeren tablodur. Bu tabloda derslik adları ve derslik kapasiteleri verilmelidir.

TABLO 3
DERSLİK KAPASİTELERİ

Derslik	Kontenjan
D101	120
D102	120
D103	120
D104	120
D105	120
D106	120
D107	120
D108	160
D109	160

Örnek Tablo 4'te belirtildiği gibidir. Bu tabloda 9 farklı sınıf bulunmaktadır.

B. Genetik Algoritma Uygulaması

Uygulanan Genetik algoritma ders sayısı kadar genden oluşmaktadır. Her bir gen [0 1] aralığında yüksek çözünürlüğe sahip reel sayılardan oluşmaktadır. Bu sayılar ilgili ders atanacağına ders atama sezgiselinin tüm kısıtları sağlayacak şekilde listelediği ihtimallerden hangisini seçmesi gerektiğini söylemektedir. Genin genel yapısı 49 ders içeren örnek uygulama için aşağıdaki gibidir.

TABLO 5
ÖRNEK KROMOZOM DİZİLİŞİ

1.kromozom	2.kromozom				49. kromozom
0.452335503	0.292945049	--	--	--	0.262264998

Birinci dersin atanması için sözgelimi 400 farklı seçenek varsa seçilecek seçenek $400 \times 0.452335503 = 180,98 \approx 181$. Seçenek olarak belirlenir.

Uygulanan Genetik algoritma yönteminde, ilk popülasyonu oluşturmak için Uniform rastgele olasılık ile rastgele kromozomlar belirlenmiştir. Cross-over yöntemi için Scatter crossing over kullanılmıştır. Popülasyon sayısı 500, elit sayısı ise popülasyonun %5'i olan 25 olarak belirlenmiştir. Maximum iterasyon sayısı ise 200 yeterli görünmüştür. Ayrıca Matlab'in bize sağladığı hibrit arama yöntemi olarak ise pattern search kullanılmıştır. Bu sayede genetik algoritmanın sonuca daha hızlı yakınsaması sağlanmıştır.

VI. SONUÇ

Algoritmanın başlangıç çözümleri oluşturulurken çeşitli yaklaşımlar denenmiş ve uygun olan yaklaşım deneysel olarak belirlenmiştir. Algoritmanın performansı için önemli etkilere sahip olan çaprazlama oranı, mutasyon oranı ve popülasyon büyüklükleri deneysel olarak tespit edilmiştir. İlk popülasyonu oluşturmak için "Uniform rastgele olasılık" ile kromozomlar belirlenmiştir. Çaprazlama yöntemi için "Scatter Çaprazlama" kullanılmıştır. Populasyon sayısı "500", elit birey sayısıysa

popülasyonun %5'i olan "25" olarak belirlenmiştir. Maximum iterasyon sayısı ise "200" olarak belirlenmiştir. Matlab programının bize sağladığı hibrit arama yöntemi olarak ise "Pattern search" kullanılmıştır. Genetik algoritmanın performansında önemli etkiye sahip olabilen çaprazlama ve mutasyon operatörleri de deneysel çalışma neticesinde belirlenmiştir. Bu amaçla literatürde kullanılan çeşitli çaprazlama ve mutasyon operatörleri programlanmış ve denenmiştir. Geliştirilen algorithmada alınan önlemlere rağmen algoritmanın her zaman en iyi çözümü bulması mümkün olamayabilir. Bu nedenle kullanıcıya algoritmanın birkaç kere çalıştırılması imkanı sunulmuştur. Böylece en iyi çözümün elde edilmesi olasılığı daha fazla olmaktadır. Algoritma yaklaşık 90 saniyede olurlu ve yüksek kalitede bir çizelge oluşturabilmektedir. Ancak, çalışma süresi ve koşum sayısı ne kadar fazla olursa elde edilecek çözümler daha kaliteli olacaktır. Çalışma süresinin en az 5 ya da 10 dakika olması, popülasyonun 45 saniyede bir yenilenmesi ve algoritmanın en az iki defa çalıştırılması iyi sonuçlar verecektir.

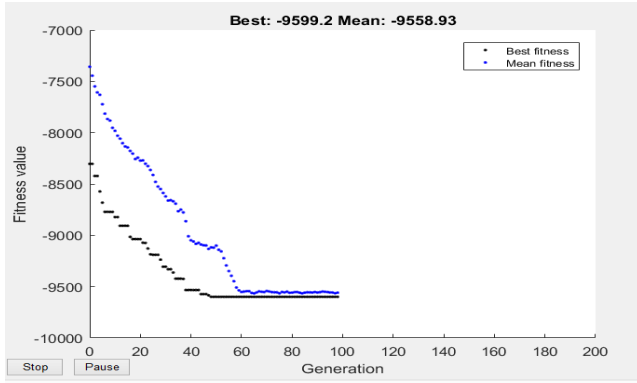
Oluşturulan program ile ders programı oluşturmanın ders programının elle yapılmasına göre çeşitli avantajları vardır. Bunlar:

- 1) Ders programları için ilgili personelin 4-5 gün zaman harcadığı düşünülürken, çözümün 5-10 dakika gibi bir sürede elde edilebilmesinin eğitim kurumları için çok önemli bir avantaj sağlamasıdır.
- 2) Oluşturulan bir ders programında bazı derslerin yerleşiminde değişiklikler yapılması gerekebilir. Böyle bir durumda yazılım, seçilen ders için uygun olan oturum ve derslikleri gösterir ve dersin belirlenen yeni oturum ve dersliğe atanabilmesini sağlar. Bu işlem kullanıcılara önemli ölçüde kolaylık sağlar. Bir dersin herhangi bir oturum ve dersliğe atanması durumunda çizelgede yapılması gereken değişiklikleri göstermektedir. Bu iki alternatif yolla oluşturulmuş bir çizelge 1-2 saniye gibi bir zamanda yeniden çizelgelenebilmektedir.
- 3) Yazılım, çözüm uzayının çeşitli bölgelerini taradığı için personelin elle yaptığı ders programından daha kaliteli programlar oluşturabilmektedir.
- 4) Ders programı yapıldıktan sonra, programın detaylı bir şekilde raporlanması gerekmektedir. Yazılım ile oluşturulan ders programının çeşitli kriterlere göre raporları oluşturabilmesi de önemli bir avantajdır.

Genel olarak, problemin kısıtlarına ve amacına uygun olarak geliştirilen operatörlerin başarılı olabildikleri, başlangıç popülasyonunun oluşturulmasında sezgisel yöntemlerin kullanılmasının genetik algoritma performansını olumlu yönde etkilediği, lokal arama tabanlı sezgisel mutasyon operatörlerinin etkili olduğu, stratejiler iyi sonuç vermektedir.

Uygulama olarak Karabük üniversitesi Endüstri Mühendisliği lisans bölümü için 1. Ve 2. Öğretim ayrı ayrı olmak üzere ders programı üretilmiştir. Bölümden sağlanan verilerde 1. Öğretim için 49 2. Öğretim için 50 farklı ders bulunmakta, 1. Öğretim için 131 saat ders, 2. Öğretim için ise 134 saat ders bulunmaktadır. Her iki öğretim planı için 9 farklı

sınıf sağlanmaktadır. Bu sınıfların ilk 7 sinin kapasitesi 120 iken, son ikisinin kapasitesi 160'dır. Her iki öğretim programı da hafta içi 5 gün eğitim vermekte ve her günde 10 farklı oturum bulunmaktadır. 1. Öğretim için sabah ilk saatteki dersin ceza katsayısı 1, akşam son saatteki dersin ceza katsayısı 0.5 olarak verilmiş ve kalan oturumlar için bir ceza düşünülmemiştir. 2. Öğretim için ise son iki saat için ceza uygulanmaktadır. Son saatin ceza katsayısı 2, sondan bir önceki oturumun ceza katsayısı ise 1 olarak belirlenmiştir. 1. Öğretimde sadece 2 ders için bir tercih belirtilmiştir. FIZ186 dersinin 1. Derslikte olması gerektiği gün ve oturumun farketmeyeceği ve bu atamanın ağırlık katsayısı 0.9 olarak verilmiştir. TUR182 kodlu ders için ise 4. Derslikte yapılması gerektiği, dersin Çarşamba olması gerektiği ve ilk oturumda olması gerektiği tercihleri verilmiştir. 2. Öğretim için herhangi bir tercih belirtilmemiştir. 1 öğretim için kod çalıştırıldığında her bir iterasyonda amaç fonksiyonu nasıl azaldığını gösteren grafik aşağıdadır. Başlangıçta -7500 amaç değerinde başlayan iterasyon sonunda -9558.93 amaç değerini veren ders programını belirlemiştir. Yöntem oluşturulan ders programını yine bir Excel dosyasına yazarak çıktı vermektedir.



Şekil 1. Jenerasyona Göre Fitness Fonksiyonundaki Değişim

KAYNAKLAR

- [1] Reeves, Colin. "Genetic algorithms." Handbook of metaheuristics. Springer US, 2003. 55-82.
- [2] Daban, Fatma, and Ersin Özdemir. "Çok Parametrel Genetik Algoritma Kullanarak Ders Programlarının Hazırlanması." II. Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi Sempozyumu (2004).
- [3] Atanak, Mustafa Müjdat, Fatih Onur Hocaoglu. "Genetik Algoritmalarla Ders Programi Hazirlama Otomasyonu Tasarimi."
- [4] Gen, Mitsuo, Runwei Cheng, and Dingwei Wang. "Genetic algorithms for solving shortest path problems." Evolutionary Computation, 1997., IEEE International Conference on. IEEE, 1997.
- [5] Yu, Enzhe ve Ki-Seok Sung. "A Genetic Algorithm For A University Weekly Courses Timetabling Problem." International Transactions In Operational Research 9.6 (2002): 703-717.
- [6] Kanoh, H., Sakamoto, Y., "Interactive Timetabling System Using Knowledge-Based Genetic Algorithms", IEEE International Conference On Systems, Man, And Cybernetics, Conference Proceedings, vol. 1, no. 7, Pp. 5852-5857, 2004.
- [7] Daban, Fatma, and Ersin Özdemir. "Çok Parametrel Genetik Algoritma Kullanarak Ders Programlarının Hazırlanması." II. Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi Sempozyumu (2004).
- [8] Barut, İ. O., Solakoğlu, L., "Otomatik Ders Programı Çıkarma", Fırat Üniversitesi, 2005.
- [9] Beligiannis, G. N., Moschopoulos, C. N., Kaperonis, G. P., Likothanassis, S. D., "Applying Evolutionary Computation To The School Timetabling

- Problem: The Greek Case", Computers & Operations Research, no. 35, 1265-1280 October 2006.
- [10] Agustin-Blas, L. E., Salcedo-Sanz, S., Ortiz-Garcia, E. G., Portilla-Figuera, A., Perez-Bellido, A.M., "A Hybrid Grouping Genetic Algorithm For Assigning Students To Preferred Laboratory Groups", Expert Systems With Applications, vol. 36, no.3, pp. 7234-7241, 2009.
- [11] Khonggamnerd, Pariwat, And Supachate Innet. "On Improvement Of Effectiveness In Automatic University Timetabling Arrangement With Applied Genetic Algorithm." Computer Sciences and Convergence Information Technology, 2009. ICCIT'09. Fourth International Conference on. IEEE, 2009.
- [12] Pillay, N., Banzhaf, W., "An informed genetic algorithm for the examination timetabling problem", Applied Soft Computing, Vol. 10, No. 2, pp. 457-467, (2010).
- [13] Guo, P., Chen, J., Zhu, L., "The Design And Implementation Of Timetable System Based On Genetic Algorithm", Mechatronic Science, Electric Engineering And Computer, 2011 International Conference, 1497-1500.
- [14] Yang, Shengxiang, and Sadaf Naseem Jat. "Genetic Algorithms With Guided And Local Search Strategies For University Course Timetabling." IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews) 41.1 (2011): 93-106.
- [15] Gersil M., Palamutcuoğlu T., "Ders Çizelgeleme Probleminin Melez Genetik Algoritmalar İle Performans Analizi", Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi, C. 6, S. 1, Sf. 242-262, 2013.
- [16] Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Yıl: Ocak 2016 Cilt-Sayı: 9(1) ss: 159-177
- [17] Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 23(1), 55-70, 2017.

Endüstri 4.0 felsefesi altında insan ve robot etkileşimli paralel montaj hattı dengeleme

Serhan Kökhan*, Ömer Faruk Baykoç⁺

*Department of Industrial Engineering, Gazi University, 06570, Maltepe, Ankara, Turkey
serhankokhan@gazi.edu.tr

⁺Department of Industrial Engineering, Gazi University, 06570, Maltepe, Ankara, Turkey
baykoc@gazi.edu.tr

Özet— İnsan ve makinaların üretim ortamında etkin ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için mevcut üretim ve imalat yapılarındaki gelişim, özellikle insan ve robot işbirlikçi çalışma stratejilerinde Endüstri 4.0 ve montaj hattı konusunu tek bir başlık altında çalışılabilecek önemli bir alan haline getirmiştir. Bu çalışmada bu gelişimin bir parçası olarak literatürde önemli yeri olan paralel montaj hatları problemlerinde işgücü olarak Endüstri 4.0 konseptinin de önemli bir parametresi olan insan ve robot etkileşimli çalışmalar incelenecektir.

Anahtar Kelimeler— Endüstri 4.0, İnsan Robot Entegre İmalatı Paralel Montaj Hatları

I. GİRİŞ

Günümüzde adını sıkça duyduğumuz akıllı fabrika kavramı, üretim sahasında yer alan endüstriyel bilgisayarlar vasıtasıyla üretimi merkezci bir yapıdan ve aynı zamanda uzaktan kontrol edebilen, bunun yanı sıra kendi yönetimini kendisi gerçekleştirebilen sistemlerin bütünü olarak ifade edilebilir. Akıllı fabrikaların geleneksel sistemden en önemli farkı, insan gücü ile gerçekleştirilen manuel operasyonlardaki hataların ortadan kaldırılması, makineler tarafından gerçekleştirilen otomatik kontroller sayesinde, üretimin her safhasında verimliliği yüksek ve üst seviyede kaliteli ürün üretilmesidir. Günümüzde akıllı fabrikalar, Endüstri 4.0 kavramının içerisinde yer alarak, hızla geleneksel fabrikaların yerini almaya başlamıştır. Endüstri 4.0 konsepti içerisinde etkin robot teknolojileri daha yoğun kullanılırken, insan gücünün tek başına daha az; fakat robotlarla daha fazla işbirlikçi olacak şekilde kullanılması, çalışma alanlarını küçülterek maliyetleri büyük ölçüde azaltarak, üretim ile birlikte karlılığı arttırarak, müşteri memnuniyetini yüksek kalitede ürün üreterek üst seviyede tutulması hedeflemektedir.

Fabrikaların üretim süreçlerinde hayati önemi olan robotlar, sağladıkları hız ve kolaylıklarla her geçen gün sanayide daha çok rol almış ve günümüzde çok olağan bir işgücü haline gelmiştir. Önceki dönemlerde genelde yalnız çalışan robotların bundan sonraki dönemlerde birbirleriyle konuşur hale geleceği aynı zamanda insanla birlikte çalışan insansı robotların imalat ortamlarında yer alacağı düşünülmektedir.

Bu nedenle insan ve makinaların üretim ortamında etkin ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için mevcut üretim ve imalat yapılarındaki gelişim, özellikle insan ve robot işbirlikçi çalışma

stratejilerinde Endüstri 4.0 ve montaj hattı konusunu tek bir çatı altında çalışılabilecek önemli bir alan haline gelmiştir.

Akış tipi üretim sistemlerinin en önemli uygulamalarından olan montaj hatları da, günümüz üretim ihtiyaçlarının değişmesine paralel olarak yeni uygulama örnekleriyle gelişmektedir. Paralel montaj hatları talebin yeterince yüksek olduğu standart ürünler için yüksek kapasitede üretim imkânları sağlamaktadır.

Bu çalışmada bu gelişimin bir parçası olarak literatürde önemli yeri olan *paralel montaj hatları* problemlerinde işgücü olarak Endüstri 4.0 konseptinin de önemli bir parametresi olan insan ve robot etkileşimli çalışmalara yer verilmektedir.

II. MONTAJ HATLARI VE MONTAJ HATTI Dengeleme Problemi

Üretimi yapılacak ürün veya yarımamülleri oluşturan hammadde, yarımamül veya mamüllerin bir üretim sürecinde bir araya getirilerek nihai ürün veya yarımamülün oluşturulması işlemine montaj denir. Montaj faaliyetini oluşturan, ürünü meydana çıkaracak görevlerin bir veya birkaçının birlikte yapıldığı iş merkezlerine istasyon ve tüm sisteme de montaj hattı denir. Montaj hattında sıralı şekilde konumlandırılmış istasyonlarda tüm ürünlerin aynı ortak zaman birimi kadar işlem göreceği şekilde ürünü oluşturan görevlerin istasyonlarda gruplandırılmasına çalışılır. Böylece montaj hatlarının temel özelliği olan yüksek hızda ve dolayısıyla yüksek hacimde üretim gerçekleştirilmeye çalışılır.

Bir montaj hattının verimliliğinin ölçüsü olarak montaj hattı dengeleme (MHD); bir montaj faaliyetini oluşturan görevlerin; görevler arasındaki teknolojik kısıtlar ve görev zamanları dikkate alınarak, bir performans kriterini en iyileyecek şekilde istasyonlara atanmasıdır. İstasyonlardaki boş zamanların ve istasyon zamanları arasındaki farkın mümkün olduğunca az olması bir montaj hattının ne kadar verimli çalıştığının bir göstergesidir. Dolayısıyla görevlerin istasyonlara gruplandırılması kararı, görevlerin sonlu kombinasyonları arasından görev seçme kararı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu haliyle kombinatorial optimizasyon problemi olan MHD problemi, polinom zamanda çözülemeyen NP-zor bir optimizasyon problemidir.

Montaj hatlarını çeşitli kriterlere göre sınıflandırmak mümkündür. Montaj hattında üretilecek ürünlerin çeşidine göre

tek modelli hatlar veya çok modelli hatlar olarak bir sınıflandırma yapılabilir. Kurulacak hattın yerleşim düzenine göre seri hatlar ve u-tipi hatlar olarak ikiye ayırmak da mümkündür. Seri ve u-tipi yerleşim düzenlerinin çeşitli özel uygulamaları da mevcuttur. İlk olarak Gökçen, Ağpak ve Benzer tarafından tanımlanan paralel montaj hattı dengeleme problemi, u-tipi hatların esnekliğini ve seri hatların üretim hızı ve yerleşim alanı özelliklerini bir araya getiren, aynı veya ürünlerin yüksek miktarlarda talebi karşılayacak şekilde ortak kaynak kullanımı esasına göre dengelendiği MHD problemi [1].

MHD için önemli bir sınıflandırma ölçütü de görev zamanlarının değişkenliğidir. Montaj görevlerinin zamanlarının sabit bir zaman değeri ile gösterildiği deterministik MHD problemi ve görev zamanlarının bir olasılık dağılımına uygun olarak belirli bir zaman aralığındaki değerlerle gösterildiği stokastik MHD problemi olarak ikiye ayırmak mümkündür. MHD ile ilgili zengin literatürün önemli bir kısmı deterministik MHD problemini ele alsa da MHD probleminin stokastik olarak ele alınmasıyla gerçek dünya uygulamalarına daha yakın çözümler elde edilebilmektedir.

Yapısı itibariyle NP-zor bir problem olan MHD problemi, paralel hat yapısı ile daha da zor bir problem haline gelmiştir. MHD probleminin çözümü için literatürde çok sayıda yaklaşım söz konusudur. Basit MHD problemleri için kesin çözüm sunan matematiksel programlama modelleri kullanılabilir. Ancak problem boyutu büyüdükçe ve çözüm uzayı karmaşık hale geldikçe optimal çözüme ulaşma süresi artmakta hatta büyük boyutlu problemler için matematiksel programlama pratik bir çözüm sunmaktan uzaklaşmaktadır. MHD problemlerinin çözümünde kullanılan çok sayıda sezgisel yöntem literatürde sıkça rastlanmaktadır. Son yıllarda hemen hemen tüm optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan meta sezgisel algoritmalar da MHD problemleri üzerinde oldukça başarılı sonuçlar sağlamıştır [2].

Montaj hattı; istasyon olarak adlandırılan operasyonları gerçekleştiren üretken birimlerin seri şekilde konumlandırıldığı akış odaklı bir üretim sistemidir. Görev adı verilen ve daha küçük alt parçalara bölünemeyen iş parçaları montaj hatlarında konveyör bant gibi bir taşıma sistemi ile hat boyunca ilerleyerek istasyonları birbirini ardına ziyaret eder. Her bir iş istasyonunda önceden belirli bir dizi görev, çevrim zamanı dikkate alınarak gerçekleştirilir ve son ürün hattın sonundan elde edilir. Tüm işlemlerin tek bir iş istasyonunda gerçekleştirildiği geleneksel süreçlerden farklı olarak montaj hatları firmalara yüksek üretkenlik seviyelerini yakalama imkânı sunarlar.

Montaj hatları ürünlerin büyük oranda standartlaştırıldığı ve tüketimin yüksek olduğu endüstrilerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Ayrıca düşük seviyede standartlaştırılmış ürünleri veya özelleştirilmiş ürünleri küçük miktarlarda üretmek için de kullanılmaktadırlar [3].

Aslında montaj hatları, standartlaştırılmış ürünlerin maliyet etkin kütle üretimi için geliştirilmiş ve yüksek özellikli işgücü ve öğrenme etkilerini kullanmak üzere tasarlanmıştır [4]-[5]. Seri üretimin ilk örneklerinden olan Henry Ford ve T-modeli üretiminden bugüne tüketici ihtiyaçları ve üretim sistemleri

büyük oranda değişmiştir. Firmalar birim maliyetlerini en küçükleyen seri üretim uygulamalarını kullanırken çeşitlenmiş müşteriler ihtiyaçlarını karşılayabilmek için de ürünlerinin kişiselleştirilmesine izin vermek zorunda kalmışlardır. Otomatik aparat değiştirmeli çok amaçlı makineler gibi çeşitli teçhizatlarla, kabul edilebilir hazırlık zamanı ve maliyetlerle seçmeli üretim sırasına izin verilerek, firmaların hızlı ve büyük miktarlarda kişiselleştirilmiş ürünleri üretmelerine imkân sağlanabilmektedir. Bu durum verimli akış hattı sistemlerini sipariş üretiminde düşük hacimli montaj için de uygun hale getirmektedir [6] ve kitlesel özelleştirme gibi modern üretim stratejilerini mümkün kılmaktadır [7]. Bu da montaj sistemlerinin planlanması ve uygulanması sürecinde pratikle yüksek ilişki içinde olacağını göstermektedir.

Üretim hızı ve ürünlerin standartlaştırılması montaj hatları için önemli faktörlerdir. Maliyet etkin bir üretim sistemi için montaj hatlarının kurulumu ve/veya yeniden tasarlanmasında kritik yatırım kararlarının verilmesi gerekmektedir. Montaj hattı tasarımı, son ürünü üretecek üretken birimlere dair; makine teçhizat kullanımı, üretim sürecindeki faaliyetlerin sıralanması, montaj görevlerinin, çevrim zamanının ve istasyonların belirlenmesi gibi tüm faaliyet ve kararları içerir.

Montaj hatları yatırım maliyeti ve verimlilik hedefleri doğrultusunda uzun vadeli planlama kapsamında değerlendirilir. Dolayısıyla montaj hatlarının dengelenmesi ve uygun şekilde çalıştırılması sistemin mümkün olduğunca yüksek verimde çalışması için büyük önem arz etmektedir [3].

III. PARALEL MONTAJ HATTI DENGELEME PROBLEMLERİ LİTERATÜRÜNE BAKIŞ

Literatürde montaj hattı olarak anılan üretim sistemlerinin büyük bölümü düzenlenmiş montaj hatları olarak değerlendirilmektedir. Düzenlenmemiş veya zaman kısıtı olmayan hatlar ise iş parçasının hareketine göre iki farklı duruma nitelendirilirler. Gerekli operasyonlar tamamlandıktan sonra iş parçasının bekleme olmaksızın hemen hareket ettiği senkronize hatlarda, iş yükü en fazla olan istasyonların beklenmesi söz konusu olabilmektedir. Senkronize olmayan hatlarda ise bir iş parçasının ilgili operasyonları istasyonda tamamladıktan sonra ve öncesinde montajlanan başka bir iş parçası tarafından engellenmedikçe, diğer istasyonlardan bağımsız olarak hareket ettirilir. Böyle bir durumda ise istasyonlarda darboğaz oluşumu veya boş kalması/açlığı durumları ortaya çıkabilecektir. Tampon stok bölgelerinin kullanılmasıyla bu tıkanma ve açıklıklar dengelenmeye çalışılır [2].

Literatürde MHD terimi altında karar vericinin verimli montaj sistemleri tasarlamasını desteklemeyi amaçlayan birçok optimizasyon modeli geliştirilmiş ve tartışılmıştır. Salvesson tarafından MHD probleminin ilk matematiksel formülasyonundan beri akademik çalışmalar genelde görevlerin istasyonlara atanması problemi olan konfigürasyon temel probleminde odaklanmıştır. Ancak sonraki çalışmalar problemi u-tipi hatlar, paralel istasyonlar veya işlem alternatifleri gibi pratikle ilgili sınırları entegre ederek daha da genelleştirmeye çalışmışlardır [3].

Tüm bu çabalara rağmen konfigürasyon planlaması probleminin matematiksel bir algoritma ile çözüm yaklaşımı, çok az sayıdaki firma tarafından kullanılmaktadır. 1970'li yıllardan günümüze kadar yapılan ampirik çalışmalardan hareketle, bilimsel tartışmalar ve pratik uygulamalar arasında önemli bir uçurum olduğu söylenebilir [8]-[9]. MHD algoritmaları ile ilgili daha güncel bilimsel çalışmaların gerçek dünya uygulamalarındaki eksikliği, bu farkın hâlâ var olduğunu veya daha da genişlediğini göstermektedir. Teorik ve pratik arasındaki bu farklılığın sebepleri olarak [10];

Araştırmacıların uygulamada karşılaşılan gerçek problemleri ele almaması,

- Dikkate alınan problemlerin tatmin edici şekilde çözülememesi,
- Elde edilen bilimsel bilginin genel pratik uygulamaya dönüştürülebilmesi gösterilebilir.

Montaj hatları ve MHD problemi ile ilgili çok sayıda araştırma bulunmasına rağmen *paralel* veya *çoklu hatların* ele alındığı çalışmalar nispeten sınırlı sayıdadır. Paralel montaj hattı dengeleme problemi Gökçen ve ark. tarafından tanımlanmadan önce içerisinde paralellik geçen ancak kaynakların ortak kullanımı ile eşzamanlı dengelemeyi kapsamayan çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [1]. Bu çalışmalar daha çok hatların bağımsız dengelenmesini ve maliyetleri incelemiştir.

Birden fazla montaj hattının paralel olarak değerlendirildiği ilk çalışma Lehman tarafından gerçekleştirilmiştir [11]. Çalışmada bir dizi ürünün belirli bir sayıdaki paralel konumlandırılmış montaj hattına atanması problemi ele alınmıştır. Wyman ve Moberly çalışmasında üç farklı paralel hat yapısının simülasyon modeli sonuçları analiz edilmiştir. Analizlerde kuyruk kapasitesi, arıza oranı, tamirat oranı ve aşama sayısı gibi parametrelerin etkileri incelenmiştir [12].

Chakravarty ve Shtub tarafından yapılan çalışmada, sistemin tepki zamanını en küçükleyecek hat sayısının tespiti için analitik bir model geliştirilmiştir [13]. Aslında sadece hat sayısının belirlenmesi değil genel anlamda iş tasarımı olarak nitelendirilebilen çalışmada devamsızlık, fire ve öğrenme gibi faktörleri sistemin tepki zamanı ile ilişkilendiren matematiksel eşitlikler kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre öğrenme etkisinin daha etkili olduğu ve yeni sistemler için iyi bir iş tasarımının oldukça önemli bulunduğu belirtilmiştir. Ayrıca paralel montaj hatlarının kullanımıyla, işçi tatmini ve üretkenliğinde yükselmeler olabileceği, Ellegard ve Jonsson çalışmasında gösterilmiştir [14].

Çok modellenli üretimde üretilecek modellerin mevcut hatlara atanması problemini ele alan bir çalışma da Ahmadi, Dasu ve Tang tarafından ele alınmıştır. Bu dinamik atama problemi için optimale yakın sonuçlar üreten 3 sezgisel yaklaşım önermişlerdir. Geliştirilen yöntemlerde amaç fonksiyonu olarak, model değiştirme maliyeti ve başarısızlık ceza maliyeti kullanılmıştır. Problemin çözümünde çeşitli türdeki görevlerin paralel makinelerde çizelgelenmesi yaklaşımı esas alınmıştır [15].

Bu alandaki önemli bir çalışma da Süer ve Dağlı tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan farklı modelin değişken

sayıdaki hatlara atanması problemi ele alınmıştır. Her bir hatta verilen zaman periyodu boyunca kullanılabilir istasyon sayısını aşmayacak şekilde istasyon sayısı değişebilmektedir [16].

Paralel hatların kullanılmasıyla ortaya çıkacak makine teçhizat maliyetlerinin incelendiği çalışmada Daganzo ve Blumenfeld, iki veya daha fazla sayıda montaj hattının paralel veya çoklu hat olarak kullanılmasının daha yüksek teçhizat maliyetlerine neden olacağını göstermişlerdir [17].

Pinnoi ve Wilhelm çalışmalarında; tek makine, paralel özdeş iki makine, paralel özdeş olmayan iki makine ve benzer makineler durumlarını içeren hat tasarım problemleri için karma modellenli doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Çalışmada her bir ürünün önceden belirlenmiş bir ürünün üretilebildiği bir hatta veya çeşitli ürünlerin üretilebildiği esnek bir hatta atanabileceği varsayılmıştır. Ayrıca maliyetlerden dolayı sadece tek bir esnek hattın kullanılabildiği kabul edilmiştir. Her bir ürün için görev zamanlarının ve çevrim zamanının bilindiği ve sabit olduğu varsayımı altında, istasyonların ve makinelerin sabit ve değişken maliyetleri ile istasyon açma maliyeti ve esnek hatta atanan ürünlerin hazırlık maliyetleri toplamından oluşan toplam maliyetin en küçüklenmesine çalışılmıştır. Geliştirilen karma tamsayılı programlama modellerinin çözümü için kesme düzlemi yaklaşımının kullanılabileceği belirtilmiştir [18].

Süer çalışmasında ise gerekli işçi sayısının görev sayısından fazla olduğu tek bir modelin yüksek hacimde üretilmesi problemi için üç aşamalı sezgisel bir yaklaşım önermişlerdir. Problemden, kullanılacak hat sayısı ve istasyonlara atanacak işçi sayısının belirlenmesine çalışılmakta ve bunun için de toplam işçi sayısının en küçüklenmesini hedefleyen bir amaç fonksiyonu kullanılmıştır [19].

Miltenburg çalışmasında çoklu u-tipi yerleşim düzeninde u-tipi montaj hatların dengelenmesi problemini ele almıştır. Verilen N adet u-tipi montaj hattının önceden belirli bir çevrim zamanına göre ilgili kısıtları sağlayacak şekilde en küçük istasyon sayısını belirlemeye çalışmıştır [20].

Sparling, tam zamanında üretim birimi olarak isimlendirilen ve tamamı aynı üretim hattı için parçalar üreten, aynı çevrim zamanında çalışan ve çoklu hat istasyonları oluşturabilecek şekilde birbiriyle yakın konumlandırılmış bir dizi u-tipi hattı ele almıştır [21].

Paralel montaj hatlarının kullanılmasıyla geleneksel üretim sistemlerinden farklı olarak daha esnek ve daha güvenilir üretim imkânları sağlanacağı Rekiek ve ark. çalışmasında açıklanmıştır [22]. Paralel MHD problemi başlığında açıklandığı üzere ortak kaynaklarla birden fazla montaj hattının eş zamanlı ortaklaşa dengelenmesi problemi ilk olarak Gökçen ve Ağpak ile Gökçen ve ark. tarafından gösterilmiştir [23]-[1]. Yazarlar önerdikleri yöntemi literatürde iyi bilinen 14 problem örneğinden üretilen 95 test problemini kullanarak önerilen yaklaşımı test etmişlerdir. Geliştirilen tamsayılı programlama modeli 30 ve daha az görev içeren test problemleri için çözülmüştür. Önerilen sezgisel yaklaşım 95 test probleminin 65'inde hatların bağımsız olarak ele alınmasıyla elde edilecek istasyon sayısından daha az sayıda istasyon bulmuştur.

Lan çalışmasında bir üretim hattı için geçerli konfigürasyonlar listesinden tercih edilecek konfigürasyonların

belirlenmesi ve seçilen her bir konfigürasyon için her bir istasyona atanacak paralel makinelerin sayısının, üretim oranının ve sistem çalışma zamanının tespiti için iki aşamalı bir yaklaşım ortaya koymuştur [24]. Chiang ve ark. çalışmalarında çoklu u-tipi hatlardan oluşan bir tam zamanında üretim sisteminin dengelenmesi problemi incelenmiştir [25]. Yapılan araştırmaların daha önceki Miltenburg ile Sparling ve Miltenburg çalışmalarından farkı hat sayısının belirlenecek olması ve u-tipi hatların bağımsız olduğunun kabul edilmesi nedeniyle hatları birbirine bağlayan çok hatlı istasyonlar bulunmamasıdır [20]-[26].

Paralel MHD ile ilgili Lusa ile Scholl ve Boysen çalışmalarına ilgili detaylı bilgiler önceki başlıklarda açıklanmıştır [27]-[28]-[29]. Scholl ve Boysen çalışmasında önerilen çözüm yaklaşımı ve elde edilen sonuçlar Gökçen ve ark.'nın çalışmasıyla karşılaştırılmıştır [29]-[1]. Küçük ve orta büyüklükteki problemlerde optimal çözümler başarıyla bulunmuş, büyük boyutlu problemler içinde etkin zamanlarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Esmailian ve ark.'nın çalışmasında paralel hat yapısında karma modellenmiş montaj hattı dengeleme problemi ele alınmıştır. Problemin başlangıç çözümünün elde edilmesi için tabu arama algoritmasının nasıl kullanılacağı MATLAB ortamında açıklanmıştır [30].

Çerçioğlu stokastik paralel montaj hattı dengeleme problemi için yeni modeller başlığı altında bir çalışma yapmıştır [47]. Özcan ve ark.'nın çalışmasında PMHDP'ne tabu arama algoritması ile çözüm geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşım amaç fonksiyonu olarak istasyon sayısının en küçüklenmesi ve istasyon yükleri arasındaki değişimlerin en küçüklenmesi amaçlarını kullanmıştır. Bu yönü ile PMHDP'nin çözümünde çok amaçlı amaç fonksiyonu kullanan ilk çalışma olmuştur [31].

Özcan ve ark. başka bir çalışmada karma modellenmiş paralel montaj hattı dengeleme problemini ele almışlardır. Tavlama benzetimi temelli bir çözüm yaklaşımı sunulan çalışmada model sıralama problemi için en küçük parça kümesi yaklaşımı kullanılırken, hat dengesinin en büyüklenmesi ve iş yüklerinin düzgün dağıtılması amaçları gözetilmiştir. Önerilen çözüm yaklaşımı literatürdeki çeşitli test problemleri üzerinde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar COMSOAL temelli çözüm yaklaşımından daha başarılı çözümler elde edildiğini göstermektedir [32]-[48].

Ozbakır ve ark. çalışmalarında ise paralel PMHD probleminin çözümü için çok kolonili arı algoritması yaklaşımı önerilmiştir [33]. Hat dengesinin en büyüklenmesi ve istasyonlardaki boş zamanların en küçüklenmesi amaçları MDM metodu ile bir araya getirilerek amaç fonksiyonu olarak kullanılmıştır. İsmail ve ark. paralel karma modellenmiş bir problem yapısını meta-sezgisel bir model ile çözümlenmiştir [34]. Özbakır ve ark. tip1 yapısına sahip paralel montaj hattı dengeleme probleminde homojen işgücü yapısına sahip problemi çoklu karınca algoritması kullanarak metasezgisel bir çalışma yapmışlardır [35].

Alper ve ark. deterministik iş sürelerine ve homojen işgücü yapısına sahip, alan kısıtlı bir U-tipi paralel montaj hattı problemi için öncelik bazlı bir genetik algoritma

geliştirmişlerdir [36]. Mamun ve ark. tip 1 ve karma model yapısına sahip paralel montaj hattı problemi için bir genetik algoritma geliştirmişlerdir [37].

Kellegöz ve ark. tip 1 ve homojen işgücü yapısına sahip paralel montaj hattı problemi için dal ve sınır kesme algoritması modellemiştir [38]. Rabbania ve ark. stokastik sürelerle sahip tip-1 karma modellenmiş bir paralel montaj hattı problemi için hibrit genetik bir algoritma oluşturmuşlardır [39]. Küçükkoç ve ark. deterministik süreli, karma modellenmiş ve homojen işgücü yapısına sahip bir paralel çift taraflı montaj hattı problemi için ajan tabanlı karınca optimizasyon algoritması geliştirmişlerdir [40].

Kellegöz ve Toklu tek modellenmiş bir paralel montaj hattı problemi için istasyonlarda çalışacak işgücü sayısını minimize etmeye çalışan bir öncelik tabanlı yapısal bir sezgisel geliştirmişlerdir [41]. Küçükkoç ve ark. U-tipi yapısında tek modellenmiş bir paralel montaj hattı dengeleme problemleri üzerine bir çalışma yapmışlardır [42]. Tiaccin stokastik sürelerle sahip, homojen işgücü yapısında bir karma modellenmiş paralel montaj hattı problemi için çok amaçlı dengeleme modeli geliştirmişlerdir [43]. Küçükkoç ve ark. Tip-E ve çift taraflı bir paralel montaj hattı problemi için koloni optimizasyon tabanlı bir karınca algoritması geliştirmişlerdir [44].

Küçükkoç ve ark. karınca ve genetik algoritmaları entegre şekilde kullanarak karmaşık montaj hatları için bir model önermişlerdir [45]. Küçükkoç ve ark. karma modellenmiş bir çift taraflı paralel montaj hattı problemi için esnek ajan tabanlı bir karınca algoritması geliştirmişlerdir [46].

IV. SONUÇ

Sonuç olarak yapılan literatür çalışmasında paralel montaj hattı dengeleme problemleri için yapılan çalışmaların yeterli sayıda olmadığı ve halen bakir bir alan olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada Endüstri 4.0 konsept temelli (insan makina etkileşimli üretim yapısına sahip) heterojen yapıda işgücüne sahip olan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Halihazırda bu çalışma alanıyla ilgili bir tez çalışması yürütülmektedir, bu tez çalışması ile bu alanda literatüre yeni bir katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

REFERANSLAR

- [1] Gökçen, H., Ağpak, K., & Benzer, R. (2006). Balancing of parallel assembly lines. *International Journal of Production Economics*, 103 (2), 600-609.
- [2] G. Seçme, Stokastik Paralel Montaj Hattı Dengeleme Problemine Üst Sezgisel Yaklaşım, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Üretim Yönetimi ve Pazarlama Bilim Dalı, 2014.
- [3] Becker, C., & Scholl, A. (2006). A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, 168 (3), 694-715.
- [4] Shtub, A., & Dar-El, E. M. (1989). A Methodology for the selection of assembly systems. *International Journal of Production Research*, 27 (1), 175-186.
- [5] Scholl, A. (1999). *Balancing and sequencing assembly lines* (2nd Edition b.). Heidelberg: Physica.

- [6] Mather, H. (1989). *Competitive manufacturing*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- [7] Pine, B. J. (1993). *Mass customization: The new frontier in business competition*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- [8] Chase, R. B. (1974). Survey of paced assembly lines. *Industrial Engineering*, 6 (2), 14-18.
- [9] Schöniger, J., & Spingler, J. (1989). Planung der montageanlage. *Technica*, 14, 27-32.
- [10] Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2007). A classification of assembly line balancing problems. *European Journal of Operational Research* (2), 674-693.
- [11] Lehman, M. (1969). On criteria for assigning models to assembly lines. *International journal of production research*, 7, 269-285.
- [12] Wyman, F. P., & Moberly, L. E. (1971). An application of simulation to compare production line configurations with failures and repairs. *Proceedings of the 5th conference on winter simulation*, (pp. 187-196).
- [13] Chakravarty, A. M., & Shtub, A. (1988). Modelling the effects of learning and job enlargement on assembly systems with parallel lines. *International journal of Production Research*, 26, 267-281.
- [14] Ellegard, K., & Jonsson, D. (1992). Reflective production in the final assembly of motor vehicles: an emerging Swedish challenge. *International journal of Operations and Production Management*, 12, 117-133.
- [15] Ahmadi, R. H., Dasu, S., & Tang, C. S. (1992). The Dynamic Line Allocation Problem. *Management Science*, 38 (9), 1341-1353.
- [16] Süer, G. A., & Dagli, C. H. (1994). A knowledge-based system for selection of resource allocation rules and algorithms. In A. Mital, & S. Anand, *Handbook of Expert Systems Applications in Manufacturing: Structures and Rules* (1st edition ed., pp. 108-129). Springer.
- [17] Daganzo, C. F., & Blumenfeld, D. E. (1994). Assembly system design principles and tradeoffs. *International Journal of Production Research*, 32, 669-681.
- [18] Pinnoi, A., & Wilhelm, W. (1997). A family of hierarchical models for assembly system design. *International Journal of Production Research*, 35, 252-280.
- [19] Süer, G. A. (1998). Designing parallel assembly lines. *Computers & Industrial Engineering*, 35 (3-4), 467-470.
- [20] Miltenburg, J. (1998). Balancing U-lines in a multiple U-line facility. *European Journal of Operational Research*, 109 (1), 1-23.
- [21] Sparling, D. (1998). Balancing JIT production units: The N U-line balancing problem. *Information Systems and Operational Research*, 36, 215-237.
- [22] Rekiek, B., Dolgui, A., Delchambre, A., & Bratcu, A. (2002). State of art of optimization methods for assembly line design. *Annual Reviews in Control*, 26 (2), 163-174.
- [23] Gökçen, H., & Ağpak, K. (2004). Hat Dengeleme Yeni Bir Felsefe Paralel Montaj Hatlarının Eş Zamanlı Dengelenmesi. *Teknoloji*, 7 (1), 181-188.
- [24] Lan, C.-H. (2007). The design of multiple production lines under deadline constraint. *International Journal of Production Economics*, 106 (1), 191-203.
- [25] Chiang, W. C., Kouvelis, P., & Urban, T. L. (2007). Line balancing in a just in time production environment: Balancing multiple U-lines. *IIE Transactions*, 39, 347-359.
- [26] Sparling, D. (1998). Balancing JIT production units: The N U-line balancing problem. *Information Systems and Operational Research*, 36, 215-237.
- [27] Lusa, A. (2008). A survey of the literature on the multiple or parallel assembly line balancing problem. *European Journal of Industrial Engineering*, 2 (1), 50-72.
- [28] Scholl, A., & Boysen, N. (2008). The multiproduct parallel assembly lines balancing problem: Model and optimization procedure. Friedrich-Schiller-University Jena. Jena: School of Economics and Business Administration Friedrich-Schiller-University Jena www.jbe.uni-jena.de.
- [29] Scholl, A., & Boysen, N. (2009). Designing parallel assembly lines with split workplaces: Model and optimization procedure. *International Journal of Production Economics*.
- [30] Esmailian, G. R., Sulaiman, S., Ismail, N., Ahmad, M., & Hamed, M. (2008). Application of MATLAB to create initial solution for tabu search in parallel assembly line balancing. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 8 (10), 132-136.
- [31] Özcan, U., Çerçioğlu, H., Gökçen, H., & Toklu, B. (2009). A tabu search algorithm for the parallel assembly line balancing problem. *Gazi University Journal of Science*, 22 (4), 313-323.
- [32] Özcan, U., Çerçioğlu, H., Gökçen, H., & Toklu, B. (2010). Balancing and sequencing of parallel mixed-model assembly lines. *International Journal of Production Research*, 48 (17), 5089-5113.
- [33] Ozbakır, L., Baykasoglu, A., Gorkemli, B., & Gorkemli, L. (2011). Multiple-colony ant algorithm for parallel assembly line balancing problem. *Applied Soft Computing*, 11, 3186-3198.
- [34] N. Ismail, G. R. Esmailian, M. Hamed, S. Sulaiman, Balancing of parallel assembly lines with mixed-model product, *International Conference on Management and Artificial Intelligence*, 2011.
- [35] L.Ozbakir, A. Baykasoglu, B. Gorkemli, L. Gorkemli, (2011), Multiple-colony ant algorithm for parallel assembly line balancing problem, *Applied Soft Computing* 11. 3186–3198
- [36] A. Hamzadayi, G. Yildiz, A genetic algorithm based approach for simultaneously balancing and sequencing of mixed-model U-lines with parallel workstations and zoning constraints, *Computers & Industrial Engineering* 62 (2012) 206–215
- [37] A.A. Mamun, A.A. Khaled, S.M. Ali, M.M. Chowdhury, A heuristic approach for balancing mixed-model assembly line of type I using genetic algorithm *International Journal of Production Research* Vol. 50, No. 18, 15 September 2012, 5106–5116.
- [38] T. Kellegöz, B. Toklu, An efficient branch and bound algorithm for assembly line balancing problems with parallel multi-manned workstations, *Computers & Operations Research* 39, 2012, 3344–3360.
- [39] M.Rabbania, A. Ziaefara, N.Manavizadehb, Mixed-model assembly line balancing in assemble-to-order environment with considerin express parallel line: problem definition and solution procedure, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 2014 Vol. 27, No. 7, 690–706.
- [40] İ. Kucukkoc, D. Z Zhang,, Simultaneous balancing and sequencing of mixed-model parallel two-sided assembly lines. *International Journal of Production Research*, 2014, Vol. 52, No. 12, 3665–3687
- [41] T. Kellegöz, B. Toklu, A priority rule-based constructive heuristic and an improvement method for balancing assembly lines with parallel multi-manned workstations, *International Journal of Production Research*, 2015 Vol. 53, No. 3, 736–756.
- [42] İ. Kucukkoc, D.Z. Zhang, Balancing of parallel U-shaped assembly lines, *Computers & Operations Research* 64 (2015) 233–244.
- [43] L. Tiacc., Coupling a genetic algorithm approach and a discrete event simulator to design mixed-model un-paced assembly lines with parallel workstations and stochastic task times, *Int. J. Production Economics* 159 (2015) 319–333.
- [44] I. Kucukkoc, D. Z. Zhang, Type-E parallel two-sided assembly line balancing problem: Mathematical model and ant colony optimisation based approach with optimised parameters, *Computers & Industrial Engineering* 84 (2015) 56–69.
- [45] İ. Kucukkoc, D. Z Zhang, Integrating ant colony and genetic algorithms in the balancing and scheduling of complex assembly lines, *Int J Adv Manuf Technol* (2016) 82:265–285
- [46] İ. Kucukkoc, D. Z Zhang, Mixed-model parallel two-sided assembly line balancing problem: A flexible agent-based ant colony optimization approach, *Computers & Industrial Engineering* 97 (2016) 58–72
- [47] Çerçioğlu, H. (2009). *Stokastik Paralel Montaj Hattı Dengeleme Problemi için Yeni Modeller*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Doktora Tezi. Ankara: Yayınlanmamış Doktora
- [48] Özcan, U., Çerçioğlu, H., Gökçen, H., & Toklu, B. (2009). Balancing and sequencing of parallel mixed-model assembly lines. *International Journal of Production Research*, 1-25.

Endüstri 4.0 tanımı ve yeni meslekler

Serhan Kökhan

Department of Industrial Engineering, Gazi University, 06570, Maltepe, Ankara, Turkey
serhankokhan@gazi.edu.tr

Özet— Bugün için Endüstri 4.0 kavramı genellikle üretimde verimliliğin yükseltilmesine yönelik hedef ve beklentiler ile ilişkilendirilmiş olsa da, Endüstri 4.0'ın iş dünyasına ve sosyal hayata birçok yenilik getireceği söylenebilir. Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde bazı meslekler varlığını yitirirken bazı yeni meslek tanımlarının oluşmaya başladığı bir dönemde bu meslek dallarında yetişmiş personel için hangi altyapıların kurulması veya mevcut altyapıların ne şekilde güncellenmesi konusu önemli bir başlık haline gelmiştir. Bu çalışmada yeni sanayi devrimi ile gelen yeni istihdam ortamının nasıl şekillendiği ve nasıl yönetilebileceği üzerine bir araştırma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler— Endüstri 4.0, Yeni Meslekler, İş Tanımları, Sosyal Hayat

I. GİRİŞ

Sanayi devrimi olarak bilinen ilk endüstrileşme süreci 18. ve 19. yüzyıllar arası gerçekleşmiştir. Enerji kaynağı olarak kömür ve buharın kullanıldığı bu dönemde makine kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. 2. Sanayi devriminde enerji kaynağı olarak elektrik ve üretiminde su, petrol ve kimyasal maddeler kullanılmaya başlanmıştır, sanayi gelişiminin büyük bir ivme kazandığı bu dönemde Henry Ford ilk seri üretim montaj bandını hayata geçirmiştir. 3. Sanayi devrimi ise 1970'li yıllardan günümüze kadar sürmüştür. 2. Dünya Savaşı sonrası dönemde elektronik, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler ile bilgisayar ve PLC'lerin gelişimi üretimde otomasyon devrini başlatmıştır.

Günümüzde 4. Sanayi Devrimi olarak tanımlanan konsept de, daha önceki devrimlerde olduğu gibi, yine bir ihtiyaçtan ortaya çıkmıştır. Son yıllarda Doğu'nun üretim teknolojisindeki gelişimi, üretim rakamlarındaki artışı ve güçlenen ekonomisi Batı için bir tehdit haline gelmiş, bu tehdit özellikle Almanya'nın başı çektiği Batılı ülkeleri; ürünlerin pazara çıkış hızı daha yüksek olan, daha esnek bir üretim yapısına sahip, kişiselleştirilmiş ürünler üretebilen ve üretimde verimliliği arttıran modelleri aramaya itmiştir. Akıllı imalat ve akıllı fabrikalar işte bu arayışta kullanılan kavramlar olmuştur. Akıllı imalat; tüm eylemlerin üretkenliği, enerji kullanımını, ekonomik performansını optimize etmeyi amaçlayan, durumsal farkındalığı olan, gerçek zamanlı karar alabilen, esnek davranabilen, kendi erken teşhis ve tedavi yeteneği bulunan, çevresiyle ve diğer sistemlerle bağlantılı çalışan üretim yapısı olarak tanımlarken, Endüstri 4.0 da bu akıllı imalatı olanaklı kılan teknolojilerin bütünü olarak tanımlayabiliriz.

Endüstri 4.0 bünyesinde birçok teknolojiyi barındırmaktadır. Siber-fiziksel sistemler (CPS), nesnelerin interneti (IOT), RFID teknolojileri, robot teknolojileri, sensörler, büyük veri, bulut bilişim, siber güvenlik, simülasyon ve sanal gerçeklik, 3d yazıcı teknolojileri bu yapının en önemli parçalarıdır.

Endüstri 4.0 akıllı fabrikalar ve diğer siber-fiziksel sistemlerde otomasyon için koordine edilmiş bir yapı olarak da düşünülebilir.

Endüstri 4.0'a geçişin zaman alacağı ve geçiş sürecinde birçok önemli etkisi olacağı düşünülmektedir, bu etkilerden bazıları şu şekilde tanımlanabilir;

- Bireysel müşteri ihtiyaçlarını daha etkin karşılamak.
- Üretim ve hizmet süreçlerinde daha esnek bir yapı.
- Optimize edilmiş karar verme yetkinliği.
- Kaynak verimliliği ve süreç verimliliği.
- Yeni hizmet çeşitleri ile yeni değerler oluşturma fırsatları.
- Çalışma ortamında demografik değişikliğe tepki verebilme.
- İş yaşam dengesi [11].

Endüstri 4.0, şirketler için birçok yeni fırsat yaratırken, aynı zamanda otomasyon ve sayısallaştırmadan kaynaklanan çeşitli zorluklar oluşabilmektedir. Bunlar makroekonomik zorluklar ekonomik zorluklar, sosyal zorluklar, teknik zorluklar, siyasal ve yasal zorluklar olarak sıralanabilir.

Bu nedenle Endüstri 4.0'a geçişte bazı soruların sorulması gerekmektedir.

- Endüstriler 4.0'da şirketlerin karşı karşıya kalacakları genel zorluklar nelerdir?
- Bu zorluklar mevcut ve gelecekteki işlerin yanı sıra ilgili iş akışlarını nasıl etkiliyor?
- Çalışanların mevcut veya gelecekteki işlerini yerine getirmek için sahip olması gereken temel yetkinlikler nelerdir?
- Yetkinlik modeli, bir şirkete nitelikli bir iş gücünü korumaya nasıl yardımcı olabilir? [6]

II. ENDÜSTRİ 4.0'IN İSTİHDAM ÜZERİNE ETKİLERİ

Dördüncü endüstriyel devrimle ilgili en hassas sorulardan biri, işler üzerindeki etkisiyle ilgilidir. Sayısallaştırma ve otomasyonla ortadan kalkabilecek niteliksiz işgücü istihdam miktarının getireceği faydalarla yeni faaliyet alanları oluşturularak bu açığı telafi edilip edilmeyeceği sorusu önem kazanmaktadır.

Geçmişten günümüze, işler sürekli olarak emek rasyonalizasyonu sürecinde otomatik sistemler ile değiştirildi. 1980'lerde, dizgiciler ve analog baskı işçileri yeni baskı teknolojileri tarafından kenara itildi. Robotların daha fazla kullanımı ile otomotiv montaj hatlarında çalışan insan sayıları azaldı. İş organizasyonundaki bu ve diğer derin değişiklikler daha önceleri nispeten farkedilmemiş veya teknoloji kaynaklı işsizlik konusu çok gündeme gelmemişken, Endüstri 4.0 üretim teknolojileri nedeniyle bu konu gündemin önemli bir parçası haline gelmiştir [5].

Değişen üretim ortamlarının gittikçe artan karmaşıklığı, üretim alanındaki çalışanları daha iyi performans göstermeye zorlayacağı düşünüldüğünde, çalışılan görevler daha az rutin hale gelirken, sürekli bilgi ve beceride bir gelişimi zorunlu kılacaktır.

Yetenek nadir olmaya devam ederken yetenekli işler için pek çok pozisyonda fırsatlar devam edecektir. Spöttl ve ark. [12], yetenek bazlı istihdam sayısının gelecekte de istikrarlı kalmasını ve hatta %30 oranında artması beklenmektedir.

Hangi yetenek ve beceri türlerinin gelecekte daha etkin olabileceğine, örnek olarak makinaların işletilmesi bakımınının yapılması gibi klasik işlerden öte derin profesyonel becerilerin zaman yönetimi, ekip liderliği veya eleştirel düşünme gibi konular verilebilir [13-14].

Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde bazı iş tanımları ortadan kalkarken bazı yeni iş tanımları ortaya çıkmaktadır. Her iki durumda da insana ihtiyaç devam ederken yeni durumda ihtiyaç duyulacak insanın, sistemin daha fazla teknoloji içeren ve daha esnek hale gelmesiyle beklenmedik başarısızlıklara karşı en son savunma hattı gibi çok yetenekli, iyi eğitim almış, pratik hale gelmesi şarttır.

21. yüzyıl yaratıcılık, sosyal zeka, yenilik yetkinliği, karmaşık problem çözme ve alan yeterlikleri (örneğin siber fiziksel sistemlerin yapılandırılması, algılayıcı ağlarının bakımı veya nesnelerin internet hakkında bilgi) gibi pek çok bilgi ve beceriyi ihtiva etmektedir [15]. Bilhassa, yaratıcılık ve sosyal zekaya olan ihtiyaç, belirsizlik içinde karar vermeyi desteklemek ve problemlere (örneğin, arızalı sensörler gibi) cevap vermek için önemli ölçüde artırılmıştır.

Mevcut beyaz yakalı işçiler Endüstri 4.0 ürünlerinin tasarımcıları olacakları bir yapıda mavi yakalı işçiler, tek işlev yerine getirmek için kullanıldıklarında alanlar arası işlevleri (21. yüzyılın yetkinliği olarak) anlamak için "gölgeli çizgili işçiler" haline gelecekler [14].

Boston Consulting Group, Endüstri 4.0'ın değişen iş gereksinimlerine hazırlanmak için şirketlerin her profil için bir dizi yetenek geliştirmesi ve kişilerin bu gereksinimlere karşı yeteneklerini değerlendirmenin yollarını tasarlaması için devlet iş ajanslarıyla birlikte çalışması gerektiğini ifade etmektedir [16]-[1].

Bugünün üretim işçilerinin başlangıçta fiziksel üretim ortamının ardındaki dijital bilgileri takip etmekte güçlük çekeceği öngörülmektedir. Sorun, dijital mekanizmaların doğada görünmez olmasıdır. İmalat veya elektronik mühendisliği mesleklerinin çalışanların yeni gereksinimleriyle baş etmelerini sağlamak için bilgisayar bilimlerinden disiplinlerarası yeterliliklerle kadar donanımlandırılmaları önemlidir. Örneğin, fabrikada siber-fiziksel sistemlerin (CPS) kullanımı, sadece klasik üretim mühendisliğinin anlaşılmasını değil, aynı zamanda internet, sensör ve bilgi teknolojilerindeki yetkinliklere sahip olmayı gerektirmektedir [2].

Dünya Ekonomik Forumuna göre, 'Dördüncü Sanayi Devrimi', küresel gelir düzeylerini yükseltme ve dünya genelindeki nüfusun yaşam kalitesini yükseltme potansiyeline sahiptir. İşçiler bu yapıdan büyük fayda sağlayacaktır. Vasıflı işçilerin yetersiz kalması durumunda daha yaşlı işçiler çalışma yaşamlarını uzatabilir. Esnek çalışma organizasyonu,

çalışanların mesleki gelişimlerini daha etkili bir şekilde sürdürmek için iş ve özel yaşamlarını birleştirmelerini sağlayarak daha iyi bir iş-yaşam dengesi oluşturmalarını sağlayacaktır.

İş performansını ve organizasyonundaki bu değişiklikler, manuel ve manuel olmayan işleri, endüstri ve hizmet sektörünü etkileyecektir.

Endüstri 4.0, vasıflı işçilerin yetersizliği ve işgücünün artan çeşitliliği (yaş, cinsiyet ve kültürel geçmişe bakıldığında) karşısında, insanların daha uzun süre çalışmaya devam etmesini ve daha verimli kalmalarını sağlayacak çeşitli ve esnek kariyer yolları sağlayacaktır.

Aynı zamanda, esnek çalışma koşulları, işleri ile yaşamları arasında daha fazla uyum sağlayacaktır [17]. İş organizasyonu ve tasarım modelleri, işgücü tarafından hoş karşılanan başarılı bir geçişi sağlamak için bir anahtar olacaktır. Bu modeller, özerkliğe duyarlı bir özerkliği, merkezi olmayan liderlik ve yönetim yaklaşımlarıyla birleştirmelidir.

ABD hükümetinin raporunda, gelecekte doğrudan AI (yapay zeka) tarafından yönlendirilen dört farklı iş kategorisi belirlenmiştir. İnsanın mevcut AI teknolojileri ile meşgul olduğu, yeni AI teknolojileri geliştirdiği, AI teknolojilerini pratikte denetlediği ve yeni AI teknolojilerinin eşlik ettiği toplumsal kaymaları kolaylaştıracak alanlardaki istihdam muhtemelen artacaktır. Robotların manuel becerisine ilişkin güncel sınırlamalar ve AI teknolojilerinin yaratıcı zekası ve yaratıcılığı üzerindeki kısıtlamalar el becerisi, yaratıcılık, sosyal etkileşimler ve istihbarat ve genel bilgi gerektiren istihdamın gelişeceği anlamına gelmektedir.

Çoğu yeni iş, bilgisayar, matematik, mimari ve mühendislik gibi daha uzmanlaşmış alanlarda olacaktır. Paylaşma ve müzakere etme gibi yumuşak beceriler çok önemlidir. İnsanların farklı roller ve projeler arasında hareket ettikleri gelecekteki iş yerleri, empati ve işbirliği gibi sosyal becerileri öğrenebilecekleri okul öncesi sınıflarına yakından benzeyecektir.

OECD çalışması, daha az eğitilmiş işçilerin, yüksek eğitimli olanlardan çok otomasyonla değiştirilme ihtimalinin daha yüksek olduğunu tahmin etmektedir. Eğitim ve ücretlerin beceri ile ilişkilendirilmesi derecesine göre, bu, düşük vasıflı işçiler için talebin büyük bir düşüşe ve yüksek vasıflı işçilerin talebinde az bir düşüşe işaret etmektedir. Bu tahminler, kısa vadede beceri yanlılığı olan teknik değişikliğin devam etmesini önermektedir. Bu durum, "düşük yetenekli / düşük ücretli" ve "yüksek beceri / yüksek ücretli" kesimlere ayrılmış bir iş piyasasına neden olacak ve bu da sosyal gerginliklerin artmasına neden olacaktır [19].

Collins'in ve ark. göre, 1980 ve 1990 yıllarına kadar mekanizasyon, esasen manuel işgücünün yerini almıştır. Bilgi teknolojisi şimdi sadece orta sınıfın küçültülmesi ile idari ve iletişimsel işgücünün yerini almaya başlamıştır. Robotizasyon, elektronizasyon ve yapay zekanın geliştirilmesi, mekanizasyonla özetlenir ve 2040 yılına kadar işgücünün %50'sine ulaşabilen işsizlik oranlarına neden olabilir [3].

Görevlerin uzmanlaşması ve ürünün standardizasyonu ile Ford, otomobillerinden birini 12.5 saatten sadece 1.33'e

düşürme süresini kısaltabildi. Sıradan koşullarda, bu durum istihdamda yüzde 90'lık bir düşüşe neden olurdu, ancak kitlesel olarak üretilen otomobillerin yapılması daha ucuzdu, sonuçta nüfusun çok daha geniş bir kesimi onları karşılayabiliyordu. Bu, üretim oranından çok daha hızlı bir şekilde artan talebi artırarak, ünite başına emek azalmasından kaynaklanan istihdam düşüşünü aşan sayıda iş yarattı.

Tarihsel verilere bakıldığında gelecekte, 2,7 milyon istihdamın üretkenlik etkisiyle ortadan kalkacağı ve 2,7 milyonun diğer bölgelere göre rekabet gücü kaybıyla tahrip olacağını tahmin edilmekte. Bir sonraki faktör, endüstri şirketlerinin sadece %50'sinin Endüstri 4.0'ın sunduğu tüm potansiyeli kullanmak üzere seçeceğini ve geri kalan %50'nin yalnızca belirli bir değerden yararlanacağını öngörmektedir.

Bununla birlikte, diğer işlerin, Endüstri 4.0 tarafından üretilen değerlerin bir sonucu olarak, hizmetlerde ve imalatta oluşturulacağı tahmin edilmektedir. Üretimde istihdam edilen 25 milyon kişiden 9 milyonu öncelikli olarak hizmetlere yönelirken geriye kalan 16 milyon kişi işlerini önemli ölçüde değiştireceği öngörülmekte. Her seviyede böylesi bir dönüşüm de çalışanların eğitimi için zemin hazırlamamızın acil bir ihtiyaç olduğunu gösteriyor [4].

Gelecekteki fabrikalar tümüyle insandan bağımsız olmak yerine hibrid bir üretim sistemi olarak (yani insan ve otomobil parçalarının yan yana çalıştığı birleşik bir sistem) organize edilecektir. Bu sistem gelecekteki fabrikalarda gerekli insan işlerinin türünü de değiştirecektir. Prognos tarafından yapılan bir çalışma, son derece vasıflı iş talebinin arttığını, ancak öngörülen 20 yıl içinde daha az mesai talebinin olduğunu iddia ediyor.

Vogler-Ludwig ve Düll ayrıca imalat alanında önemli bir iş düşüşü öngörüyorlar. Almanya'da 2035 yılına kadar kaybedilen iş sayısını 1 milyona çıkarıyorlar. Buna karşın, yöneticilik pozisyonlarının sayısının 170.000 artacağını düşünüyorlar.

Kaybedilen imalat işlerine daha yakından baktığımızda, üretim alanındaki belirli görev alanları ve yeterlilik seviyeleri için farklı tahminler buluyoruz. Makine ve tesis üreticileri, montajcılar, metal işçileri ve depo çalışanları için iş sayısı azalırken, mühendisler ve yöneticiler için iş sayısı artmaktadır.

Uzmanların tahminlerini 5 başlık altında toplantısında, gelecekte işlerde;

- 1) İnsanlar geleceğin fabrikalarında yine önemli bir yere sahip olacak.
- 2) Yeni görevler daha karmaşık hale dönüşecek.
- 3) Yeni görevler etkin sonuçlar için yoğun bir şekilde hesaplama cihazlarına bağlanacak.
- 4) Kolay ve tekrarlayan görevler otomatik hale getirilecek.
- 5) Benzersiz insan yetenekleri, insan görev tasarımı için daha önemli bir rol oynayacaktır [7].

Sadece genel olarak yüksek verimlilik kazanımları ve ekonomik büyüme oranları değil, aynı zamanda istikrarlı bir şekilde istihdam etkileri de öngören Spath ve ark.'nın çalışmasının sonuçları üzerine; sanayi işletmelerinin büyük çoğunluğu öngörülen birkaç yıl içinde insan emeğinin sanayi üretiminde önemli kalacağını ve azaltılmayacağını varsayıyor. Boston Consulting Group'un yaptığı bir çalışmada da benzer

bulgu görülmekte: "Endüstri 4.0'ın Alman imalatına olan etkisini analiz ettiğimizde teşvik ettiği büyümenin önümüzdeki 10 yıl boyunca istihdamda %6'lık bir artış sağlayacağını düşünülmekte".

"Sanayi 4.0" tartışması bağlamında bazı yazarlar da toplam istihdam hacminin küçülebileceğini varsaymakla birlikte, belirtilen iş kayıplarının hacmini reddediyorlar[8].

Yakın tarihte çoğunlukla insan emeğinin makinelerle değiştirilmesi olasılığı nedeniyle yerlerinden olabilecek iş sayısını ele almaya çalışan başka çalışmalar da yapılmıştır [20]-[21].

Bu ve benzeri çalışmalar, önümüzdeki 15-20 yıl içinde gelişmiş ekonomilerdeki işlerin yaklaşık %30-40'ının risk altında olacağını tahmin ediyor. Valenduc ve Vendramin'a göre bu çalışmalar, bir yandan ortaya çıkan teknolojik yenilikler (özellikle de öğrenme makineleri ve mobil robotikler) ile öngörülen yeni nesil yaratıcılar arasında doğrudan bir neden-sonuç ilişkisi olduğu varsayımlarına dayanmaktadır [22].

ABD'de, 70'li yıllardan beri teknolojik evrimin, vasıfsız işçilerin yerini alan vasıflı işçilerin büyümesine katkıda bulunduğuna işaret eden, sonuç olarak da ücret eşitsizliğini artırdığına işaret eden çok sayıda çalışma yapılmıştır.

En çok atf yapılan çalışmalardan biri, Frey ve Osborne tarafından ABD işgücü piyasasındaki 700'ün üzerindeki mesleğe yönelik bilgisayarlaştırma olasılığını hesaplayan bir çalışmasıdır. Sonuçlarına göre ABD'de toplam istihdamın yaklaşık %47'si risk altındadır [20].

Aynı metodoloji, Avrupa'daki araştırmalar için uygulanmıştır [23]. Teknolojik değişime bağlı olarak yerinden olmuş olabilecek işçilerin payının %40 ila %60 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Bu çalışmaya göre en çok etkilenecek ülkeler Romanya, Portekiz, Bulgaristan ve Yunanistan olacak.

Bu konuyla ilgili bir araştırma, Dünya Ekonomik Forumu (2016) tarafından da üretilmiştir; araştırmada dünya çapında 370 şirket üzerinde yapılan bir anket kullanılıyor. Katılımcıların havuzu, hedeflenen her sanayi sektöründe 100 büyük global işverenden oluşuyor ve genel olarak görüşülen şirketler yaklaşık 13.5 milyon çalışmanı oluşturuyor.

Kantitatif istihdam artışı açısından katılımcılar, mimarlık, mühendislik ve bilgisayar ve matematik gibi iş aileleri arasında güçlü bir istihdam artışı, üretim ve üretim rollerinde ılımlı bir düşüş ve ofis ve idari rollerde belirgin bir düşüş olmasını beklenmekte. Ticari ve mali işlemler, satışlar ve bunlarla ilgili ve inşaat ve ekstraksiyon gibi diğer büyük iş aileleri, 2015-2020 dönemi boyunca büyük ölçüde küresel bir istihdam görünümüne sahipler ". Özellikle, yazılım geliştirme ve büyük veri toplama ve analizinde yer alan çalışan sayısını artırmaya ihtiyaç duyulmakta. Dahası, şirketler, gelecekte hizmetlerin değer yaratmada artan bir role sahip olacağına inandıklarından, hizmet sunumunda çalışan daha fazla kişiyi işe almayı umuyorlar. Şirketler, beceri gereksinimi açısından, aradıkları işçileri bulma konusunda giderek zorlanan zorluklarla yüz yüze geldiğine dikkat çekiyor. Bir yandan, bilişim mühendislerinin sayısının artan talebi karşılamak için yeterli olmadığını belirtiyorlar. Buna ek olarak, teknisyenlerin yeterli eğitime sahip olmadığına düşünüldüğünden şirketlerin en azından 2 veya 3 yıllık ilave bir çalışmaya ihtiyaçları olacağı

öngörülmekte. Dahası tüm şirketler, teknik personelin yumuşak beceriler kadar sistemik bir bakışa ihtiyacı olduğu çok disiplinli bir ihtiyaç olduğunu da belirtmekte [9].

III. ENDÜSTRİ 4.0'A GEÇİŞTE İŞ TANIMLARI VE İŞGÜCÜ YAPILANMASI

Endüstri 4.0 bağlamında ihtiyaç duyulan görevler daha disiplinlerarasıdır ve örneğin mekatronikteki unsurları tasarım, veri analizi ve işletme yönetimi ile birleştirir. Sorun şu ki, mevcut iş profillerini gözden geçirmek, mevcut işgücünün gelişim ve değerlendirme prosedürlerini oluşturmak ve hangi yeni becerilerin geliştirilmesi gerektiğini önceden tahmin etmek üzerine yoğunlaşılması gereken önemli bir konudur. Hayat boyu öğrenme yapısında daha etkin hale getirilmesi ile işyeri dengesi üzerinde olumlu etkiler yaratacağı aşıkardır.

Mühendisler için klasik öğrenme ortamları, örneğin seminerler ve e-öğrenme araçları gibi kuramsal bilginin edinilmesine odaklanmak oldukça formaldır. Gerçek anlamda fabrika ortamına geçiş, klasik öğrenme yapılarında pratik deneyim eksikliği ve yeni tanıdık bilginin araştırılması nedeniyle yeterli değildir.

Ayrıca, e-öğrenme, yalnızca tıklama ve işaretleme etkileşimleri ile sınırlı olan sınırlı kullanıcı etkileşimi olanakları sunar. Gerçek ve dijital dünya arasındaki karmaşık etkileşimin öğretilmesi, yani öğrenme ortamının da her iki dünyayı da içermesini gerekmektedir.

Gelecekteki üretim ortamlarında veya akıllı fabrikalarda ve diğer ortamlarda bahsedilen öğrenme zorluklarının ışığı altında, insan-makine etkileşimindeki güncel eğilimleri ve psikolojik ve pedagojik bilimlerden gelen anlayışları birleştirerek kapsamlı ve gerçekçi bir öğrenme ortamı geliştirmesi gerekmektedir.

F.Quinta ve ark. çalışmasında yeni paradigmalardan yaşanmasını mümkün kılan, karma gerçekliğe dayalı bir öğrenme ortamının bir sistem mimarisi sunulmaktadır. Sanal bilginin esnek ve geniş sunumunu, gerçek fiziksel nesnelerin deneyimini yaşatacak gerçek dünya nesnelere ile birleştirir. Böyle bir öğrenme ortamını mevcut eğitimsel ve organizasyonel süreçlerle bütünleştirmek için fikirleri de içermekte [2].

Çalışanlara çok yönlü, kullanıcı dostu kullanıcı arayüzleri olan akıllı destek sistemleri yardımıyla çalışmalarında destek verilmesi, kapsamlı eğitim ve CPD önlemlerine ek olarak, doğru iş organizasyonu ve tasarım modelleri, işgücü tarafından hoş karşılanan başarılı bir geçişi sağlamak için anahtar olacaktır. Bu modeller, özerkliğe duyarlı bir özerkliği, merkezi olmayan liderlik ve yönetim yaklaşımlarıyla birleştirmelidir. Çalışanlar karar verme konusunda daha fazla özgürlüğe sahip olmalı, daha aktif olarak angaje olmalı ve iş yükü düzenlenmelidir [3].

Mevcut ve gelecekteki pazar ihtiyaçlarını karşılamak için bir işgücünün geliştirilmesi, gerekli yetkinliklerin belirlenmesi gereklidir. Yetkinlikler, bir bireyin işle ilgili görevler ve zorluklarla etkili bir şekilde baş etmek için ihtiyaç duyduğu beceri, yetenek, bilgi, tutum ve motivasyon kümesi olarak

tanımlanır. Çoğu yazar, yeterlilikleri sınıflandırmak için dört ana kategoriye tanımlar. Birincisi, teknik yetkinlikleri, mesleğe ilişkin bilgi ve becerileri içerirken, ikincisi metodolojik yeterlilikler, genel problem çözme ve karar verme becerileri içerir. Üçüncüsü, sosyal yeterlilikler, tüm becerileri ve yetenekleri, aynı zamanda başkalarıyla işbirliği yapma ve iletişim kurma tutumunu da kapsar. Dördüncü olarak, kişisel yetkinlikler arasında kişinin sosyal değerleri, motivasyonları ve tutumları yer alır.

F.Hecklau'a göre de tanımlanan yetkinlik boşluklarını doldurmak için yeterlilik stratejilerinin geliştirilmesi gerekiyor. Bu nedenle odak önce en büyük yetkinlik boşluklarına konmalıdır; zira bunlar, bir çalışan için Endüstri 4.0'daki zorluklarla baş etmede en zayıf noktalarını belirlemektir. Normalde nitelik stratejileri, belirli yetkinlikleri oluşturmak için eğitimler ve eğitim gibi farklı yöntem ve teknikler içerir. Bu nedenle, bir şirket, bu modelin kullanılmasından önce, bir çalışan bir yeterlilik için gerekli ölçek seviyesine ulaşmadığında tetiklenecek eylemleri tanımlamalıdır. Bu akıl yürütmeyi takiben, yeterlilik modeli bir çalışan için hemen uygun eğitim sunabilir [6].

IV. SONUÇ

Bu çalışmada Endüstri 4.0'ın istihdam üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Bu konu özellikle sayısal teknolojilerin çok sayıda iş tanımı değiştireceği hata ortadan kaldırılabileceği fikrinden kaynaklanan kaygılar nedeniyle yapılmıştır. Bu kaygı 19. yüzyıldan beri, özellikle de makinelerin, insan işçiliğini, en azından bazı mesleklerde veya bazı görevler için, aldığı dönemlerden beri süregelmektedir.

Bazı araştırmacılar tarafından bu kaygı desteklenirken bazı araştırmacılar bu kaygının uzun vadede yersiz olacağı yeni oluşacak istihdam alanlarıyla birlikte bir dengenin kurulacağını düşünmektedir.

Her iki durumda da Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde özellikle şirketlerin mevcut durum analizlerini öncelikli bir şekilde yaparak gelecekteki iş tanımlarını oluşturmak için altyapı oluşturma adına teknik altyapı dışında çalışan yetkinliğini artırma konusunda bir plan oluşturmaları önerilmektedir. Bu şekilde planlı ve daha esnek bir geçişin şirketler ve çalışanlar arasında oluşabilecek sıkıntıların önüne geçebileceği de öngörülmektedir.

REFERANSLAR

- [1] E.Ras, F. Wild, C. Stahl, A. Baudet , *Bridging the skills gap of workers in industry 4.0 by human performance augmentation tools - Challenges and roadmap*, PETRA '17 Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, Pages 428-432, 2017
- [2] F. Quinta, K. Sebastiana, D. Goreckya, *A Mixed-reality Learning Environment*, 2015 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, Procedia Computer Science 75 (2015) 43 – 48
- [3] L. Caruso, *Digital innovation and the fourth industrial revolution: epochal social changes*, AI & SOCIETY, Journal of Knowledge, Culture and Communication, pp 1–14, 2017.
- [4] R. Berger, *The Industrie 4.0 transition quantified*, Think Act, Beyond Mainstream, April 2016.

- [5] S. Pfeiffer, *The Vision of Industrie 4.0 in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded*, Nanoethics, April 2017, Volume 11, Issue 1, pp 107–121.
- [6] F. Hecklau*, M. Galeitzke, S. Flachs, H. Kohl, *Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0*, 6th CLF - 6th CIRP Conference on Learning Factories, Procedia CIRP 54 (2016) 1 – 6.
- [7] T. Becker, H. Stern, *Future Trends in Human Work area Design for Cyber-Physical Production Systems*, 49th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CIRP-CMS 2016), Procedia CIRP 57, 404 – 409, 2016.
- [8] H. Hirsch-Kreinsen, *Digitization of industrial work development paths and prospects*, Journal for Labour Market Research, July 2016, Volume 49, Issue 1, pp 1–14.
- [9] D. Freddi, *Digitalisation and employment in manufacturing*, AI & SOCIETY Journal of Knowledge, Culture and Communication, pp 1–11, 2017.
- [10] World Economic Forum, *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*, January 2016.
- [11] S. Kökhan, U. Özcan, *New Industrial Revolution Industry 4.0*, International Conference On Research In Education&Science, 2017, 81.
- [12] G. Spöttl, C. Gorldt, L. Windelband, T. Grantz, T. Richter, *Industrie 4.0 -Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie*, 2016.
- [13] UKCESS, *The UK Commission's Employer Skills Survey 2015*. UKCESS, 2016.
- [14] WEF, *The Global Competitiveness Report: 2016-2017*. WEF, 2016
- [15] M. Lorenz, M. Rüßmann, R. Strack, K. Lasse Lueth, M. Bolle, *Man and machine in Industry 4.0*, BCG perspectives, 2015
- [16] P. Letmathe, M. Schinner, *Competence Management in the Age of Cyber-Physical Systems*, Springer, 2015.
- [17] Italian Government, *National Plan Industry 4.0*. Available at: http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/Industria_40%20conferenza_21_9. Accessed 19 June 2017
- [18] R. Collins, I. Wallerstein, R. Collins, M. Mann, G. Derluquian, C. Calhoun, *Does capitalism have a future?*. Oxford University Press, Oxford, pp 37–70. 2013.
- [19] M. Arntz, T. Gregory, U. Zierahn, *The risk of automation for jobs in OECD countries: a comparative analysis*, OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 189, 2017.
- [20] CB. Frey, MA. Osborne, *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, Oxford Martin School Working paper. Oxford, Oxford University, 2013
- [21] World Economic Forum, *The future of jobs—employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution*, 2016, http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf,
- [22] G. Valenduc, P. Vendramin, *Work in the digital economy: sorting the old from the new*, ETUI Working Paper 2016:03
- [23] J. Bowles, *The computerisation of European jobs*, Bruegel Center, 2014.

Design and implementation of wireless sensor / actuator network for industrial cyber physical system applications

Hakkı Soy*, Sabri Koçer⁺

**Electrical and Electronics Engineering Department
Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey
hakkisoy@konya.edu.tr*

*⁺ Computer Engineering Department
Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey
skocer@konya.edu.tr*

Abstract— Cyber-physical systems (CPSs) represent the integration of physical world and embedded devices with communication networks. Recently, industrial control has been one of the most important application of CPSs that gained more and more interest from researchers in academia and industry. This paper presents the testbed implementation of a wireless sensor/actuator network for industrial control application and propose a communication framework that can be used to organize the operational interactions between the sensors and actuators. The overall architecture of the proposed WSA based CPS is composed of sensor/actuator nodes and a computing node. A specific case study is given for temperature monitoring and control in industrial plant. Temperature is measured in real time by the sensor nodes. The measurements are sampled and sent to the computing node where the control decisions are generated. The actuator nodes provide an excitation on the physical system. The network setup and configuration steps are also investigated to point out the further possible research.

Keywords— sensor, actuator, industrial control, WSA, CPS

I. INTRODUCTION

The recent advances in low power wireless communication systems and low cost microelectronic circuits have led the emergence of cyber-physical systems (CPSs). CPSs, which are known as fourth generation of industrial revolution, integrate computational resources and communication capabilities to intelligently interact with the physical world. CPSs have a key role in the development next generation engineering systems that make human life more comfortable. Application fields include consumer electronics, industrial control, health care, military systems, disaster recovery, robotics, energy grids, transportation, smart buildings and manufacturing [1, 2]. CPS applications need a communication network and heterogeneous devices with different hardware components, such as sensors, actuators and controllers [3].

In a CPS, the networked embedded devices monitor and control the physical process through closed feedback loops. Embedded devices usually have sensing, computation, decision making, networking and possibly actuation functions. Each embedded device consists of networked microcontroller and sensor / actuator pairs integrating with the physical world in

real time [4]. Due to the wiring and maintenance costs, it is difficult to implement the CPS model through wired network in most applications. Traditional wired networks usually do not provide adequate mobility, flexibility and scalability requirements of CPS applications. However, current standards for home/office wireless networks (i.e. Wi-Fi, Bluetooth) are not suited for industrial automation applications, because they are not able to provide the needed guarantees both in latency and reliability in data transmission. In industrial applications, the latency and reliability are the major performance measures to provide safe and error-free operation [5].

In general, industrial CPSs comprise sensors, one or more controller and actuators [6]. The integration of cyber and physical worlds can be enabled through ZigBee based wireless sensor/actuator network (WSAN) [7]. Theoretically, a WSA is a closed-loop control system to monitor and control the physical process around it. The control loops comprise the sensor nodes (SNs) and actuator nodes (ANs) that connected with controller. The SNs collect data from process and the ANs perform appropriate actions based on collected data, respectively [8]. The SNs internally powered with on board battery since they are required to be close to the monitored area. However, the ANs can often be wire powered or deployed with an external energy source [9]. Recently, the success in the non-critical control scenarios has expanded the employment of WSAs in industrial control systems [10-12].

Industrial WSA (IWSA) applications demand high reliability and low latency to avoid undesired or dangerous states. This means that the data must be transmitted accurately and without unacceptable delay between the controller and field devices, namely sensors and actuators. But, wireless data links are inherently unreliable due to the multipath fading, interference, moving obstacles and weather conditions in industrial plants [13]. In this study, we show the design and implementation of the testbed nodes where we can test and verify the communication protocols for reliable data transmission with low latency in IWSA applications. The WSA platform is developed by using Arduino and Galileo boards, Digi XBee Pro S1 (Series 1) 802.15.4 RF modules and Arduino compatible shields.

II. SYSTEM MODEL

In our work, we consider a IWSAN with star network topology that consist of N number of SNs s_i ($i = 1, 2, \dots, N$) and M number of ANs a_j ($j = 1, 2, \dots, M$). We assume that the sensors and actuators are uniformly deployed at the plant to continuously monitor and control the process. Fig. 1 illustrates the WSAN based industrial control system model in which single computing node (CN) operates as common sink node and makes decisions about the control of process. Several SNs sense the parameters of the physical process and report them to the CN directly. The CN evaluates all collected data by comparing the set point which is predefined by operator. If required, the CN sends control signals to the ANs. In there, control signals are converted the commands and drive the actuator devices (motors, valves, pumps, etc.) to perform appropriate actions on the plant.

Network architecture and topology have a big impact on the operation of CPSs [14]. The communication paths between field devices are an important part of the control system to meet the QoS requirements of industrial applications. The performance of applied control strategy can be improved when the sensors can communicate with actuators directly in automated architecture. But, it requires complex algorithms and protocols to perform communication and coordination [9]. In our study, we focus on semi-automated architecture that provides data transmission from sensors to actuators through controller. We use a simple star topology in which all field devices are connected to centralized controller with a point-to-point connection.

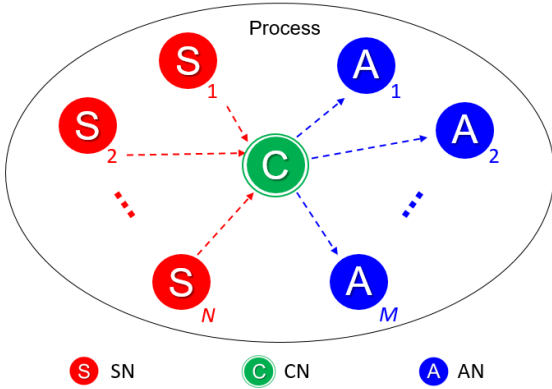


Fig. 11 Considered WSAN based CPS model for industrial control

III. HARDWARE DESIGN

The developed WSAN based CPS is built upon low cost, off-the-shelf hardware components. The system is capable of collecting temperature data from different locations on the field simultaneously. Besides the actuators are also controlled to keep the temperature constant at any desired point. The pipes in industrial plants often transport hot water and temperature can be adjusted by opening/closing valves. But, the temperature control details are out of the scope of this paper, as we focus on the network and protocol design issues.

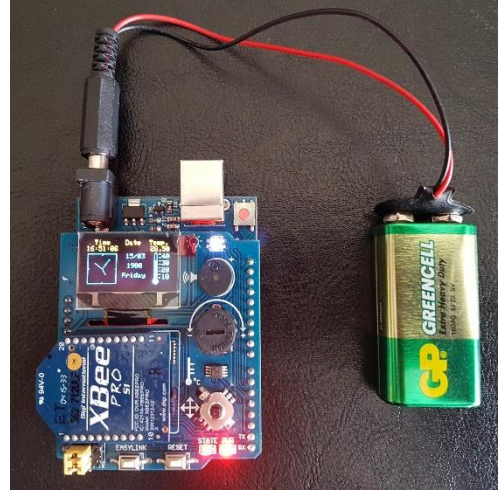


Fig. 2 The SN testbed hardware design

A. Sensor Node (SN) Design

The SN hardware design consists of an Arduino Uno R3 board with Atmel ATmega 328p microcontroller, Digi XBee Pro S1 802.15.4 RF module and Waveshare accessory shield. Arduino Uno is a low-cost development platform with open source code and wide application possibility. Arduino Uno compatible Waveshare shield is equipped with LM75B (Texas Instruments) temperature sensor with an integrated Sigma-Delta ADC and I2C interface, DS3231 (Dallas Semiconductor) real time clock, OLED LCD and XBee interface. It also includes a buzzer and RGB LED for local alarm alert. The SN testbed runs in which a LM75B sensor measures the temperature and then a microcontroller read and send the data to the CN. The XBee module is configured by X-CTU software to work in transmit mode on 2.4 GHz band. It has 60 mW (+18 dBm) transmit power and range of 100 meters indoor / 1600 meters outdoor. Fig. 2 shows the hardware design of the SN testbed which is powered by 9V battery.

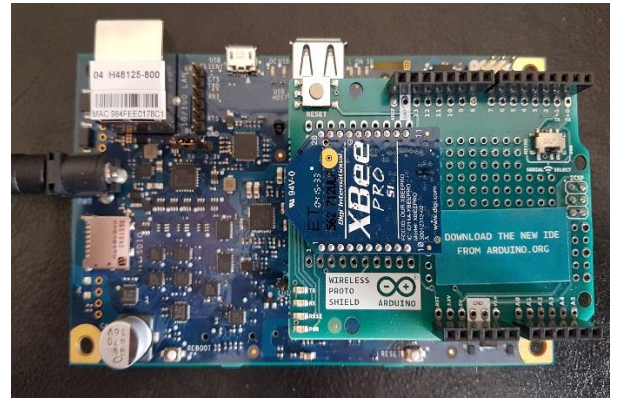


Fig. 3 The CN testbed hardware design

B. Computing Node (CN) Design

The CN is built on the Intel® Galileo Gen 2 development board which is based on the Intel® Quark System-on-a-Chip (SoC) X1000 processor and 32-bit Intel Pentium®-class SoC. It is compatible with the Arduino integrated development

environment (IDE). In addition to Arduino hardware and software compatibility, the Galileo Gen 2 board has several PC industry standard I/O ports and features to expand capabilities beyond the Arduino shields. XBee Pro S1 802.15.4 RF module is mounted on the board via Wireless Proto shield. We assume that the CN stay awake to maintain connectivity of the network and it is powered by AC adapter. It is also assumed that the CN is placed to the appropriate location that maximize the coverage of field devices. Fig. 3 shows the hardware design of the CN testbed.

C. Actuator Node (AN) Design

The AN hardware design consists of an Arduino Mega R3 board with Atmel ATmega2560 microcontroller, XBee Pro S1 802.15.4 RF module and Elecbreaks 2-channel relay shield with XBee interface. In industrial plants, the ANs are usually deployed near the external energy sources under available field conditions. Because of that, it can be assumed that the ANs have unrestricted energy. Fig. 4 shows the hardware design of the AN testbed.

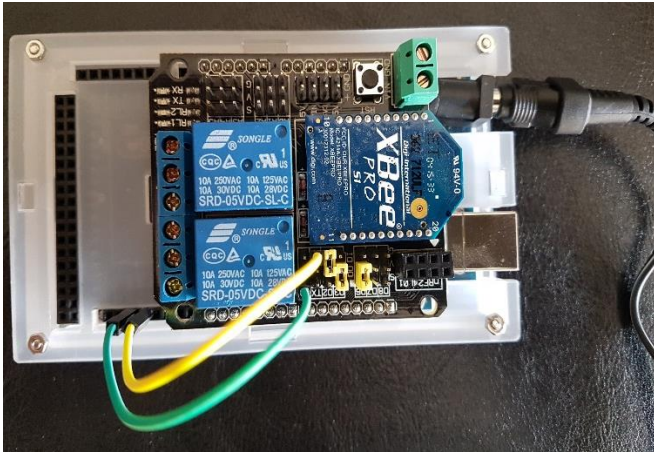


Fig. 4 The AN testbed hardware design

IV. COMMUNICATION PROTOCOL

In this section, we describe the communication protocol developed on top of IEEE 802.15.4 standard which defines the physical layer (PHY) and medium access control (MAC) layers for low-rate wireless personal area networks. The network (NWK) and application (APL) layers of the protocol stack are defined by the ZigBee specifications. The MAC layer focus on the mechanisms to be used for accessing the shared channel by avoiding packet collisions. MAC protocols often use Time Division Multiple Access (TDMA) or Carries Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) techniques to allocate the channel among nodes. CSMA/CA-based protocols are unsuitable for critical delay-sensitive applications especially in congested scenarios with many nodes. Beyond that, TDMA-based protocols are more efficient in terms of energy efficiency and bandwidth utilization [15].

IEEE 802.15.4 compatible XBee Pro S1 RF module works with either the ZigBee or Digimesh protocols. Digimesh

protocol is developed for short range application with low data rate. On the other hand, ZigBee protocol with IEEE 802.15.4 standard superframe format cannot meet the high reliability and low latency challenges of WSN applications. In this study, we have modified the superframe structure of IEEE 802.15.4 standard. We have also proposed a novel TDMA-based MAC protocol that handles the sensor readings and provides control signals in separate phases, namely data gathering and actuation. Our main aim is to maximize the network lifetime without consume too much energy in data gathering and to meet the fast-response time requirement for actuation. Fig. 5 shows the superframe structure of proposed MAC protocol.

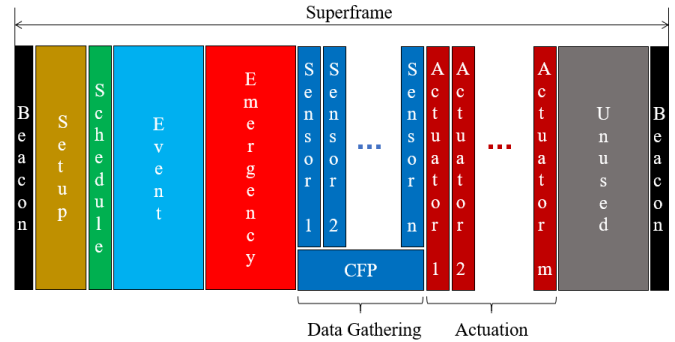


Fig. 5 Superframe structure of proposed MAC protocol

In proposed TDMA based framework, time axis is divided into frames and each frame is further divided into slots. Only one node can transmit or receive in a certain slot. TDMA technique requires hard time synchronization restriction among clock of SNs for collision-free operation. At the beginning of each frame, the CN broadcasts a synchronization packet. The SNs read the current clock time and adjust their own clocks. The SNs only wake up in specified time-slots and send data to the CN. In network setup, the SNs which have detected an event report it to the CN by turns. After that, the CN broadcasts a schedule message which contains the time slot allocation to the SNs with event alarm. The SNs send their measurements according to the schedule of active time-slots. The CN evaluates event data and send the emergency messages to the responsible ANs. So, the event detection and emergency response actions are completed.

Data gathering phase is divided into n number of equal time-slots which have sufficient duration. The SNs remain in sleep mode during unallocated time slots to avoid extra consumption of energy. They only wake up and send data packets at the assigned time slots. Similarly, actuation phase is divided into m number of equal time-slots. The CN evaluates the received data and sends control signals to the ANs in actuation phase. The ANs only receive control commands and do not send any feedback messages to the CN. Unused slots are added at the end of the actuation phase to adjust the duty cycle. So, energy consumption of SNs can be minimized by lowering the duty cycle. The number of unused slots are optimized to provide real-time control in superframe structure.

V. CONCLUSIONS

In this paper, we have investigated the employment of WSN for CPS applications and its impact on the overall performance in industrial scenarios. A specific case study is given for temperature measurement and control. In our experimental study, we have implemented the proposed MAC protocol with 3 SNs, 3 ANs and a CN. The obtained results show that the presented system is effective enough to provide the effect at the desired time. There is no doubt, the CPSs will play an important role in future engineering systems. WSN based CPS applications will help to reduce the deployment cost and to improve the reliability and safety.

REFERENCES

- [1] D. B. Rawat, J. J. P. C. Rodrigues, and I. Stojmenovic, *Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice*, USA: CRC Press, Inc., 2015.
- [2] R. Rajkumar, I. Lee, L. Sha and J. Stankovic, "Cyber-physical systems: The next computing revolution," *Design Automation Conference*, Anaheim, CA, 2010, pp. 731-736.
- [3] M. R. Lokesh, Y.S. Kumaraswamy, K.N. Tejaswini, "Challenges and Current Solutions of Cyber Physical Systems," *IOSR Journal of Computer Engineering*, vol. 18, no. 2, ver. I (Mar-Apr. 2016), pp. 104-110, 2016.
- [4] M. Z. Alam Bhuiyan, J. Wu, G. Wang and J. Cao, "Sensing and Decision Making in Cyber-Physical Systems: The Case of Structural Event Monitoring," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 12, no. 6, pp. 2103-2114, Dec. 2016.
- [5] S. Jeschke, C. Brecher, H. Song, and D. B. Rawat, *Industrial Internet of Things: Cybermanufacturing Systems* (1st ed.), Springer Publishing Company, 2016.
- [6] M.P. Groover, *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*, (3rd ed.), Prentice Hall Press, Upper Saddle River, 2007.
- [7] C. Lu et al., "Real-Time Wireless Sensor-Actuator Networks for Industrial Cyber-Physical Systems," in *Proceedings of the IEEE*, vol. 104, no. 5, pp. 1013-1024, May 2016.
- [8] F. Xia, Y.-C. Tian, Y. Li, Y. Sung, "Wireless Sensor/Actuator Network Design for Mobile Control Applications," *Sensors*, vol. 7, no. 10, pp. 2157-2173, 2007.
- [9] I.F. Akyildiz, I.H. Kasimoglu, "Wireless sensor and actor networks: research challenges," *Ad Hoc Networks Journal* (Elsevier), vol. 2, no. 4, pp. 351-367, 2004.
- [10] V.C. Gungor and G.P. Hancke, *Industrial Wireless Sensor Networks: Applications, Protocols and Standards* (1st ed.), Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Inc., 2013.
- [11] M. Sha, D. Gunatilaka, C. Wu, C. Lu, "Implementation and Experimentation of Industrial Wireless Sensor-Actuator Network Protocols," *European Conference on Wireless Sensor Networks*, pp. 234-241, 2015.
- [12] J. Araujo, A. Anta, M. Mazo Jr., J. Faria, A. Hernandez, P. Tabuada and K. H. Johansson, Self-Triggered Control for Industrial Wireless Sensor and Actuator Networks (White Paper), *Information Processing in Sensor Networks Workshop*, CFP: Real-Time Wireless for Industrial Applications, Chicago, USA, 2011.
- [13] R. Budampati, S. Kolavennu, *Industrial Wireless Sensor Networks: Monitoring, Control and Automation*, Elsevier, 2015.
- [14] C. Tricaud, Y.-Q. Chen, *Optimal Mobile Sensing and Actuation Policies in Cyber-Physical Systems*, Springer, 2011.
- [15] F. Xia, A. Rahim, *MAC Protocols for Cyber-Physical Systems*, Springer, 2015.

Öğrenci başarısının bileşik makine öğrenme teknikleri kullanılarak tahmini

Zülfiye Erdoğan*, Özge Hüsniye Namlı⁺, Canan Hazal Akarsu[#]

**İskenderun Teknik Üniversitesi
Gürsel Mahallesi, 31200 İskenderun Hatay/Türkiye
zulfiye.erdogan@iste.edu.tr*

*⁺Türk-Alman Üniversitesi
Merkez Mahallesi, Şahinkaya Cad. No:86, 34820 Beykoz/İstanbul, Türkiye
namli@tau.edu.tr*

*[#] İstanbul Esenyurt Üniversitesi
Doğan Araslı Bulv. No:79 Esenyurt İstanbul / Türkiye
hazalakarsu@esenyurt.edu.tr*

Özet— Ülkelerin endüstri 4.0, yapay zekâ, 3d yazıcılar gibi birçok teknolojik gelişmeler ile yakından ilgilendikleri bu bilgi çağında bu konuların yürütülmesini, geliştirilmesini ve ileriye taşınmasını sağlayacak asıl araçlar ülkelerin genç nesilleridir. Üniversite öğrencileri bir ülkenin geleceğine yön verecek olan en önemli kaynaklardır. Dolayısıyla öğrencilerinin başarılarının ölçülmesi ve başarısızlıklarının hangi noktadan kaynaklandığının bulunması ve bu başarısızlıkların önüne geçilmesinin sağlanabilmesi de oldukça önemlidir. Çalışmada Gazi üniversitesinden alınan üniversite öğrencilerine dair veriler kullanılarak öğrencilerin bir dersi kaçınıcı alışlarında geçebilecekleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Tahmin modeli oluşturmada bireysel makine öğrenme tekniklerinden; lojistik model ağacı ve rastgele orman, bileşik makine öğrenme tekniklerinden torbalama, oylama ve uyarlanabilir hızlandırma kullanılmıştır. Yöntemlerin tahmin başarısı sentez indeks kullanılarak kıyaslanmıştır. En iyi sonucu, alt sınıflandırıcı olarak rastgele orman kullanan 5 kat çapraz geçerlilik yöntemi ile torbalama metodu vermiştir.

Anahtar kelimeler— Makine Öğrenme, Tahmin Modeli, Torbalama, Oylama, Uyarlanabilir Hızlandırma.

I. GİRİŞ

Dördüncü sanayi devrimi ile birlikte içinde bulunduğumuz dijital dönemde ülkemizin diğer ülkeler ile rekabet edebilecek teknolojiyi üretmesini, yürütmesini ve devamlılığını sağlayacak araçları genç nesilleridir. Üniversite öğrencileri doğru eğitim stratejileri ile ülke geleceğine olumlu yön verecek ülkenin en önemli kaynaklarıdır. Dolayısıyla öğrenci başarısının ölçülmesi, başarısızlıkların kaynaklarının tespit edilmesi ve önüne geçilmesi açısından oldukça önemlidir. Öğrenci başarısı öncelikle öğrencinin akademik hedeflerine ulaşması, mesleki yeterlilik kazanması ile ifade edilmekle birlikte öğrenci başarısı yalnızca öğrencinin değil öğretmenlerin, eğitim kurumlarının ve hatta ülkelerin teknolojiyi üretme ve kullanmadaki başarılarını belirleyen bir ölçüt olarak kabul edilmektedir. Üniversite, eğitim, öğretim metotları, müfredat, öğrencilerin yeterlilikleri gibi pek çok değişken öğrenci başarısını etkilemektedir. Bu nedenle öğrenci başarısını bir sonuç olarak değil süreç olarak ele almak ve süreçteki tüm

değişkenlerin öğrenci başarısı üzerindeki etkilerini incelemek gerekir. Bu amaçla bu çalışmada Gazi üniversitesinden alınan 5820 üniversite öğrencisi tarafından cevaplanan anket verileri kullanılarak öğrencilerin bir dersi kaçınıcı alışlarında geçebilecekleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ankette öğrencilerden 28 adet ders ile ilgili sorunun cevabı ve 5 adet ek özellik istenmiştir. Anket verileri içerisindeki gizli örüntülerin saptanması için veri madenciliği kullanılmıştır. Veri madenciliği öğrenme paradigmaları, makine öğrenme paradigmalarından türetilmiştir [1]. Makine öğrenme teknikleri işlevlerine göre kümeleme, ilişki analizi ve sınıflandırma olarak ele alınabilir. Bu çalışmada makine öğrenme teknikleri olarak sınıflandırma teknikleri kullanılmıştır. Sınıflandırma, sınıf etiketi bilinmeyen nesnelere sınıfını tahmin etmek için veri sınıflarını tanımlayan ve ayıran bir model oluşturma işlemidir. Üretilen model, sınıf etiketi bilinen nesnelere oluşan eğitim verisinin analizine dayanır [2, 3]. Bileşik makine öğrenme teknikleri tek bir model kullanmak yerine daha güvenilir tahminlere ulaşan bileşik bir global model elde etmek için her biri aynı problemi çözen birden fazla öğrencinin eğitildiği bir makine öğrenme tekniğidir [3]. Bir bileşik sınıflandırma algoritması verilerin her bölümünde öğrendiği zayıf sınıflandırıcıları bir global sınıflandırıcıya birleştirir [4]. Bu çalışmada öğrencilerin bir dersi kaçınıcı alışlarında geçebileceklerini tahmin etmek için kullanılan tahmin modelini oluşturmak için bireysel makine tekniklerinden lojistik model ağacı ve rastgele orman; bileşik makine öğrenme tekniklerinden torbalama, oylama ve filtrelendirilmiş sınıflandırıcı kullanılmıştır.

Çalışmanın giriş bölümünde ele alınan konuyla, kullanılan veri ve yöntemlerle ilgili genel bilgi verilmiş ve çalışmanın ne şekilde ilerleyeceği açıklanmıştır. İkinci bölümde çalışmada kullanılan yöntemlerle ilgili literatür incelemesine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan teknikler açıklanmış ve dördüncü bölümde, veri seti tanımlanarak problemin tanımı yapılmıştır. Uygulama kısmının yer aldığı beşinci bölümde elde edilen performans ölçütlerinin nasıl değerlendirilmeye alındığıyla ilgili bilgi verilmiştir. Performans değerlendirilmesine ilişkin kullanılacak sayısal

veriler tabloları ile sunulmuştur. Altıncı bölümde ise çalışmada en iyi sonucu hangi yöntemin verdiği, çalışmanın neler sağladığı ve ne şekilde geliştirilebileceği konuları ele alınmıştır.

II. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Her yerde bulunan elektronik cihazlar; seçimlerimizi, kararlarımızı ve alışkanlıklarımızı kaydetmekte ve bunun bir sonucu olarak dünyada veri miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Bu veriler içerisindeki gizli örüntülerin aydınlatılmasında veri madenciliği tek umudumuz olmuştur [3]. MÖ teknikleri verilerin işlenmesi ile kullanışlı bilginin elde edilmesinde oldukça kullanışlıdır. MÖ teknikleri, işlevlerine göre; kümeleme, ilişki analizi ve sınıflandırma olmak üzere üç kısımda ele alınabilir [2, 3]. MÖ tekniklerine ait her bir işlev araştırmacıya farklı yarar sağlar. Örneğin sınıflandırma işlevi; tahmin modeli oluşturmada, ilişki analizi işlevi; veriler arasındaki ilişkilerin bulunması ve bu ilişkilerden kurallar çıkarılabilmesi, kümeleme işlevi ise verilerin gruplandırılmasını sağlar. Bir pazarlamacı kümelemeyle müşteri segmentasyonu sağlar ve böylece her segment için farklı bir pazarlama stratejisi türetebilir.

Literatür incelendiğinde araştırmacılar, farklı alanlarda MÖ tekniklerinin farklı işlevlerinden yararlanmışlardır. Literatürde yer alan çalışmalardan bazılarında bu bölümde yer verilmiştir.

Bir saldırı tespit sistemi inşa etmek için çeşitli filtreleme analizleri ile multinominal Naive Bayes uygulan [5]'te önerilen model 10 kat çapraz geçerlilik yöntemi kullanılarak eğitim ve test veri setine bölünmüştür. Verinin iki sınıf için sınıflandırıldığı çalışmada; deneysel sonuçlar, önerilen yaklaşımın oldukça doğru sonuçlar verdiğini ve diğer mevcut yaklaşımlara kıyasla daha az zaman harcadığını göstermektedir. [6]'da ise kredi notu tahmini için en küçük kareler destek vektör makineleri (LSSVM) temelli bileşik modeller ele alınmıştır. Modeller iki gerçek dünya veri seti için test edilmiştir. Sonuçlar, bileşik modellerin tahmin performansını arttırdığını ve kredi puanlama modelleri oluşturmada etkili olabileceğini göstermiştir. [7]'de, uyarlanabilir sinirsel bulanık çıkarım sistemleri (ANFIS) ve genetik programlamanın yetenekleri yeraltı suyu derinlik tahmini için incelenmiştir. Çalışmada yeraltı suyu dalga derinliğinin modellenmesinde GeneXpro programı kullanılmıştır. Çalışmanın amacı genetik programlama ve ANFIS ile yeraltı suyu dalga derinliklerinin 2-3 gün öncesinden tahminlenebilmesidir. Buharlaşma-terleme sıcaklığı tahmini için [8]'de, İran'daki iklim verileri ele alınmış ve çoklu doğrusal olmayan regresyon, çoklu doğrusal regresyon, ANFIS ve destek vektör makinelerinin (SVM) performansları incellenmiştir. [9], tek değişkenli karar ağaçları oluşturmak için kullanılan J48 algoritmasına odaklanmıştır. Araştırma aynı zamanda her iç düğümde birden fazla özellik kullanarak çok düğümlü karar ağacı ile sınıflandırma işlemi fikrini de tartışmaktadır. Çalışmanın amacı, veri madenciliği teknik ve araçları ile daha fazla veri açıklamak ve yeni araştırma alanları ile derinlemesine entegre olmayı sağlamaktır. Yüksek performanslı beton için basınç dayanım tahminini yapan

[10]'da, bileşik modellerin etkinliğine değinilmiştir. Yapay sinir ağları (ANN), sınıflandırma ve regresyon ağaçları (CART), ki-kare otomatik etkileşim dedektörü, lineer regresyon ve SVM'nin bireysel ve bileşik modellerinin performansı ele alınmıştır. [11], SVM ile fmGA'nın (hızlı dağınık genetik algoritma) entegre edildiği bir melez yapay zeka modeli önermektedir. FmGA temelli SVM başlangıç aşamasında kamu-özel ortaklığı projelerine ilişkin anlaşmazlık eğilimlerinin tahmininde kullanılmaktadır. FmGA, SVM parametrelerini optimize ederken; SVM de eğri uydurma ve öğrenmeyi sağlamaktadır. Çalışmada ki-kare otomatik etkileşim dedektörü (CHAID), CART, QUEST ve C5.0 tabanlı teknik ikili sayısal sonuçların varsayılan modellerinin kıyaslanması için kullanılmıştır. [12]'de, çoklu lojistik regresyon, ANN ve ANFIS modelleri ile aylık sıcaklık değerleri modellenmiştir. [13]'de, K-means kümeleme algoritması ile müşteriler gruplandırılmıştır. Böylece kullanıcılarla ilgili benzerlikler bulunmuştur. Her segment için yaklaşık fiyat oranlarını tanımlamada istatistiksel ve makine öğrenme teknikleri kullanılmıştır. Tahmin modelinde, dinamik fiyatlandırma metodoloji vasıtasıyla uygun fiyat oranları ve uygun müşteri gruplarını tahmin etmek için lojistik regresyon kullanılmıştır. İkili tahminleyici müşterilerin son satın alma davranışlarını tanımlamaya yardım eder. Çalışma dinamik fiyatlandırma temelli bir uygun fiyat oranı seçmek ve online müşterilerin satın alma davranışlarını tahmin etmek için istatistiksel metotlar, veri madenciliği ve makine öğrenme tekniklerini kullanmıştır. İstatistiksel öğrenme teorisini kullanan müşteri satın alma davranışlarının bir çıkarımını sunan [14], Japon süpermarketinde müşterilerin alışveriş davranışları üzerine araştırmalar yapmıştır. Müşterilerin alışverişte harcadıkları zamanın nasıl bireysel farklılıklar gösterdiği açıklanmaktadır. [15], 4 popüler birleşik öğrenme tekniği (Voting, Boot Strap Aggregation, Stacked Generalization, MetaCost) ile 4 temel sınıflandırma modellerinin (Naive Bayes, lojistik regresyon, karar ağaçları ve SVM) sınıflandırma sonuçlarını kıyaslamaktadır. Araştırma, tıklama başına ödeme kampanyası yönetiminde iyileştirmeyi amaçlamıştır. [16]'nın amacı günlük su seviyesi tahmini ve tahminin doğruluğunun incelenmesi için iki melez model uygulamak ve geliştirmektir. Bu iki melez model dalgacık tabanlı yapay sinir ağı (WANN) ve dalgacık tabanlı ANFIS'dir. Dalgacık ayrıştırma yaklaşımı detaylı bileşenler ve tahminler içerisinde girdi veri kümelerini ayrıştırmak için kullanılmıştır. [17]'de, rüzgar enerjisi tahmini için heterojen bileşik makine öğrenmenin kullanımı önerilmiştir. Karar ağaçları ve destek vektör regresyonu bir arada oldukça iyi performans göstermiştir. [18], şev stabilitesini değerlendirmek için meta sezgisel ve makine öğrenme temelli bir melez yapay zeka önermiştir. Çalışmanın ilk avantajı; Ateş böceği (FA) ve en küçük kareler destek vektör sınıflandırması (LS-SVC) yöntemlerinin tahmin modeli kurmak için birleştirilmesidir. İkinci avantajı; işletim karakteristik eğrisi hesaplaması ile bir içsel çapraz geçerliliğin eğitim sürecinde makine öğrenme modelini oluşturmak için bütünleştirilmesidir. Üçüncü olarak FA; etkili ve kolay uygulanabilir bir meta sezgiseldir. LS-SVM'nin hiper-parametrelerinin uygun bir biçimde seçimi

ile model kurulum sürecini optimize etmede kullanılmıştır. Çok nitelikli envanter analizini etkin bir şekilde yürütmeyi amaçlayan [19] çok kriterli karar verme teknikleri ile makine öğrenme algoritmalarını entegre eden melez bir metodoloji sunmaktadır. Önerilen metodolojide envanter bileşenlerinin uygun sınıfını belirlemek için ABC analizi üç farklı MCDM metodu (SAW AHP ve VIKOR) ile çalıştırılmıştır. Daha sonra naive bayes, bayes ağı, yapay sinir ağı ve destek vektör makinesi algoritmaları belirlenen başlangıç stok öğelerinin sınıflarının tahmini için uygulanmıştır. Son olarak her metod için algoritmaların tahmin performans ölçütleri belirlenmiştir. [20]'de, CART, CHAID ve ANN olmak üzere 3 makine öğrenme metodu kurak iklim koşullarına sahip Ankara ve Polatlı'daki günlük buharlaşmanın tahmini için uygulanmıştır. [21]'de, Yedi makine öğrenme tekniği mevcut veri seti ile birlikte önerilen fikri test etmek için seçilmiştir. Seçilen teknikler karar ağacı, ANN, SVM, kurallar, k en yakın komşu, Naive Bayes, rastgele orman'dır. Seçilen tekniklere ek olarak her birinin birleşik versiyonları kullanılmış ve 14 tekniğin hepsinin sonuçları raporlanmıştır. Birleşik öğrenme yöntemleri arasında AdaBoost seçilmiştir. Kanserojenik ve mutojenik bilgilerin sınıflandırılması ve neden olan kimyasalların yapısal özelliklerinin incelenmesi ve anlaşılmasını amaçlayan [22] rastgele orman metodunu kullanmışlardır.

III. METODOLOJİ

Çalışmada, öğrenci başarılarının tahmininde bireysel makine öğrenme tekniklerinden random forest ve lojistik model ağacı, bileşik makine öğrenme tekniklerinden; bagging, voting ve adaboost yöntemleri kullanılmıştır. Her bir metod için veri setinin eğitim ve test veri seti olarak ayrılmasında 10 kat ve 5 kat çapraz geçerlilik yöntemleri kullanılmıştır.

A. Bireysel Makine Öğrenme Teknikleri

1) *Lojistik Model Ağacı (Logistic model tree)*: Lojistik model ağacı yöntemi, karar ağacı öğrenme yöntemleri ile lojistik regresyonu birleştiren bir sınıflandırma modelidir [23]. Yapraklarında lojistik regresyon fonksiyonuna sahip olan standart bir karar ağacından oluşur. Ağaç bir sınıflandırma ve regresyon ağacı (CART) algoritması kullanılarak budanır [24]. Her iterasyonda basit bir regresyon kullanarak ve maksimum olasılık çözümüne yakınsamadan önce durarak lojistik regresyonu gerçekleştirirken verideki ilgili öznelikleri ve değişkenleri seçmek içinde kullanılabilir [25].

2) *Rastgele Orman (Random Forest)*: 2001 yılında Breiman [26] tarafından geliştirilmiş olan Rastgele Orman algoritması tatmin alanında etkili şekilde kullanılmaktadır [26]. Rastgele Orman, her düğümdeki rastgele alt kümedeki değişken sayısı ve ormandaki ağaç sayısı olmak üzere iki parametre içerir ve genellikle diğerlerine karşı çok hassas değildir [27]. Birçok bireysel öğrenciden oluşan toplu öğrenme algoritması karar ağacı kurulumu için rastgele setler oluşturmada torbalama (bagging) fikrini kullanmaktadır. Standart ağaçlarda veri setinde en iyi niteliklerden seçilen düğümler dallara ayrılırken Random Forest'te her bir düğümde rastgele alınan nitelikler arasından en iyisi seçilerek tüm düğümler dallara ayrılmaktadır [28].

B. Bileşik Makine Öğrenme Teknikleri

1) *Oylama (Voting)*: Birden fazla sınıflandırıcıyı birleştiren basit ve etkili bir yöntemdir [29]. Yöntem kullandığı sınıflandırıcıların çıktılarını kaydeder ve en son sınıflandırma kararını, en fazla oy alan sınıf oluşturur [30]. Çoğunluk oylama, ağırlıklı çoğunluk oylama ve sınıf olasılık dağılımlarını kullanarak oylamada bulunmaktadır [31]. Olasılıksal yaklaşımda, her sınıflandırıcı, ilgili tüm sınıflara bir olasılık dağılım vektörü çıkarır. Her sınıf için, bireysel olasılık değerlerinin tüm sınıflandırıcılar tarafından ortalaması alınır ya da toplanır ve en sonunda maksimum değere sahip olan sınıf seçilir [32].

2) *Torbalama (Bagging)*: En eski bileşik tekniklerden biri olan Bagging ilk olarak Breiman [33] tarafından tanıtılmıştır. Yeni alt eğitim setleri, yerine koyma ile öğrenme setlerinden basit rastgele öğrenme yoluyla elde edilir. Bu alt eğitim setleri temel sınıflandırıcıları eğitmek için kullanılır. Daha sonra temel sınıflandırıcıların sonuçlarını birleştirmek için çoğunluk oylama kullanılır [33, 34]. Bagging eğitim örneklerinin değiştirilmesi ile örneklenerek eğitim setleri üretir.

3) *Uyarlanabilir Hızlandırma (AdaBoost)*: AdaBoost, yaygın olarak kullanılan topluluk makine öğrenme algoritmalarından biridir. Boosting, rasgele tahminden biraz daha iyi olması gereken sınıflandırıcıları üreten "zayıf" öğrenme algoritmasının hatasını önemli ölçüde azaltmak için kullanılır [35]. Adaboost, yeni oluşturulan topluluk sınıflandırıcılarını "daha sert" durumlara odaklanmaya zorlar. Nihai etiketler için oylama her sınıflandırıcının doğruluğu ile ağırlıklandırılır [36]. Bir sınıflayıcıyı yinelemeli bir biçimde oluşturan bu topluluk (veya meta öğrenme) yöntemi başlangıçta ikili sınıflandırma için tasarlanmıştır ve daha sonra birkaç farklı stratejiyi kullanarak çok sınıflı sınıflandırmaya genişletilmiştir [37].

C. Veri Setinin Eğitimi ve Test Edilmesi

Çalışmada çapraz geçerlilik yöntemi kullanılmıştır. Veri 5 kat ve 10 kat çapraz geçerlilik yöntemi kullanılarak eğitilmiş ve test edilmiştir. Çapraz geçerlilik yöntemi eğitim seti olarak n gözlemden n-1 gözlemin seçilmesine ve geriye kalan gözlemin de test verisi olarak kullanılması mantığına dayanmaktadır [38].

IV. VERİ SETİ VE PROBLEMİN TANIMI

Çalışmada Gazi üniversitesi öğrencilerinden 5820 tanesine yaptırılmış olan anketten elde edilen veriler kullanılmıştır [39]. Ankette yer alan sorular ve verilen cevaplar için kullanılan skalalar tablo 1'de verilmiştir.

TABLO XXII
DEĞİŞKENLER VE TANIMLARI

Değişken	Değişkenin Tanımı	Değişken Değeri
Tekrar	Öğrencinin dersi kaç kez aldığı sayısının sayısı	0, 1, 2, ...
Eğitmen	Eğitmenin kimliği	1, 2, 3
Sınıf	Tanımlayıcı ders kodu	1, 2, ..., 13
Katılım	Katılım seviyesi	0, 1, 2, 3, 4
Zorluk	Öğrencinin algıladığı zorluk derecesi	1, 2, 3, 4, 5
Q1	Ders içeriği, öğretim yöntemi ve değerlendirme sistemi dönemin başında belirtildi	1, 2, 3, 4, 5
Q2	Dersin amaçları ve hedefleri dönemin başında belirtildi	1, 2, 3, 4, 5
Q3	Dersin kredisi uygun olarak belirlenmiş	1, 2, 3, 4, 5
Q4	Ders ilan edilen müfredatlara göre işlendi	1, 2, 3, 4, 5
Q5	Sınıf içi tartışmaları, ev ödevleri, uygulamalar ve çalışmalar yeterliydi	1, 2, 3, 4, 5
Q6	Ders kitabı ve diğer ders kaynakları yeterli ve günceldi	1, 2, 3, 4, 5
Q7	Ders saha çalışmalarına, uygulamalara, laboratuvara, tartışma ve diğer çalışmalara uygundu	1, 2, 3, 4, 5
Q8	Quizlerin, ödevlerin, projelerin ve sınavların öğrenmeye katkısı oldu	1, 2, 3, 4, 5
Q9	Ders sırasında derse aktif olarak katılmaya hevesliydim	1, 2, 3, 4, 5
Q10	Ders ile ilgili ilk beklentilerim dönemin veya yılın sonunda karşılandı	1, 2, 3, 4, 5
Q11	Ders, mesleki gelişimim için gerekli ve yararlıydı	1, 2, 3, 4, 5
Q12	Ders, hayata ve dünyaya yeni bir bakış açısıyla bakmamda yardımcı oldu	1, 2, 3, 4, 5
Q13	Eğitmenin bilgisi iyi ve günceldi	1, 2, 3, 4, 5
Q14	Eğitmen sınıflara hazırlıklı geldi	1, 2, 3, 4, 5
Q15	Eğitmen ilan edilen ders planına uygun olarak ilerledi	1, 2, 3, 4, 5
Q16	Eğitmen, derse kendini adanmıştı ve anlaşılabiliriydi	1, 2, 3, 4, 5
Q17	Eğitmen derslere zamanında geldi	1, 2, 3, 4, 5
Q18	Eğitmen düzgün ve takip edilmesi kolay bir şekilde ders işledi	1, 2, 3, 4, 5
Q19	Eğitmen ders saatlerini etkili bir şekilde kullandı	1, 2, 3, 4, 5
Q20	Eğitmen dersi iyi açıkladı ve öğrencilere yardımcı olmak için istekliydi	1, 2, 3, 4, 5
Q21	Eğitmen öğrencilere olumlu bir yaklaşım gösterdi	1, 2, 3, 4, 5

Q22	Eğitmen, eleştiriye açık ve öğrencilerin ders hakkındaki görüşlerine saygılıydı	1, 2, 3, 4, 5
Q23	Eğitmen derse katılıma teşvik etti	1, 2, 3, 4, 5
Q24	Eğitmen ev ödevleri, projeler verdi ve öğrencilere yardım ve rehberlik etti	1, 2, 3, 4, 5
Q25	Eğitmen, derslerle ilgili soruları her zaman yanıtladı	1, 2, 3, 4, 5
Q26	Eğitmenin öğrenciyi değerlendirme sistemi (vize, final, quiz vs.) uygundu	1, 2, 3, 4, 5
Q27	Eğitmen, sınavlara çözüm önerileri sundu	1, 2, 3, 4, 5
Q28	Eğitmen tüm öğrencilere eşit ve objektif bir şekilde davrandı	1, 2, 3, 4, 5

Tüm bu veriler dikkate alınarak öğrencilerin bir dersi kaç seferde verebileceği yani bir dersi kaç kez tekrar edebileceği sınıflandırılmıştır.

V. UYGULAMA

Gazi üniversitesi öğrencilerine yapılan anketten elde edilen veriler kullanılarak öğrencilerin bir dersi kaç seferde verebileceklerinin sınıflandırılması için iki bireysel sınıflandırıcı; lojistik model ağacı, random forest ve üç bileşik sınıflandırıcı; adaboost, voting ve bagging kullanılmıştır. Yöntemlerin herbiri için veri setinin eğitim ve test veri seti olarak ayrılmasında ise 5 kat ve 10 kat çapraz geçerlilik yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemlerin uygulanmasında WEKA [40] yazılımı kullanılmıştır. Daha sonra sınıflandırma da kullandığımız yöntemlerin performanslarının değerlendirilmesinde; doğru sınıflandırma yüzdesi, kappa istatistiği, F ölçüm değeri, ROC alanı, MAE (Ortalama Mutlak Hata), RMSE (Ortalama Karesel Hata Karekökü), RAE (Görelî Karesel Hata), RRSE (Görelî Karesel Hata Karekökü) performans ölçütleri kullanılmıştır.

Çoklu performans ölçütleri ile en iyi tek bir sınıflandırıcıya ulaşmak oldukça güçtür. Çünkü performans ölçütlerinin her birinin en iyi değeri için farklı yöntem bulunabilir. Bu yüzden [30]'un model performanslarını değerlendirmede kullandıkları performans ölçütlerini birleştirmeyi sağlayan SI (Sentez endeks) kavramı oldukça kullanışlıdır. Çalışmalarında orana dayalı normalizasyonun kar ölçütü için olan denklem kullanılmış ve hata değerleri için 0'a en yakın olan tercih edilmiştir. Bu çalışmada ise orana dayalı normalizasyonun; MAE, RMSE, RAE ve RRSE değerleri için maliyet ölçütü ve Kappa istatistiği, doğruluk, F ölçüm değeri ve ROC alanı için kar ölçütü formülünden faydalanılmıştır. Genel SI ise içlerinden en büyük ve en küçük çıkmasını istediğimiz tüm değerleri ele aldığımızda en iyi sonucu veren metodun bulunmasında kullanılmıştır. Hata SI değeri için denklem (1) PerformansSI değeri için denklem (2) ve GenelSI değerinin bulunması için ise denklem (3) kullanılmıştır [3].

$$HataSI = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{P_{min,i} - P_i}{P_{min,i} - P_{mak,i}} \quad (1)$$

$$PerformansSI = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{P_i - P_{min,i}}{P_{mak,i} - P_{min,i}} \quad (2)$$

$$GenelSI = (1 - HataSI) + PerformansSI \quad (3)$$

TABLO XXIII

OLUMLU ETKİYE SAHİP PERFORMANS ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Sınıflandırıcı	Çapraz Geçerleme	Doğru Sınıflandırma %	Kappa İstatistiği	F-Ölçüm	ROC alanı
Random Forest	10 kat	83,1271	0,1373	0,791	0,706
	5 kat	82,9381	0,1286	0,789	0,698
LMT	10 kat	84,3814	0,0222	0,776	0,748
	5 kat	84,3127	0,0059	0,773	0,77
Bagging (Random Forest)	10 kat	86,4605	0,8238	0,864	0,981
	5 kat	86,512	0,8245	0,865	0,981
Bagging (LMT)	10 kat	82,3196	0,1749	0,794	0,702
	5 kat	81,512	0,1510	0,787	0,698
Adaboost (LMT)	10 kat	79,8454	0,1354	0,778	0,673
	5 kat	80	0,1453	0,780	0,677
Adaboost (Random Forest)	10 kat	82,6976	0,1383	0,790	0,604
	5 kat	82,6289	0,1369	0,789	0,591
Voting (LMT, Random Forest)	10 kat	86,3746	0,8229	0,864	0,910
	5 kat	86,6495	0,8265	0,866	0,912

TABLO XXIV

OLUSMUZ ETKİYE SAHİP PERFORMANS ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Sınıflandırıcı	Çapraz Geçerleme	MAE	RMSE	RAE%	RRSE%
Random Forest	10 kat	0,1672	0,3022	90,9613	99,7425
	5 kat	0,1681	0,3041	91,4662	100,3738
LMT	10 kat	0,1671	0,2889	90,9333	95,3300
	5 kat	0,2787	0,3735	151,6418	123,2646
Bagging (Random Forest)	10 kat	0,0766	0,1896	24,8297	48,2863
	5 kat	0,0768	0,1897	24,9010	48,3026
Bagging (LMT)	10 kat	0,1612	0,3082	87,7175	101,7276
	5 kat	0,1631	0,3112	88,7148	102,7090
Adaboost (LMT)	10 kat	0,1520	0,3329	82,6980	109,8703
	5 kat	0,1499	0,3323	81,5588	109,6623
	10 kat	0,1297	0,3230	70,5836	106,6101

Adaboost (Random Forest)	5 kat	0,1292	0,3252	70,2761	107,3130
Voting (LMT, Random Forest)	10 kat	0,0545	0,2335	17,6648	59,4397
	5 kat	0,0534	0,2311	17,3083	58,8370

TABLO XXV

SI DEĞERLERİ

Sınıflandırıcı 1	Çapraz Geçerleme	HataSI	Performans SI	GenelSI
Random Forest	10 kat	0,5879	0,2827	0,305
	5 kat	0,59461	0,2626	-0,332
LMT	10 kat	0,555	0,2803	-0,2746
	5 kat	1	0,2788	-0,7211
Bagging (Random Forest)	10 kat	0,0397	0,9868	0,9471
	5 kat	0,0402	0,9916	0,9513
Bagging (LMT)	10 kat	0,5901	0,27	-0,3201
	5 kat	0,6014	0,2116	-0,3897
Adaboost (LMT)	10 kat	0,6312	0,1054	-0,5257
	5 kat	0,6253	0,122	-0,5031
Adaboost (Random Forest)	10 kat	0,5596	0,1991	-0,3604
	5 kat	0,5638	0,1852	-0,3786
Voting (LMT, Random Forest)	10 kat	0,0988	0,9379	0,8391
	5 kat	0,0916	0,9557	0,8641

VI. SONUÇ

Çalışmada öğrencilerin bir dersi kaçınıcı seferde verebileceğinin sınıflandırması yapılmıştır. Bireysel sınıflandırma yöntemlerinden LMT, random forest; bileşik sınıflandırma yöntemlerinden bagging, voting ve adaboost kullanılmıştır. Sınıflandırma sonucunda metotların performans ölçümleri doğrultusunda en iyi performans sağlayan yöntem tercih edilmiştir. Tek tek ölçüm değerlerinde başarılı olan sınıflandırma yöntemlerini bulmak yerine çoklu performans ölçütlerinin birleştirildiği SI ölçümleri ile tek bir en iyi sınıflandırmayı sağlayan yöntemin seçilmesi sağlanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda PerformansSI ve GenelSI değeri en yüksek çıkan yöntem tablo 4'te görüldüğü gibi 5 kat çapraz geçerlilik yöntemi ile alt sınıflandırıcı olarak random forest'i kullanan bileşik sınıflandırma yöntemlerinden bagging yöntemi olmuştur. Ele aldığımız problem için bileşik makine öğrenme tekniği bireysel makine öğrenme tekniklerine göre daha iyi sonuç vermiştir.

Yapılan bu sınıflandırma modeli ile öğrencilerin başarı düzeylerinin bir çok değişkene bağlı olduğu ve bu değişkenlerle de bir sınıflandırma yapılabileceği ispat edilmiştir. Bu verilerden bir sınıflandırma yapmanın yanısıra öğrencilerin

hangi hocadan hangi değişkenlerin etkisiyle başarısız olduğu ve bu başarısızlıkların öğrenciden mi yoksa öğretmenden mi kaynaklandığının tespiti de sağlanabilir. Böylece öğrencileri yalnızca sınav yapıp test etmek yerine, öğrencilerin tamamen başarılı olmasını sağlayacak bir düzeyli sistemde oluşturulabilir.

Bu çalışma oldukça geliştirilmeye elverişli, müfredat ve ders işleyiş sisteminde düzenlemeler sağlayacak oldukça dinamik bir sistemin temeli sağlanmaktadır. Eldeki verilerle iyileştirme, tahminleme, sınıflandırmanın sağlanmasında makine öğrenme teknikleri oldukça elverişli yöntemlerdir.

KAYNAKÇA

- [1] P. Langley, H. A. Simon, "Applications of machine learning and rule induction," *Communications of the ACM*, vol. 38, no. 11, pp. 54-64, 1995.
- [2] H. Jiawei, M. Kamber, *Data mining: concepts and techniques*, 2nd ed., San Francisco, 2001.
- [3] Z. Erdoğan, "Yaşam kalitesi endeksi tabanlı bileşik makine öğrenme teknikleriyle yaşam alanı tahmin modeli", Msc Thesis, İstanbul Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, İstanbul, 2017
- [4] H. Kargupta, J. Han, S. Y. Philip, R. Motwani, V. Kumar, (Eds.), *Next generation of data mining*, CRC Press, USA, 2008.
- [5] M. Panda, A. Abraham, ve M. R. Patra, "Discriminative multinomial naive bayes for network intrusion detection," in *Proc. Information Assurance and Security (IAS), Sixth International Conference on*, IEEE, 2010, August, pp. 5-10.
- [6] L. Zhou, K. K. Lai, & L. Yu, "Least squares support vector machines ensemble models for credit scoring," *Expert Systems with Applications*, vol. 37(1), pp. 127-133, 2010.
- [7] J. Shiri ve Ö. Kişi, "Comparison of genetic programming with neuro-fuzzy systems for predicting short-term water table depth fluctuations," *Computers & Geosciences*, vol. 37(10), pp. 1692-1701, 2011.
- [8] H. Tabari, O. Kisi, A. Ezani, & P. H. Talaei, "SVM, ANFIS, regression and climate based models for reference evapotranspiration modeling using limited climatic data in a semi-arid highland environment," *Journal of Hydrology*, vol. 444, pp. 78-89, 2012.
- [9] N. Bhargava, G. Sharma, R. Bhargava, & M. Mathuria, "Decision tree analysis on j48 algorithm for data mining", *Proceedings of International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, vol. 3, no.6, pp. 1114-1119, 2013.
- [10] J. S. Chou, & A. D. Pham, "Enhanced artificial intelligence for ensemble approach to predicting high performance concrete compressive strength," *Construction and Building Materials*, vol. 49, pp. 554-563, 2013.
- [11] J. S. Chou, M. Y. Cheng, Y. W. Wu, & A. D. Pham, "Optimizing parameters of support vector machine using fast messy genetic algorithm for dispute classification," *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no. 8, pp. 3955-3964, 2014.
- [12] M. Cobaner, H. Citakoglu, O. Kisi, & T. Haktanir, "Estimation of mean monthly air temperatures in Turkey," *Computers and electronics in agriculture*, vol. 109, pp. 71-79, 2014.
- [13] R. Gupta, & C. Pathak, "A Machine Learning Framework for Predicting Purchase by Online Customers based on Dynamic Pricing," *Procedia Computer Science*, vol. 36, pp. 599-605, 2014.
- [14] Y. Zuo, A. S. Ali, & K. Yada, "Consumer purchasing behavior extraction using statistical learning theory," *Procedia Computer Science*, vol. 35, pp. 1464-1473, 2014.
- [15] M. A. King, A. S. Abrahams, & C. T. Ragsdale, "Ensemble learning methods for pay-per-click campaign management," *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 10, pp. 4818-4829, 2015.
- [16] Y. Seo, S. Kim, O. Kisi, & V. P. Singh, "Daily water level forecasting using wavelet decomposition and artificial intelligence techniques," *Journal of Hydrology*, vol. 520, pp. 224-243, 2015.
- [17] J. Heinemann, & O. Kramer, "Machine learning ensembles for wind power prediction," *Renewable Energy*, vol. 89, pp. 671-679, 2016.
- [18] N. D. Hoang, & A. D. Pham, "Hybrid artificial intelligence approach based on metaheuristic and machine learning for slope stability assessment: A multinational data analysis," *Expert Systems with Applications*, vol. 46, pp. 60-68, 2016.
- [19] H. Kartal, A. Oztekin, A. Gunasekaran, & F. Cebi, "An integrated decision analytic framework of machine learning with multi-criteria decision making for multi-attribute inventory classification," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 101, pp. 599-613, 2016.
- [20] O. Kisi, O. Genc, S. Dinc, M. Zouemat-Kermani, "Daily pan evaporation modeling using chi-squared automatic interaction detector, neural networks, classification and regression tree", *Computer and Electronics in Agriculture*, vol. 122, pp. 112-117, 2016.
- [21] M. Maghrebi, T. Waller, & C. Sammut, "Matching experts' decisions in concrete delivery dispatching centers by ensemble learning algorithms: Tactical level," *Automation in Construction*, vol. 68, pp. 146-55, 2016.
- [22] N. H. N. Moorthy, S. Kumar, & V. Poongavanam, "Classification of Carcinogenic and Mutagenic Properties Using Machine Learning Method," *Computational Toxicology*, vol. 3, pp. 33-43, 2017.
- [23] J. R. Quinlan, "C4.5: Programs for machine learning", Morgan Kaufmann Publishers, *San Mateo CA*, 1993.
- [24] L. Breiman, J. H. Friedman, R. A. Olshen, C. J. Stone, "Classification and regression trees Belmont, CA: Wadsworth International Group, 1984.
- [25] W. Shoombuatog, S. Hongjaisee, F. Barin, J. Chaijaruwanch, T. Samleerat, "HIV-1 CRF01_AE corecepttr usage prediction using kernel methods based logistic model trees," *Computers in Biology and Medicine*, vol. 42, no. 9, pp. 885-889, 2012.
- [26] L. Breiman, "Random forests," *Machine Learning*, vol. 45, no. 1, pp. 5-32, 2001.
- [27] A. Liaw, & M. Wiener, "Classification and regression by randomForest," *R news*, vol. 2, no. 3, pp. 18-22, 2002.
- [28] S. Kalmegh, "Analysis of WEKA Data Mining Algorithm REPTree, Simple Cart and RandomTree for Classification of Indian News," *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 438-446, 2015.
- [29] A. Onan, S. Korukoğlu, H. Bulut, "A multiobjective weighted voting ensemble classifier based on differential evolution algorithm for text sentiment classification", *Expert Systems with Applications*, vol. 62, pp. 1-16, 2016.
- [30] J. S. Chou, C. F. Tsai, A. D. Pham, Y. H. Lu, "Machine learning in concrete strength simulations: Multi-nation data analytics", *Construction and Building Materials*, vol. 73, pp. 771-780, 2014.
- [31] T. G. Dietterich, "Machine-learning research", *AI Magazine*, vol. 18, no. 4, pp.97, 1997.
- [32] G. Sigletos, G. Palioruras, C. D. Spyropoulos, M. Hatzopoulos, "Combining information extraction systems using voting and stacked generalization", *Journal of Machine Learning Research*, pp. 1751-1758, Nov. 2005.
- [33] L. Breiman, "Bagging predictors", *Machine Learning*, vol. 24, no. 2, pp. 123-140, 1996.
- [34] J. Ling, N. Song, G. Yang, M. Li, Q. Cai, "Improving positioning accuracy of vehicular navigation system during GPS outages utilizing ensemble learning algorithm", *Information Fusion*, vol. 35, pp.1-10, 2017.
- [35] Y. Freund, & R. E. Schapire, "Experiments with a new boosting algorithm," *Icml*, vol. 96, pp. 148-156, 1996.
- [36] J. C. W. Chan, & D. Paelinckx, "Evaluation of Random Forest and Adaboost tree-based ensemble classification and spectral band selection for ecotope mapping using airborne hyperspectral imagery," *Remote Sensing of Environment*, vol. 112, no. 6, pp. 2999-3011, 2008.
- [37] J. Bergstra, N. Casagrande, D. Erhan, D. Eck, & B. Kégl, "Aggregate features and AdaBoost for music classification," *Machine Learning*, vol. 65, no. 2-3, pp. 473-484, 2006.
- [38] G. Fernandez, *Statistical data mining using SAS applications*, 2nd ed., USA, *CRS Press*, 2010.
- [39] G. Gunduz, E. Fokoues, UCI Machine learning repository, [https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Turkiye+Student+Evaluation], Irvine, CA:University of California, School of Information and Computer Science, 2013.
- [40] L. H. Witten, E. Frank & A. Hall, *Data mining: Practical machine learning tools and techniques*, 3rd ed., *Morgan Kaufmann*, Burlington, 2011.

Nanopartiküller ile modifiye edilen verniklerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi

Ayhan Ozcifci*, Tuğçe Ünal⁺, Erkan Sami Kokten[#], Günay Özbay[#]

*Endüstri Mühendisliği, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 68100, Türkiye
ayhanozcifci@aksaray.edu.tr

⁺Orman Endüstri Mühendisliği, Karabük Üniversitesi, Karabük, 78050, Türkiye
tugceunal@karabuk.edu.tr

[#]Endüstri Mühendisliği, Karabük Üniversitesi, Karabük, 78050, Türkiye
erkansamikokten@karabuk.edu.tr, gozbay@karabuk.edu.tr

Özet— Çalışma kapsamında su bazlı vernik ile cam cila vernikleri nanopartiküller ile modifiye edilerek, Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odun örneklerine uygulanmıştır. Verniklerin yüzeye yapışma direnci ASTM D 4541, renk değeri ASTM D 2244, parlaklık değeri ASTM D 523, katı madde miktarı TS 1752 ve yüzey pürüzlülüğü TS 2495 EN ISO 3274 ve TS 6212 EN ISO 4288 standartlarına göre belirlenmiştir. Çalışmanın uygulama kısmında 2 vernik (su bazlı, cam cila), 2 kimyasal (SiO₂, TiO₂) ve 2 farklı oran (%1 ve %3) olmak üzere 8 farklı kombinasyonda örnekler hazırlanmıştır. Deney sonuçlarına göre; katman kalınlığı en yüksek Doğu kayını odununda %3 TiO₂ ile modifiye edilen cam cila vernikli örneklerde bulunmuştur. Verniklerin yapışma direnci değerinde ise en yüksek Doğu kayını odununda %3 SiO₂ bulunan cam cila vernikli örneklerde, renk değişiminde L değeri sarıçam odununda %3 titanyum dioksit ile modifiye edilen su bazlı vernikli örneklerde, a değeri kontrol örneğine göre %1 silisyum dioksit ile modifiye edilen cam cila vernikli örneklerde, b değeri kontrol örneğine göre %1 silisyum dioksit ile modifiye edilen cam cila vernikli örneklerde bulunmuştur. Yüzey parlaklığında ise en yüksek Doğu kayını odununda %1 titanyum dioksit bulunan cam cila vernikli örneklerde tespit edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünde cam cila vernikli örnekler en yüksek değerleri vermiştir.

Anahtar Kelimeler— Silisyum Dioksit, Titanyum Dioksit, Nano Teknoloji, Ağaç Malzeme, Vernik

I. GİRİŞ

Biyolojik bir malzeme olan ahşap, biyotik (böcek, termit, küf ve çürüklük mantarları vb.) ve abiyotik etkenler (dış hava koşulları, yangın vb.) tarafından tahribata uğrayabilmektedir. Odun ve odun esaslı malzemelerin, çelik ve beton gibi diğer yaygın olarak kullanılan malzemeler gibi güvenilir bir hizmet sunabilmesi için bu etkenlere karşı korunması gerekmektedir [1]. Günümüzde odun yüzeyinin nanoteknolojik kimyasallarla ve modifiye edilmiş ürünlerle kaplanması ve bu şekilde koruma sağlanması önem kazanmaktadır. Nanoteknoloji araştırmaları malzemenin yapısını molekül düzeyinde değiştirme olanağı sağlamaktadır. Nanoparçacıkların ilavesi ile ürünlerde ışığa ve alev direnç, güçlü mekanik ve ısı performans ve gazlara karşı yüksek bariyer özellikler sağlanabilmektedir [2].

Ahşap yüzeylerde kullanılan vernikler, gün geçtikçe kalite talepleri ve çevre koruma bilincine paralel olarak değişim ve gelişim göstermektedirler. Bu gelişimin son halkası ise,

araştırmada ele alınan nanoteknoloji ürünü verniklerdir. Nanoteknolojik ürünlerin iyi yönlerinden bazıları; sınırlı ya da sıfır solvent kirliliği, daha iyi ürün kalitesi, daha az bakım maliyetleri, mükemmel proses kontrol ve daha düşük laboratuvar maliyetlerine sahip olması olarak sıralanabilir [3]. Çalışma kapsamında su bazlı vernik ile cam cila vernikleri nanopartiküller ile modifiye edilerek, Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odun örneklerine uygulanmıştır. Verniklerin; yüzeye yapışma direnci, film kalınlığı, renk, parlaklık, katı madde ve yüzey pürüzlülüğü değerleri belirlenmiştir.

II. MALZEME VE YÖNTEM

Yapılan çalışmada, ağaç malzeme olarak; Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odun örnekleri kullanılmıştır. Deney örnekleri, I. sınıf ağaç malzemedir, düzgün lifli, budaksız, çatlaksız, tül teşekkülü ve büyüme kusurları içermeyen, renk ve yoğunluk farkı olmayan, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış ve diri odun kısımlarından hazırlanmıştır.

Kaba halde kesilen örneklerin hava kurusu hale gelmesi için deney örnekleri 20 ± 2 °C sıcaklıkta %65 ± 5 bağıl nemde olan iklimlendirme dolabında ağırlığı değişmez hale gelene kadar bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelen numuneler daire testere makinesinde 100×100×10 mm boyutlarına getirilmiştir. Çalışmanın uygulama kısmında 2 farklı ağaç türü (sarıçam ve doğu kayını), 2 farklı vernik (su bazlı, cam cila), 2 farklı kimyasal (SiO₂, TiO₂) ve 2 farklı kimyasal oranları (%1 ve %3) için 5'er adet örnek kullanılmıştır. Kontrol ve deney örnekleri olmak üzere çalışmada toplam 100 adet deney örneği hazırlanmıştır. Her bir deney örneğinin ön ve arka yüzü olmak üzere; ilk olarak elle 120 numara kum zımpara, daha sonra titreşimli zımpara makinesi ile 180 numara kum zımpara kullanılarak zımparalama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Deney örneklerinin verniklenmesi ASTM D 3023 esaslarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir [4]. Uygulanan %1 oran için 18.25 gr (vernik) + 6.5 gr (çözücü) + 0.25 gr (kimyasal) ve %3 oran için 18 gr (vernik) + 6.25 gr (çözücü) + 0.75 gr (kimyasal) olmak üzere 25 şer gr'dan oluşan 8 farklı karışım hazırlanmıştır. Verniklerde uygulanan birinci kat dolgu katmanı olarak kabul edilmiştir ve fırça yardımıyla uygulama

yapılmıştır. Uygulamada verniğin kuruması için katlar arasında 48 saat beklenilmiş olup her seferinde 220 numara kum zımpara ile zımparalanmıştır. Daha sonra ikinci kat vernik uygulanması yapılmış ve uygulama sonrası gerekli kuruma olduktan sonra tekrar zımparalanıp son kat vernik uygulaması püskürtmeli tabanca yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Verniklenen örnekler, 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 3$ bağıl nemdeki laboratuvar şartlarında tam kurumayı sağlamak amacıyla üç hafta süre ile kurumaya bırakılmıştır. Kullanılan verniklerin yoğunluk ve viskozite değerleri Tablo 1’ de verilmiştir.

TABLO XXVI
VERNİKLERİN BAZI TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Vernik	Yoğunluk (gr/cm ³)	Viskozite (MPa.S)
SB+SiO ₂ +%1	1.001	12.1
SB+SiO ₂ +%3	1.025	15.1
SB+TiO ₂ +%1	1.005	19.6
SB+TiO ₂ +%3	1.035	20.4
SB (Kontrol)	0.952	14.9
TB+SiO ₂ +%1	0.853	35.1
TB+SiO ₂ +%3	0.889	36.7
TB+TiO ₂ +%1	0.896	45.3
TB+TiO ₂ +%3	0.93	47.2
TB (Kontrol)	0.851	41.5

TB: Tek bileşenli parke verniği (cam cila), SB: Su bazlı vernik, TiO₂: Titanyum dioksit, SiO₂: Silisyum dioksit

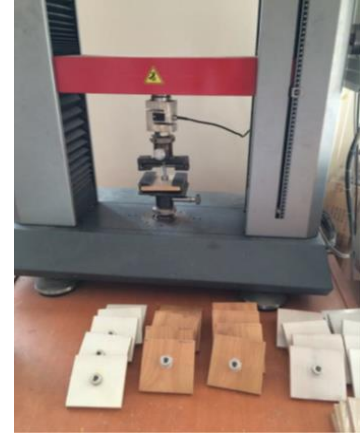
Katı madde miktarının belirlenmesi amacıyla vernik karışımlarının darası önceden alınarak 5 ± 0.2 gr olacak şekilde kaplara konulmuştur. Daha sonra etüv de 60 °C’ de ağırlıkça sabit hale gelene kadar bekletilmiştir. Bu süre sonunda çözücüler tamamen buharlaştırılmıştır ve yeniden tartımlar yapılarak katı madde miktarı 1 numaralı eşitlikten yararlanılarak belirlenmiştir.

$$K_m = [(V_u - \text{Ç}b) / V_u] \times 100 \quad (1)$$

K_m: Katı Madde (%), V_u: Uygulanan Vernik (gr), Çb: Buharlaştırılan Çözücü (gr),

Örneklerin film kalınlıkları 0.01 mm duyarlılıkta ölçüm yapabilen komparatör saati kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerden önce cihaza ait kalibrasyon kontrol levhasında deneme ölçümleri yapılarak cihaz kalibre edilmiştir. Numune üzerindeki vernik katmanı, gösterge iğnesinin girebileceği büyüklükte, numunenin farklı bölgelerinden ağaç yüzeyine kadar kaldırılmıştır ve ibrenin gösterdiği rakamlar okunmuştur. Ölçümler örnek yüzeylerinin farklı bölgelerinden alınmış olup, elde edilen bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak film (kuru katman) kalınlığı hesaplanmıştır.

Verniklerin yüzeye yapışma direnci ölçümleri Zwick marka universal çekme cihazıyla ASTM D 4541 esaslarına uyularak gerçekleştirilmiştir (Şekil 1) [5].



Şekil 1 Çekme testi

Buna göre, deney örnekleri yüzeylerine $\phi 20$ mm’lik çekme silindirleri, oda sıcaklığında çift bileşenli yapıştırıcı yardımıyla yapıştırılmış ve tam kuruma elde etmek için 48 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra deney silindiri çevresi kesici bir aparat yardımı ile ağaç malzeme yüzeyine kadar kesilerek, yalnızca silindirin yapışma yüzeyindeki katman kopartılmaya çalışılmıştır ve kopma anındaki kuvvet kaydedilmiştir.

Örneklerin renk ölçümleri, BRAIVE marka renk ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Deney örnekleri ölçüm yapılmadan önce üzerindeki kir ve tozdan temizlenmiş ve ölçüme hazırlanmıştır. Renklerdeki farklılıklar L* (siyah-beyaz) renk koordinatına göre tespit edilmiştir.

Verniklenmiş deney numunelerinin ışığı yansıtma yeteneğinden yararlanılarak, parlaklık ölçme cihazı (Gloss-metre) ile parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde $60^\circ \pm 2^\circ$ ’de ölçüm yapan parlaklık cihazı kullanılmıştır. Ölçümlerden önce ölçülecek deney örneğinin temizliğine özen gösterilmiştir ve işlem aralıklarında cihazın kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir.

Yüzey pürüzlülük ölçümleri, ardışık farklılıkları ölçebilen TIME TR-200 dokunmalı (iğneli) yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı yapılmıştır. Ölçümler, liflere paralel yönde gerçekleştirilmiş olup, cihaz 2.5 mm ölçme adımı ve aralığı 20 mm olan iki çizgi arasına yerleştirilmiştir. Ölçülecek örnek ve cihazın yer düzlemine paralellik durumu kontrol edildikten sonra ölçüm başlatılmıştır. Cihaz, yüzey pürüzlülüğünü tarama iğnesinin 5 μ m çaplı ucunu, örnek yüzeyinde aşağı-yukarı hareket ettirerek yüzeyde bulunan girinti ve çıkıntıların profilini çıkartarak ölçmektedir (Şekil 2). Profil girinti ve çıkıntıların arasında bulunan ortalama değer (Ra), en yüksek 5 tepe ve en derin 5 çukurun ortalama değeri (Rz), en yüksek ve en alçak noktalar arasındaki fark (Rt) ve bir numune uzunluğu (Rsm) değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 2 Yüzey pürüzlülüğü ölçümü

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan verniklerin katı madde miktarları Tablo 2’de verilmiştir.

TABLO 2
VERNİKLERİN KATI MADDE MİKTARI

Vernik	Katı madde miktarı (%)
SB+SiO ₂ +%1	29.8
SB+SiO ₂ +%3	30.9
SB+TiO ₂ +%1	30.1
SB+TiO ₂ +%3	30.8
SB (Kontrol)	38.9
TB+SiO ₂ +%1	51.7
TB+SiO ₂ +%3	53.3
TB+TiO ₂ +%1	52.8
TB+TiO ₂ +%3	53.2
TB (Kontrol)	58.5

Verniklerin katı madde miktarı değerleri en yüksek tek bileşenli parke verniğinde (%58.5), en düşük %1 SiO₂ bulunan su bazlı vernikte (%29.8) tespit edilmiştir.

Deney örnekleri yüzeyine uygulanan vernik karışımlarının film (kuru katman) kalınlığı değerlerine ait aritmetik ortalamalar Tablo 3’de verilmiştir.

TABLO 3
VERNİKLERİN FİLM KALINLIĞI DEĞERLERİNE AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR (µM)

Vernik	Sarıçam		Doğu Kayını	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
SB+SiO ₂ +%1	100	2.45	150	1,91
SB+SiO ₂ +%3	120	1.26	120	2.81
SB+TiO ₂ +%1	200	3.08	220	3.20
SB+TiO ₂ +%3	240	3.57	260	2.65
SB (Kontrol)	150	0.00	170	0.00
TB+SiO ₂ +%1	110	1.53	170	2.49
TB+SiO ₂ +%3	140	2.46	180	3.57
TB+TiO ₂ +%1	210	3.61	235	3.32

TB+TiO ₂ +%3	250	3.02	285	2.89
TB (Kontrol)	180	0.00	200	0.00

Tablo 3’e göre kuru katman kalınlığı sarıçam odununda en yüksek %3 TiO₂ uygulanan tek bileşenli parke verniklerinde (250 µm), en düşük %1 SiO₂ uygulanan su bazlı vernikli örneklerde (100 µm) tespit edilmiştir. Doğu kayınında ise en yüksek %3 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (285 µm), en düşük %3 SiO₂ su bazlı vernikli örneklerde (120 µm) elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, Doğu kayınında verniklerin film kalınlığı değerlerinin, sarıçam örneklerine göre genel olarak daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bunun; sarıçam odunu yoğunluğunun Doğu kayınına göre düşük olmasının sonucu olan daha yüksek miktarda vernik emiliminden kaynaklandığı söylenebilir.

TABLO 4
VERNİKLERİN YÜZEYE YAPIŞMA DİRENCİ DEĞERLERİNE AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR (MPa)

Ağaç Türü	Kimyasal	Vernik	Ortalama	Standart Sapma	
Sarıçam	SiO ₂ +%1	SB	3.14	0.763	
		TB	2.16	0.997	
	SiO ₂ +%3	SB	2.85	0.708	
		TB	3.37	0.719	
	TiO ₂ +%1	SB	3.06	0.679	
		TB	2.07	0.586	
	TiO ₂ +%3	SB	3.01	0.879	
		TB	1.75	0.811	
	Kontrol	SB	1.27	0.000	
		TB	1.38	0.000	
	Doğu Kayını	SiO ₂ +%1	SB	2.46	0.677
			TB	2.68	0.518
SiO ₂ +%3		SB	2.10	1.235	
		TB	3.51	0.820	
TiO ₂ +%1		SB	2.59	0.491	
		TB	2.11	0.669	
TiO ₂ +%3		SB	2.71	0.148	
		TB	2.76	0.981	
Kontrol		SB	1.42	0.000	
		TB	2.06	0.000	

Uygulanan vernik karışımlarının yüzeye yapışma direnci değerlerine ait aritmetik ortalamalar Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4’e göre yüzeye yapışma direnci değeri sarıçam odununda en yüksek %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (3.37 MPa), en düşük %3 TiO₂ bulunan tek bileşenli vernikli örneklerde (1.75 MPa) tespit edilmiştir. Doğu kayınında ise; en yüksek %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (3.51 MPa), en düşük su bazlı vernikli kontrol örneklerinde (1.42 MPa) elde edilmiştir.

Bu sonuçlara göre; silisyum dioksit nanoparçacıklarının yüzey alanı geniş parçacıklar olması dolayısıyla temas eden yüzey alanı ile adezyon kuvvetinin arttığı, bunun sonucunda da yapışma direncinin arttığı söylenebilir. Ayrıca sarıçam odununda reçine, tanen, yağ ve benzeri ekstraktif maddelerin

bulunması, yapışma direncine azaltıcı yönde etkide bulunduğu söylenebilir.

TABLO 5
L DEĞERİNE AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR

Ağaç Türü	Kimyasal	Vernik	Ortalama	Standart Sapma
Sarıçam	SiO ₂ +%1	SB	77.38	4.875
		TB	73.33	1.136
	SiO ₂ +%3	SB	78.66	2.352
		TB	76.41	2.334
	TiO ₂ +%1	SB	88.28	2.119
		TB	82.98	0.869
	TiO ₂ +%3	SB	94.19	0.695
		TB	93.06	1.463
Kontrol	SB	81.96	0.141	
	TB	78.81	1.774	
Doğu Kayını	SiO ₂ +%1	SB	62.65	2.466
		TB	57.99	2.485
	SiO ₂ +%3	SB	61.12	1.897
		TB	60.83	1.852
	TiO ₂ +%1	SB	83.59	2.581
		TB	80.35	1.577
	TiO ₂ +%3	SB	93.14	0.609
		TB	91.50	0.741
	Kontrol	SB	62.52	1.598
		TB	56.85	1.039

Vernikli deney örneklerinin L değerine ait aritmetik ortalamaları Tablo 5’de verilmiştir. Buna göre deney örneklerinin L değeri sarıçam odununda en yüksek %3 TiO₂ bulunan su bazlı vernik örneklerinde (94.19), en düşük %1 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (73.33) tespit edilmiştir. Doğu kayını odununda ise; en yüksek %3 TiO₂ bulunan su bazlı vernikli örneklerde (93.14), en düşük kontrol örneğine göre %1 SiO₂ tek bileşenli parke vernikli örneklerde (57.99) elde edilmiştir.

Örneklerin yüzey parlaklığı değerlerine ait aritmetik ortalamalar Tablo 6’da verilmiştir. Buna göre sarıçam odununda yüzey parlaklığı değeri en yüksek %1 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (82.3), en düşük %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (20.14) tespit edilmiştir. Doğu kayını odununda ise; en yüksek %1 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (85.04), en düşük %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (22.72) elde edilmiştir.

TABLO 6
YÜZEY PARLAKLIĞINA AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR

Ağaç Türü	Kimyasal	Vernik	Ortalama	Standart Sapma
Sarıçam	SiO ₂ +%1	SB	57.62	5.318
		TB	23.38	2.511
	SiO ₂ +%3	SB	39.00	2.873
		TB	20.14	0.378
	TiO ₂ +%1	SB	71.44	3.506
		TB	82.30	1.311
	TiO ₂ +%3	SB	47.26	2.250

Doğu Kayını	Kontrol	TB	80.26	3.129
		SB	69.90	0.000
	SiO ₂ +%1	TB	81.80	0.000
		SB	46.20	9.320
	SiO ₂ +%3	TB	26.88	2.009
		SB	38.90	2.969
	TiO ₂ +%1	TB	22.72	0.649
		SB	73.58	3.591
	TiO ₂ +%3	TB	85.04	0.563
		SB	49.74	3.173
Kontrol	TB	82.54	2.291	
	SB	65.10	0.000	
		TB	72.60	0.000

TABLO 7
RA DEĞERİNE AİT ARİTMETİK ORTALAMALAR (µm)

Ağaç Türü	Kimyasal	Vernik	Ortalama	Standart Sapma
Sarıçam	SiO ₂ +%1	SB	1.97	0.283
		TB	5.16	1.133
	SiO ₂ +%3	SB	3.91	2.168
		TB	9.46	1.305
	TiO ₂ +%1	SB	1.37	0.493
		TB	0.94	0.262
	TiO ₂ +%3	SB	1.03	0.450
		TB	0.79	0.570
	Kontrol	SB	3.81	0.519
		TB	2.38	0.375
Doğu Kayını	SiO ₂ +%1	SB	1.56	0.291
		TB	4.54	0.855
	SiO ₂ +%3	SB	2.01	0.629
		TB	9.05	2.030
	TiO ₂ +%1	SB	0.83	0.165
		TB	0.56	0.283
	TiO ₂ +%3	SB	1.17	0.368
		TB	1.03	0.162
	Kontrol	SB	2.28	0.349
		TB	2.65	0.817

Yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerine ait ortalama değerler Tablo 7’de verilmiştir. Buna göre Ra değeri en yüksek sarıçam odununda %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (9.46 µm), en düşük %3 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (0.79 µm) tespit edilmiştir. Doğu kayını odununda ise; en yüksek %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (9.05 µm), en düşük %1 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (0.56 µm) elde edilmiştir.

Rt değerine ait ortalama değerleri Tablo 8’de verilmiştir. Buna göre Rt değeri en yüksek sarıçam odununda %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (45.28µm), en düşük %1 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (12.03µm) tespit edilmiştir. Doğu kayını odununda ise; en yüksek %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (43.44 µm), en düşük %1 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (5.43 µm) elde edilmiştir.

TABLO 8
RT DEĞERİNE AIT ARİTMETİK ORTALAMALAR (µM)

Ağaç Türü	Kimyasal	Vernik	Ortalama	Standart Sapma
Sarıçam	SiO ₂ +%1	SB	15.37	3.967
		TB	42.93	17.892
	SiO ₂ +%3	SB	29.27	17.062
		TB	45.28	10.182
	TiO ₂ +%1	SB	13.95	8.103
		TB	12.03	1.985
	TiO ₂ +%3	SB	14.57	6.868
		TB	12.58	3.952
Kontrol	SB	19.35	0.958	
	TB	22.23	0.000	
Doğu Kayını	SiO ₂ +%1	SB	11.38	2.046
		TB	41.29	12.289
	SiO ₂ +%3	SB	14.15	4.148
		TB	43.44	16.413
	TiO ₂ +%1	SB	5.87	1.104
		TB	5.43	2.642
	TiO ₂ +%3	SB	10.03	1.983
		TB	9.43	1.957
	Kontrol	SB	12.67	2.909
		TB	13.99	1.106

Rz değerine ait aritmetik değerler Tablo 9’da verilmiştir. Dene örneklerinin Rz değeri sarıçam odununda en yüksek %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (38.67 µm), en düşük %3 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (4.15µm) tespit edilmiştir. Doğu kayınında ise; en yüksek %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (34.79 µm), en düşük %3 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (2.78 µm) elde edilmiştir.

TABLO 9
RZ DEĞERİNE AIT ARİTMETİK ORTALAMALAR (µM)

Ağaç Türü	Kimyasal	Vernik	Ortalama	Standart Sapma
Sarıçam	SiO ₂ +%1	SB	9.92	1.385
		TB	25.36	5.511
	SiO ₂ +%3	SB	18.04	10.252
		TB	38.67	5.462
	TiO ₂ +%1	SB	7.03	2.673
		TB	4.30	1.057
	TiO ₂ +%3	SB	8.48	3.504
		TB	4.15	2.633
	Kontrol	SB	7.15	1.492
		TB	10.83	0.000
Doğu Kayını	SiO ₂ +%1	SB	7.15	1.257
		TB	22.32	4.970
	SiO ₂ +%3	SB	9.31	1.558
		TB	34.79	9.238

TiO ₂ +%1	SB	3.87	0.534
	TB	2.96	1.328
TiO ₂ +%3	SB	6.37	1.170
	TB	2.78	0.631
Kontrol	SB	7.49	1.256
	TB	8.27	0.232

TABLO 10
RSM DEĞERİNE AIT ARİTMETİK ORTALAMALAR (µM)

Ağaç Türü	Kimyasal	Vernik	Ortalama	Standart Sapma
Sarıçam	SiO ₂ +%1	SB	0.92	0.169
		TB	1.62	0.971
	SiO ₂ +%3	SB	0.74	0.536
		TB	1.19	0.062
	TiO ₂ +%1	SB	1.33	0.440
		TB	1.05	0.246
	TiO ₂ +%3	SB	0.90	0.133
		TB	0.68	0.353
	Kontrol	SB	3.64	0.368
		TB	3.50	0.000
Doğu Kayını	SiO ₂ +%1	SB	0.88	1.019
		TB	1.24	0.237
	SiO ₂ +%3	SB	0.92	0.351
		TB	1.12	0.131
	TiO ₂ +%1	SB	1.05	0.183
		TB	1.06	0.684
	TiO ₂ +%3	SB	0.78	0.215
		TB	0.66	1.012
	Kontrol	SB	3.12	0.000
		TB	2.97	0.841

Rsm değerine ait aritmetik ortalama değerleri Tablo 10’da verilmiştir. Buna göre, Rsm değeri en yüksek sarıçam odununda kontrol örneğine göre %1 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (1.62 µm), en düşük %3 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (0.68 µm) tespit edilmiştir. Doğu kayınında ise; en yüksek kontrol örneğine göre %1 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (1.24µm), en düşük %3 TiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde (0.66 µm) elde edilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğüne ait bulgulardan Ra değeri en yüksek Doğu kayını (9,46 µm) ve sarıçam (9,05 µm) odunlarında %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde, Rt değeri en yüksek Doğu kayını (43,44 µm) ve sarıçam (45,28 µm) odunlarında %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde, Rz değeri en yüksek Doğu kayını (34,79 µm) ve sarıçam (38,67 µm) odunlarında %3 SiO₂ bulunan tek bileşenli parke vernikli örneklerde elde edilmiştir. Bunun; vernikleme öncesinde yapılan zımparalama işlemi ile örnek yüzeyinde meydana gelen pürüzlülükten, silisyum dioksitin yüzey alanının geniş olmasından kaynaklanan tekstür farklılığından ve vernik karışımlarının ahşap yüzeyindeki boşlukları tam olarak dolduramamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan bir çalışmada [6] kayın ve kavak odununun yüzey pürüzlülüğü üzerine değişik işleme tekniklerinin etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada 80 kum ile zımparalanmış yüzeyde kayın odununda ortalama pürüzlülük (Ra) 5.63 µm, on noktanın ortalama pürüzlülüğü (Rz) 52.81 µm, merkez derinlik pürüzlülüğü (Rk) 18.30 µm, azalmış en yüksek nokta (Rpk) 6.39 µm ve azalmış dış derinliği (Rvk) 10.77 µm olarak tespit edilmiştir. Kavak odununda ise; Ra = 4.50 µm, Rz = 45.10 µm, Rk = 13.48 µm, Rpk = 5.45 µm ve Rvk = 8.12 µm olarak belirlenmiştir.

Diğer bir çalışmada ise [7], Doğu Kayını (*Fagus orientalis* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarından hazırlanan örnekler ile ağaç türü, ağaç malzemenin işleme özelliklerinden olan rendeleme ve zımparalama, kesiş yönü, rutubet değişimi için ayrı ayrı yüzey pürüzlülüğünü belirlenmiştir. Sonuç olarak; Doğu kayını odununun sarıçam odununa göre daha pürüzsüz bir yüzey verdiğini saptamıştır. Belirtilen çalışmalar sonuç olarak, bu çalışmanın bazı ölçüm parametreleri ile benzerlik göstermesine rağmen, verniğe kimyasal madde karışımları nedeniyle genel olarak farklılık arz etmektedir.

IV. SONUÇ

Bu çalışmada yüzeye yapışma direncinin önemli olduğu yerlerde/alanlarda silisyum dioksit nanoparçacıkları bulunan verniklerin kullanılabilmesi, açık renk veya beyaza yakın bir renk tercih edilen alanlarda titanyum dioksit nanoparçacıklarının tercih edilebileceği, parlaklığın ön plana çıkarılmak istendiği alanlarda ise, titanyum dioksit nanoparçacıkları bulunan tek bileşenli parke verniğinin uygulanabileceği, ayrıca yüzey pürüzlülüğünün aranmadığı yerlerde titanyum dioksit bulunan tek bileşenli parke verniğinin kullanılabilmesi sonuçlarına ulaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından “KBÜBAP-17-YD-317” proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] G. Köse, A. Temiz, “Ahşap Malzemenin Korunması (Emprenye) ile ilgili sıkça sorulan sorular,” *Mobilya Dekorasyon Dergisi*, pp. 94-97, 2013.
- [2] G. Çeliker, “Ambalaj sektöründe nanoteknoloji ve uygulamaları,” *4. Uluslararası Ambalaj Kongresi*, 2005.
- [3] A. Sönmez, “Ağaçtan yapılmış mobilya üst yüzeylerinde kullanılan verniklerin önemli mekanik, fiziksel ve kimyasal etkilere karşı dayanıklılıkları,” Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 1989.
- [4] *Determination of resistance of factory applied coatings on wood products of stain and reagents*. American Society for Testing and Materials (ASTM D 3023), 1981.
- [5] *Standard test method for pull-off strength of coatings using portable adhesion testers*. American Society for Testing and Materials (ASTM D 4541), 1995.
- [6] M. Kılıç, S. Hızıroğlu and E. Burdurlu, “Effect of machining on surface roughness of wood,” *Building and Environment*, pp. 1074-1078, 2006.
- [7] İ. Baykan, “Rendelenmiş ve zımparalanmış masif ağaç malzeme yüzeylerinde yüzey pürüzlülüğüne ilişkin araştırmalar,” Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 1996.

Ürün değer zinciri yönetiminde yalın üretim ve değer akış haritalama: Bir akü firmasında uygulama

Tuğrul Bayraktar*, Merve Karagöz*, Rahiye Bahar Kaya*

*Karabük Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Türkiye

tugrubayraktar@karabuk.edu.tr, mervekaragoz1994@gmail.com, bahar_kaya06@hotmail.com

Özet— Günümüzde firmalar kendilerini tanımlamak maksadıyla benimsedikleri kurumsal değerleri içeren kavramlar geliştirmektedirler. Bu çalışmada ise ürün bazında bir firmayı temsil eden değerler ele alınmakta ve ürün değer zincirinin aşamaları incelenmektedir. Temel aşamayı; yalın üretim yaklaşımları arasında yer alan değer akış haritalama çalışması oluşturmaktadır. Bir akü firmasında uygulaması yapılan örnekleme çalışmasının akabinde gerçekleştirilen değer akış haritalama çalışması sonucunda bir nevi performans kriteri olan firma ürün değerleri belirlenmiş ve ilaveten yapılan benzetim-modelleme çalışması ile de üretim süreçlerindeki zayıflıklar tespit edilmiştir. Sonuç olarak ise uygulamanın yapıldığı firmada yalın üretim felsefesinin daha fazla benimsenmesi gerektiği fikrine ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler— Ürün değer zinciri, Değer akış haritalama, Ürün döngüsü, Akü üretimi

I. GİRİŞ

Günümüz sektör pazarlarında rekabet üstünlüğü sağlayabilmek, işletmeler için altın değer taşımaktadır. Endüstri gelişiminin devam etmesiyle birlikte firmalar, maliyet kalemlerinde azalmak, müşteri için değer ifade eden adımları oluşturmak veya ürünün değerini arttırmak stratejilerine odaklanmaya başlamışlardır. Her firmanın kendi değerini oluşturması, piyasa şartlarında ayakta kalmalarını sağlayacaktır.

Araştırmalar ışığında bu çalışmanın amacı, otomotiv yan sanayi sektöründe yapılacak olan uygulama ile şirketin ürün değerini oluşturacak adımları belirlemek ve yalın üretim tekniklerinden olan değer akış haritalama tekniği ile üretim adımlarını incelemektir. Ayrıca firmanın verimliliğinin de ortaya çıkmasını sağlamaktır. Çalışma sonucunda, firmanın gelişime açık noktalarının belirlenmesi, iyileştirme çalışmalarında yol gösterecektir.

II. LİTERATÜR

Ürün değer zinciri yönetimi, zamanın optimum şekilde yönetilmesinin gerektiği ve ürün akışının yüksek miktarlarla belirtildiği ürün tedarik zincirlerinde tercih edilmektedir. Bu tür ürün tedariki sağlayan sektörlerin başında gelen gıda sektöründe bu yaklaşımı benimseyen çalışmalar mevcuttur. Tarladan sofraya kadar gıda ürünlerin geçtiği aşamalar üzerinde yapılacak olan bir ürün değer zinciri çalışması, bütün bir tedarik sürecini (üreticiler, tedarikçiler, perakendeciler vb.) tek bir parça halinde ele alması gerekmektedir. Bu şekilde her

aşamanın o süreci genel seviyede nasıl etkilediği görülebilmektedir [1].

Gıda ürünlerinin geniş yelpazede piyasaya arz olduğu dikkate alındığında, ürün değer zinciri çalışması yapılırken gıda ürünün elde edilmesindeki başvurulan yöntemler ve üretimi etkileyen faktörler birer kriter olarak öne çıkmaktadırlar. Bu yüzden gıda ürününe göre değer zinciri çalışmasının şekillenmesi elzemdir. Çalışmada özelleşmeye örnek olarak gösterilebilecek olan balık çiftçiliği üzerine yapılan bir çalışmada [2], Filipinler çevresindeki balık çiftçiliği yapan küçük çaplı firmaların sekiz kriter gere balıkçılık yönetimi değer zinciri analizi yapılmıştır.

Gıda sektörünün yanı sıra üstünde çalıştığımız son ürün olan akünün hammaddelerinin tedarikinin sağlandığı maden sektöründe de benzer çalışmalar yapılmaktadır. Demir madeninin ürün döngüsünün analiz edildiği bir çalışmada [3], ilk cevher durumundan müşteriye ve müşteriden demirin geri dönüşümüne kadar bütün bir döngü ele alınmış ve döngünün maliyeti hesaplanmıştır. Demir madeninin değer akışı aşamalarında yapılacak iyileştirmelerin hem tedarikçi hem de son müşteriye maddi faydalar sağlayabileceği belirtilmiştir.

Aynı şekilde alüminyum madeni [4] ve çelik üretimi [5] için de yapılan çalışmalarda, ürün döngüsü ekonomik ve çevre boyutlarıyla birlikte ele alınarak, değer akış aşamalarında bu boyutların etkisi ve yapılabilecek iyileştirmeler ele alınmıştır. Yapılan bu çalışmalardan yola çıkarak, yüksek miktarlarda talebin gerçekleştirildiği ve buna bağlı olarak ürün akışında yüksek miktarlardan bahsedildiği bir ortamda, değer zinciri analizinin ve değer akış haritalamasının taşıdığı önem daha iyi anlaşılabilir. Bu çalışmada da metal madenlerindeki ürün akışından esinlenerek aynı çalışmanın akü üretimi için de yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

III. PROBLEM ve TANIMI

Çalışmamız akü imalatı yapan bir firmada gerçekleştirilmiştir. Akü imalatı şemalandığı kurşun külçelerinin ızgara, exmet hazırlık ve kompes makinelerinde ızgara, exmet şerit hallerine gelmesiyle başlamaktadır. Bu işlemin amacı sıvamaya gönderilecek parçaların hazırlanmasıdır. Izgaralar sıva bölmesine giderken, exmet hazırlıktan çıkan şeritler, exmet makinesine gönderilmektedir.

Sıva makinesinden, exmetten ve kompres makinesinden çıkan levhalar kür odalarına gönderilmektedir. Sıva işleminden sonra parçalar plaka halini almaktadır. Her akünün içinde iletimi sağlayacak negatif ve pozitif plakalar mevcuttur. Sıvama

bölümüyle ızgaralar iki farklı plaka şeklini almaktadır. Kür odalarında 24 saat bekleme aşamasından sonra negatif ve pozitif plakalar montaj hattına gönderilmektedir.

Montaj hatlarında, plakalar zarflama, cos makinesi ve montaj aşamalarından geçmektedir. Bu aşamaların sonucunda, kuru akü olarak adlandırılan yarı mamul haline gelmektedirler. Kuru aküler şarj edebilme özelliğini henüz kazanamamışlardır.

Kuru aküler sulu şarj hatlarına gönderilerek içleri asitle doldurulur. Asitle doldurulma sebebi akülerin şarj özelliklerini kazanabilmelerini sağlamaktır. Asit ile doldurulan aküler su dolu havuzlarda yaklaşık 24 saat şarj olurlar. Ürünlerin modellerine ve sulu şarj hattına göre akülerin havuzda bekleme süreleri değişkenlik göstermektedir.

Sulu şarj hattından çıkan aküler etiketleme ve paketleme hattından geçtikten sonra sevkiyata hazır hale gelmektedir.

Üretim hattındaki darboğazın montaj hattı olduğu düşünülmektedir. Bunun sonucunda montaj hattı önünde birikmiş ara stoklar fazlasıyla yer tutmaktadır. Bu plakaların raf ömrü olmadığı için herhangi bir bozulma sorunu yaşanmamaktadır. Bunları elden çıkarabilmek için çeşitli öneriler sunulacaktır.

IV. METOT

Çalışmamızda yer alan değer zinciri ve değer akış haritalamanın içeriğine değinilmek gerekirse;

- Değer zinciri analizi 1985 yılında Harvard Üniversitesi Profesörü Michael Porter tarafından ortaya atılmıştır. Porter' a göre; her firma için tasarımı, üretim, pazarlama, taşıma ve ürün destek faaliyetleri birer bütündür ve değer zinciri bütünlüğü ele alır [6]. Tanımdan hareketle her bir faaliyet için ayrı bir değer zincirinden söz edinilebilir. İşletmelerin kâr marjı temel ve destek faaliyetlerin maliyetlerine bağlıdır. Temel ve destek faaliyetler ise değer zincirini oluşturmaktadır,
- Değer akışı, her ürün için esas olan ana akışlar boyunca bir ürünü meydana getirmek için ihtiyaç duyulan, katma değer yaratan ve yaratmayan faaliyetlerin bütünüdür [7] (Rother and Shook, 1998),

tanımlamaları esas teşkil etmektedir.

Yalın üretim felsefesi işletmedeki israfları yok ederek yalnızca müşteriler açısından değer kabul edilecek adımları oluşturmayı hedeflemektedir. Ürün değer zincirinin amacı da yalın üretim felsefesiyle benzerlik göstermektedir. Değer zinciri firmaların kendi değer adımlarını belirlemektedir. Aynı zamanda şirketlerin değer zincirinin hedeflediği rekabet avantajını elde edebilmek için yalın üretim felsefelerini tam anlamıyla benimsemeleri gerekmektedir. Üretimdeki bütün proseslerini aşamalar ve metotlara göre düzenleyip, geliştirmeleri gerekmektedir. Yalın üretim ve değer zinciri birbirinden ayrılmadan bir bütün olarak kullanılırsa, firmalar istenilen gelişmeyi gösterebilecektir.

Yalın üretimin metotlarından olan değer akış haritalama işletmenin proseslerinin verimlilik oranlarını belirlenmektedir. Aynı zamanda işletmenin bilgi ve malzeme ile olan ilişkisini gözlemlemede ve israfların belirlenmesinde etkin bir rol oynamaktadır.

Değer akış haritalandırma sonucu elde ettiğimiz bulguların arasından gözden kaçırılan noktaların olma ihtimaline karşı benzetim ve modelleme metodu kullanılmıştır.

Benzetim ve modelleme metoduyla ise prosesler arasındaki bekleme zamanlarını, işlemler sırasındaki kuyrukları, makinelerin doluluk oranları gözlemlenerek, işletme açısından israf olarak ortaya çıkan noktalar belirlenmektedir. Üretim hattında gelişmeye açık alanların bulunmasına katkı sağlamaktadır.

Bütün firmaların kendi değer zincirlerini oluşturmaları ve değer akış haritalarını çıkararak verimlilik durumlarını gözden geçirmeleri önerilmektedir. Böylelikle mevcut durumlarındaki zayıf yönlerini daha net görebilmeleri mümkün olacaktır.

V. UYGULAMA

Çalışmamızı gerçekleştirdiğimiz Yiğit Akü A.Ş. için değer akış harita Şekil 1'deki gibidir.

Değer akış haritası; stok miktarı, toplam ekipman etkinliği (OEE), çevrim zamanı, kullanım oranı, vardiya, üretimin akış süresi ve toplam üresini göstermektedir. Kullanılan verilerin doğruluğunu sağlayabilmek için üretim işlemlerinde zaman etüdü, ara stoklarda anlık sayımlar ve işlem adımlarının çevrim süreleri alınmıştır.

Ürün değer akış haritası sonuçlarına göre, montaj hattının darboğaz olduğu ve plakaların ara stok oluşturduğu ortaya çıkmıştır.

Ürün değer zincirini oluşturabilmek için üretim hattında nicel gözlemler yapılmıştır ve gerekli bilgiler üretim hattından sorumlu kişilerden alınmıştır.

Benzetim ve modelleme çalışmasının gerçekleştirilebilmesi için, üretimin başladığı noktadan hammaddelerin geliş süreleri tutulmuştur. Değer zinciri haritası ile karşılaştırmanın uygun sonuç verebilmesi açısından işlem süreleri olarak çevrim zamanı kullanılmıştır.

Tablo 1'de ürün değer akış haritalama ve modelleme sonuçları karşılaştırılmıştır.

TABLO 4

DEĞER AKIŞ HARİTALAMA YAKLAŞIMI İLE BENZETİM-
MODELEME YAKLAŞIMI SONUÇLARI KARŞILAŞTIRMASI

Ürün Değer Akışı Sonuçları	Benzetim Ve Modelleme Sonuçları
Montaj hattında darboğaz oluşmaktadır	Montaj ve sulu şarj hattında darboğaz oluşmaktadır
Yüksek miktarda plaka ara stoku oluşmaktadır	Plaka ve kuru aküler yüksek miktarda ara stok oluşturmaktadır.

Değer akış haritalama uygulaması sonuçlarına göre takt zamanı 0,16 dakika olarak bulunmuştur. Takt zamanı; herhangi bir sorun olmadığı sürece (beklemeler, arızalar vs.) bir akünün çıkma süresini belirtmektedir. Uygulama saniye bazında

yapıldığından 9,6 saniye üzerine çıkan proses aşamalarında süreçlerin geliştirilebilmesi olanak dahilindedir. Fakat bu noktada dikkat edilmesi gereken husus bekleme zamanları belirli aşamalarda zorunlu olduğundan süreç içerisinde değerlendirilmemelidir. Buna göre, exmet hazırlık hattı, montaj hattı, etiketleme hattı ve sulu şarj hattında süreçlerde iyileştirme yapılabilmektedir. Fakat firma işleyişi göz önünde bulundurulduğunda montaj hattının önünde biriken stokların erimesi birincil öncelik taşıdığı için öncelik montaj hattına verilmektedir. Aynı zamanda akış haritalama sonucunda verimlilik hesabı yapıldığında; yani OEE ile çevrim sürelerinin (saat cinsinden) çarpılıp toplanmasıyla sonuç %76 çıkmıştır. İşletme verimlidir denilebilmesi için bu oranın 1,5 ile 3 arasında olması gerekmektedir. Buradan bir oran yapılarak %76'lık değer 2,28 olarak bulunmuştur. Bu sonuç doğrultusunda işletme verimliliği iyi seviyede denilebilir. Ancak işletme iyileştirmeye açıktır.

Benzetim modelleme uygulaması sonuçlarına göre, exmet hazırlıkta 4.080 adet hammadde stoku, montajda 1.835 adet ve sulu şarj da ise 1.522 adet ara stok bulunmuştur. Modelleme sonucuna göre montaj ve sulu şarj hatları darboğazlar olarak belirlenmiştir. Gözlemler sonucunda da montaj hattında ara stokların oluştuğu görülmüştür.

VI. SONUÇ

Çalışmanın amacı, otomotiv yan sanayi sektöründe yapılacak olan uygulama ile şirketin ürün değerini oluşturacak adımları belirlemek ve yalın üretim tekniklerinden olan değer akış haritalama tekniği ile üretimdeki sorunları belirlemektir. Bu çalışmada değer akış haritalama yöntemi ile işletmedeki sorunlar görülmüş ve benzetim yöntemiyle bu sorunlara çözüm önerisi bulunmuştur.

Bu çalışmada temel yaklaşım olarak kullanılan ürün değer zinciri analizi müşteriler için değerli olan aşamaları firmaya uyarlayabilme olanağı sağlamaktadır. Ürün değer zinciri uygulaması sonucunda; firmanın müşteri açısından değer oluşturan noktalar sırasıyla müşteri portföyüne göre üretim hatları oluşturmak ve müşteri tarafından vazifelenirilebilecek denetimcilerin sahayı gözlemleyip, denetlemelerine olanak sağlanması şeklindedir. Firma özellikle AR-GE çalışmalarına büyük önem vermektedir. Bu çalışmalar yeni hedef kitlesi oluşturma ve markalaşma aşamalarında büyük değer katmaktadır. Elektrikli arabalar için üretilmeye çalışılan akü prototipleri sayesinde yeni pazarlar ortaya çıkacaktır.

İmalat bazında firma darboğazlarının tespiti için uygulanan Ürün Değer Zinciri Analizi ve Sistem Simülasyonu yaklaşımlarından elde edilen sonuçlar doğrultusunda gözlemlenen sorunlar için önerilerin bazıları şu şekildedir;

Modelleme sonucuna göre montaj hattındaki ara stokların azalabilmesi için iyileştirme amaçlı, montaj ve sulu şarj hatlarına 1'er makine daha eklendiği varsayılmıştır. Sonuca göre, montaj hattındaki kuyruğun azaldığı ve çıkan akü adetinin arttığı gözlemlenmiştir. Ancak sulu şarjdaki ara stokların arttığı gözlemlenmiştir.

Bu durum montaj hattına makine eklenildiği takdirde sulu şarj hattına eşit makine eklenmesinin doğru bir karar olmadığını

göstermiştir. Montaj hattını dengeleyebilmek için 1 adet makine alındığında, sulu şarja 2 adet makine alınması daha uygun görülmektedir.

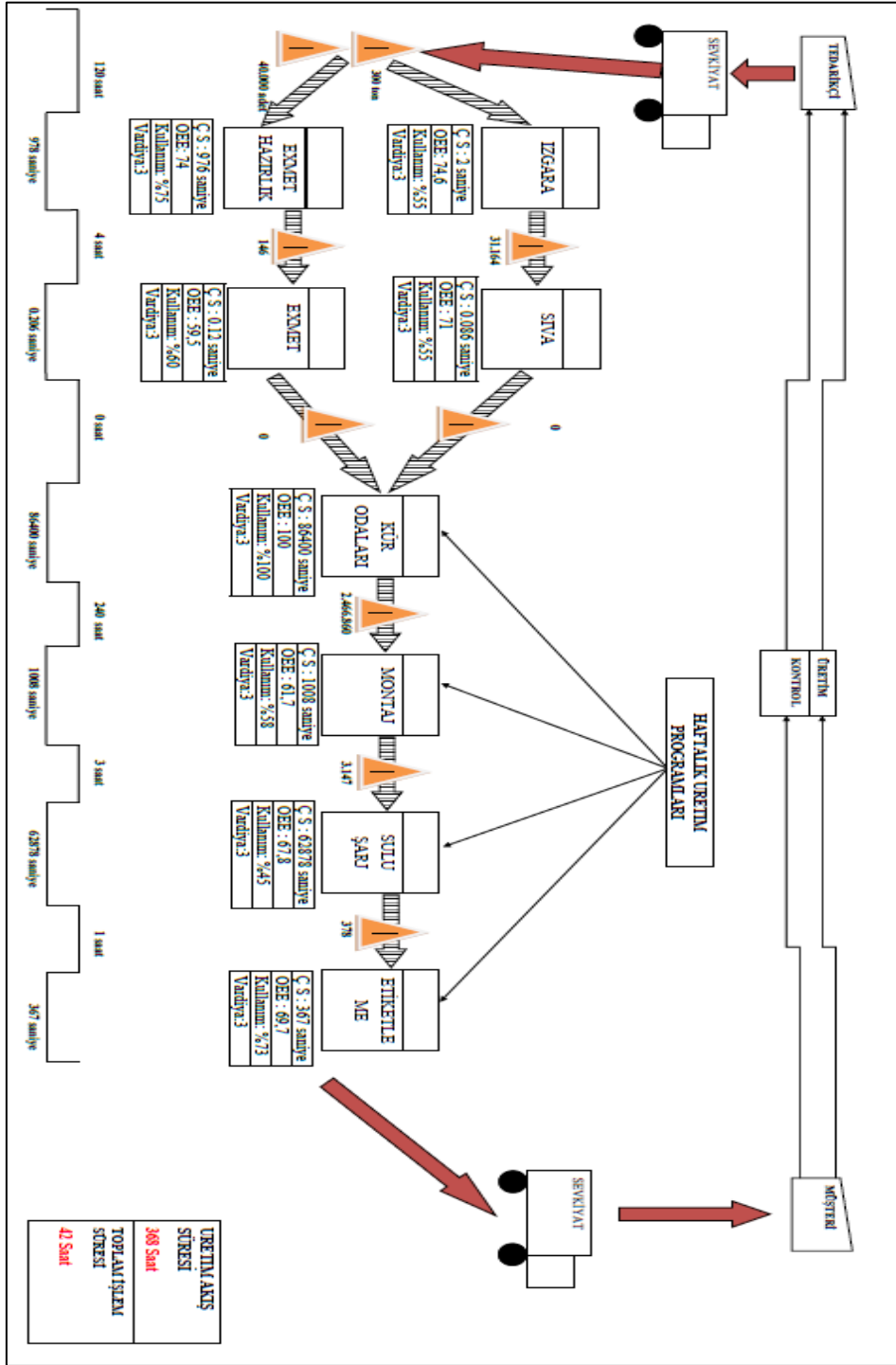
Fabrikadaki işleyiş hızı darboğaz olan montaj ve sulu şarj hatlarına göre ayarlanırsa ara stokların azalması mümkün olabilir.

Montaj hattı önünde biriken ham plakaların raf ömrünün bulunmadığı yani bozulmalarının söz konusu olmadığı problem tanımında belirtilmişti. Bu plakaların azaltılabilmesi için, ızgara, exmet hazırlık, exmet ve sıva hatlarında üretim hızının yavaşlatılması veya mümkünse geçici süreyle durdurulması önerilebilir. Birikmiş şarjlı plakaların raf ömrü ise 1 yıl olduğu için firmanın elinde bulunan bu plakalar mümkün olduğu takdirde piyasaya satılmaya çalışılabilir.

Bu çalışma ile; otomotiv yan sanayii sektörünün değer zinciri analizini ve yalın üretim felsefesini daha fazla benimsemeleri beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] S. Gökkür ve Z. Çelik, "Meyve ve Sebze Ürünlerinde Küresel Değer Zinciri", VII. Bahçe Ürünlerinde Muhafaza ve Pazarlama Sempozyumu'16, sh. 50-55.
- [2] R. M. Rosales, R. Pomeroy, I. J. Calabio, M. Batong, K. Cedo, N. Escara, V. Facunla, A. Gulayan, M. Narvadez, M. Sarahadil ve M. A. Sobrevega, "Value chain analysis and small-scale fisheries management", *Marine Policy*, sayı 83, sh. 11-21, 2017.
- [3] L. Yan ve A. Wang, "Based on material flow analysis: Value chain analysis of China iron resources", *Resources, Conservation and Recycling*, sayı 91, sh. 52-61, 2014.
- [4] K. Dahlström ve P. Ekins, "Combining economic and environmental dimensions: Value chain analysis of UK aluminium flows", *Resources, Conservation and Recycling*, sayı 51, sh. 541-560, 2007.
- [5] K. Dahlström ve P. Ekins, "Combining economic and environmental dimensions: Value chain analysis of UK iron and steel flows", *Ecological Economics*, sayı 58, sh. 507-519, 2006.
- [6] M. E. Porter, "The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance", NY: Free Press, 1985.
- [7] M. Rother ve J. Shook, "Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda", Brookline, Mass.: Lean Enterprise Institute, 1998.



Şeki 1 Yiğit Akü A.Ş. Değer Akış Haritalama Şeması

Evaluation of a public bus transportation network

Zakaria Boutarfa*, Fatih Kılıç⁺, Mustafa Gök[#]

* *Department of Computer Engineering, Cukurova University, TURKEY*

zboutarfa@student.cu.edu.tr

⁺*Department of Computer Engineering, Adana Science and Technology University, TURKEY*

fkilic@adanabtu.edu.tr

[#]*Department of Electrical-Electronics Engineering, Cukurova University, TURKEY*

musgok@cu.edu.tr

Abstract— Public transportation service is crucial for sustainable city life. An efficient transportation design reduces traffic congestion, air pollution, and service costs. This can be done by solving public bus route planning and bus frequency scheduling problems using computational methods. Many high-performance planning algorithms are developed over the years to cope with the complex infrastructure of city networks. Most of the scientific work in this area solve these problems using over simplified mathematical models and assumptions, however, this perspective is often criticized by decision makers for being useless. Commercial software for transportation which provide multiple functions to tackle with the complex demands and constraints are preferred in the field. A tacit disadvantage of the commercial software is the complicated parameter set up process, which can be costly and consumes a long time. Also, especially in large city networks, the set up process is prone to human error. On the other hand, the algorithms presented in scientific work do not suffer from these problems, since they use clear and simple mathematical models. The algorithms are usually tested on synthetic benchmarks. Test results are evaluated using well defined criteria, so that they can be easily compared with the results generated by other algorithms. However, oversimplified description of the transit design problem gives impractical solutions. In this work, we show that the results generated by algorithms can be used after evaluating them using professional commercial tools. We demonstrate this strategy on Adana city public network using the results generated by the demand based evolutionary computation algorithm. The results are evaluated using the popular PTV VISUM tool. PTV VISUM tool is set up based on realistic assumptions. The evaluation shows that the solution set which has a high total travel cost can offer more route options under those assumptions. This information is very valuable for decision makers and cannot be deduced from the perspective of simplistic models.

Keywords— Public Transportation Network Design, Route Generation Algorithms, PTV Visum.

I. INTRODUCTION

Public Transit Network Design Problem (PTNDP) can be defined as the generation of the bus routes and setting up the bus frequencies on these routes. The solution must satisfy the interests of the users (passengers) and the operators (usually local authorities or private companies). An efficient planning also has a positive impact on environment since it contributes the reduction of the carbon dioxide emission rates and noise.

The generation of public bus route network is the most important step of the PTNDP [1], [3], [4]. The generation of

routes on large public networks is a complex NP hard problem and without the use of efficient computer algorithms it cannot be optimally solved.

The algorithms proposed to solve this problem usually over simplifies the problem and models only very few constraints of the problem. For example, transit network is usually represented using graphs and demand matrices. The real life aspects such as the usability of roads, existing city zones and the city planners' preferences are not included in the model. Consequently, solutions obtained by theoretic algorithms are often not applicable. On the other hand, commercial planning tools offer a more holistic view to the design problem. For example, the network can be split to zones, points of interests can be defined, behaviour of passengers can be defined etc. In short, a lot of different aspects of the transit design can be handled by the commercial software which cannot be done by simple graphical description of the problem. Because of these advantages commercial software are popular among urban planning experts. However, the efficient use of this software requires extensive surveys, statistical analysis and expert knowledge, which can be expensive and take long time and effort. Also, licensing and training expenses make software usage non-ideal for low budget municipalities.

In this study, we present possible advantages of narrowing the gap between the theoretical algorithms and commercial software. Our strategy is using route sets generated by an algorithm on a real city network and evaluate those solution sets using a popular commercial software. In particular, we use the Demand Based Evolutionary Computing Algorithm (DBECA) and its solutions generated on Adana city network [2]. The network is obtained from currently used routes and stops using real geographic data. Also, to evaluate the solution sets PTV VISUM 2014 software is used [8]. Among existing commercial software, PTV VISUM is reported as the most adequate tool for trip modelling which can be used for multiple purposes such as planning, simulation and test [5]. In the previous work that uses this software, only one of its modules is used [6], [7], [9], [10] whereas in this study, we set up the all aspects of the transportation network design and run through all the process. As a result, a very realistic scenario is evaluated.

The rest of the paper is organized as follows: Section 2 discusses the experiments; Section 3 presents the results and discussion; and Section 4 gives the conclusion.

II. EXPERIMENTS

This section presents the network model, the assumptions made to set up the evaluation tool, and the experiments.

Adana city is located in south-central Anatolia Turkey. The population of the city is 2201670 with the density of 185 people/km² (according to 2016 records). It is the sixth most populous province in Turkey. Adana city contains one of the biggest industrial zones, hospitals, universities, factories in Turkey. The annual growth rate of the city population is 8.4%, which is above the average of Turkey. The fast population growth rate puts extra pressure on public transit network and makes the design more challenging task.

Our test network is obtained directly from the current 33 major bus routes, which operated by Adana city public bus authority. To determine the demands, the data collected from the electronic pass card payment system is used. The details of mapping Adana network on PTV Visum network model are discussed in the following subsections.

A. Main Steps of The Model Setup

The main steps of our approach used to set up PTV VISUM and result generation processes are presented in Fig. 1. The first step is the setup of the parts of the transport model. transport model has two parts demand model and the network model. In the demand model, origin destination pairs, number of trips per the chosen transportation mode (referred as demand segment in the tool), and temporal demand data are determined. The demand model is created based on the real data of the existing public transportation system in Adana city, extracted from the database of the municipality which contains all information collected from local electronic card payment system. Each record consists of the card id, time of the usage, geographic location of the stop, and stop id. This data is pre-processed to remove bad records and to estimate the destination points.

The network model is generated based on the existing road network. The road links are input using open street map localization tool and bus stops are manually inserted using latitude and longitude coordinates given by the city transportation authority. After constructing the network, route sets generated by DEBCA algorithm are associated with the roads.

The impact model is based on both the demand model and network model. This model is used to make the assignments of the passengers to the trips, and also the assignments of the vehicles and their frequencies. The parameters such as bus capacity, cost of trip, cost of empty trip and etc. are input based on the real infrastructure and resources of the city.

The tool generates results based on these models. The evaluation results consist route lists and statistics of the calculated network object attributes. Note that this process has been executed once for each route sets referred as line route set1, line route set2, respectively.

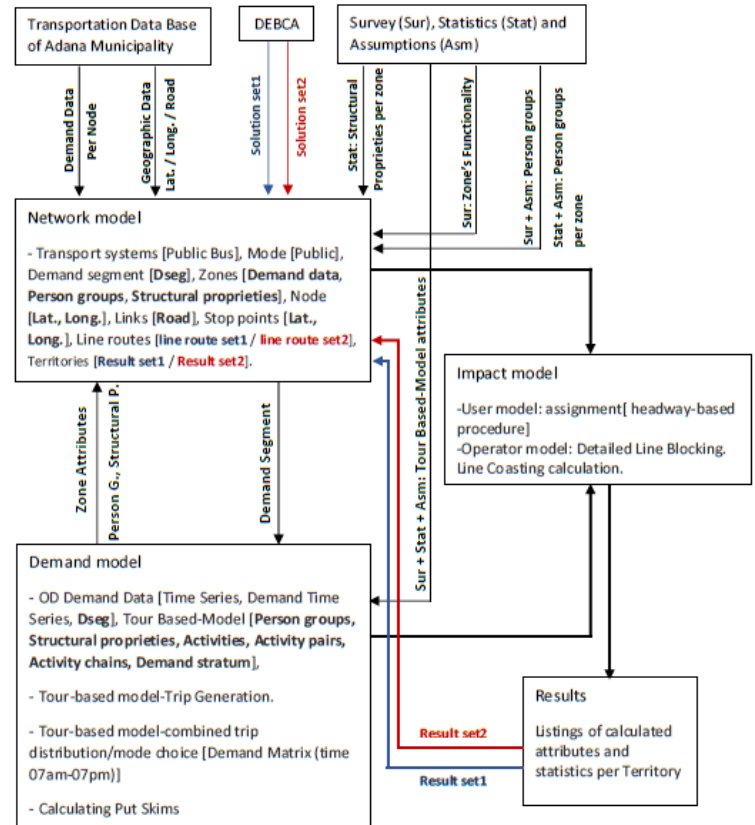


Fig. 1 Main steps of the model setup.

B. The Network Model

Fig. 2 presents the network model mapped on PTV VISUM, which is constructed by using the following objects of the tool:

1) *Transport System/Modes/ Demand Segment:* Transport system object is assigned to public transportation and only one mode of operation is assigned, which is public bus system. demand segment object serves as a bridge between the transport supply and the transportation demands. Only one type of demand segment is used to address passenger demand.

2) *Background Map:* Open Street Maps interface is used to set up Adana main road network as the background map.

3) *Nodes, Links and Lines:* The nodes represent the start and end points of links. 175 nodes and 174 links are inserted into the background map. All the links are directed and the opposite direction of the same link is a different object. On these nodes and links 33 lines (routes) are assigned.

4) *Stops:* The tool allows inserting the stops on links or on nodes. To comply with line route set generated by DEBCA algorithm the stops are chosen as nodes too. So, passengers may board or alight at any node.

5) *Zones:* Adana network is divided into 30 zones based on statistics, survey data and dominant facilities of the area, such as urban, industrial, shopping, educational and healthcare

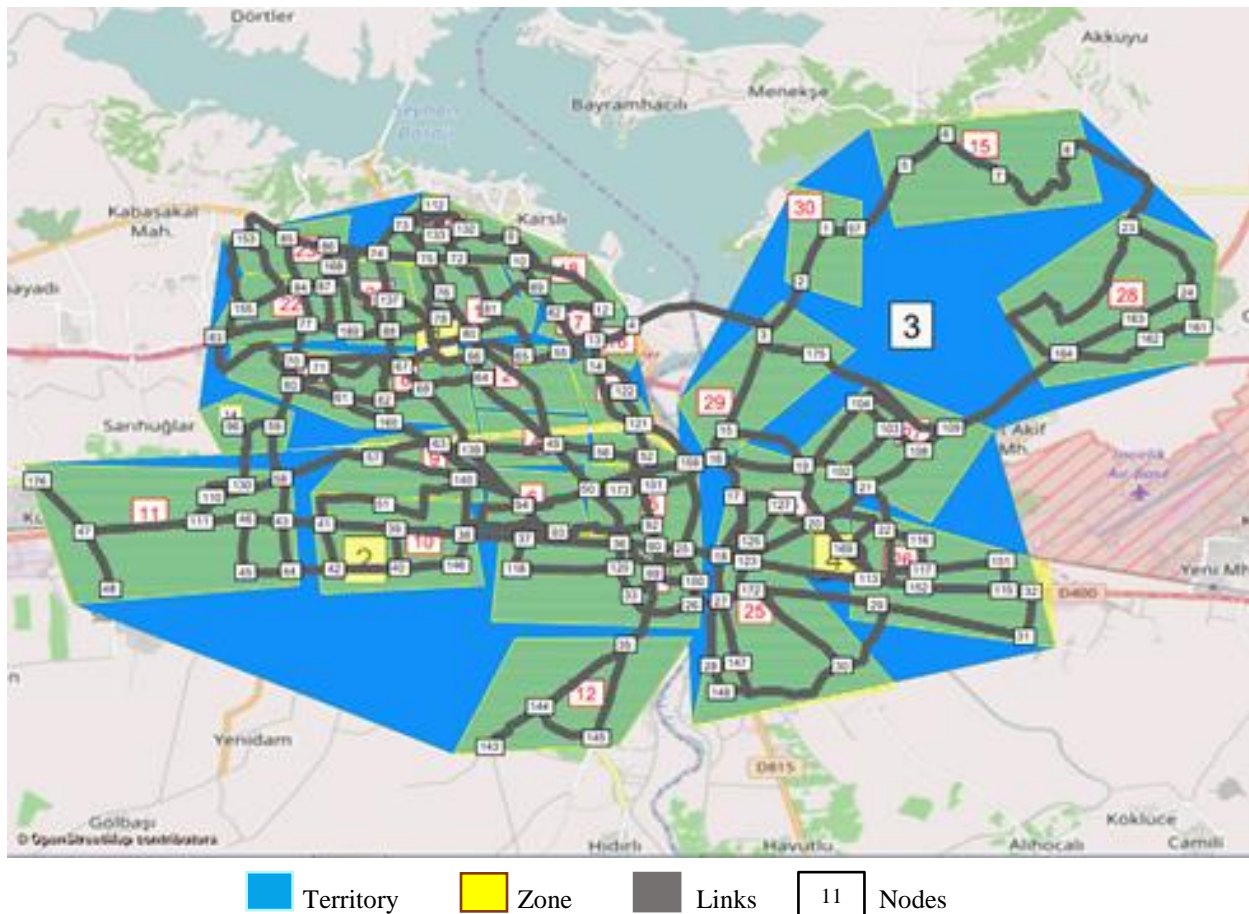


Fig. 2 Adana city network mapped on PTV VISUM.

zones. The zones are the origin and destination of the trips, which results to 900 Origin-Destination (OD) demand pairs.

6) *Territory*: A territory is a geographic area which contains multiple zones, it is required in the impact model. Adana city contains four main districts; accordingly, four territories are set up.

C. The Demand Model

Demand model shows the activities of the passengers. It is assumed that a passenger while performing his/her daily activities can travel in one zone but he/she often needs to travel from one zone to the others. All the activities are defined as a trip in the tool. Unlike most of the theoretical solutions in which the OD demands are based on nodes, PTV VISUM trips are based on zones. The demand matrix is non-symmetrical and nonzero diagonal, since the the activity of the users can be in the same zone. We converted the existing demand data for Adana from node format to zone format as follows:

Firstly, the OD demand data is set up, which is composed of the standard time series, demand time series and the demand

segment. The standard time series is the daily operating time of the system. We set up the time from 07:00:00 in the first working day until 19:00:00 for all working days. The weekend is not taken in consideration, since passengers' activities changes in the off days. This time series is a little off from the reality since the starting and stopping time of the services of lines differ, however, the chosen time window is commonly shared by all lines.

Secondly, demand model procedures are set up, this is done based on surveys, statistics and data adaptations. Tour-based data model procedure is used, which is an activity chain based model composed of three logical units: trip generation, trip distribution and mode choice. A survey is carried out about the passenger activity behavior, type of passenger "Person groups" using the public bus system of Adana and the structural properties in which the activities are performed. The population distribution in predetermined 30 zones of Adana is shown in Fig. 3.

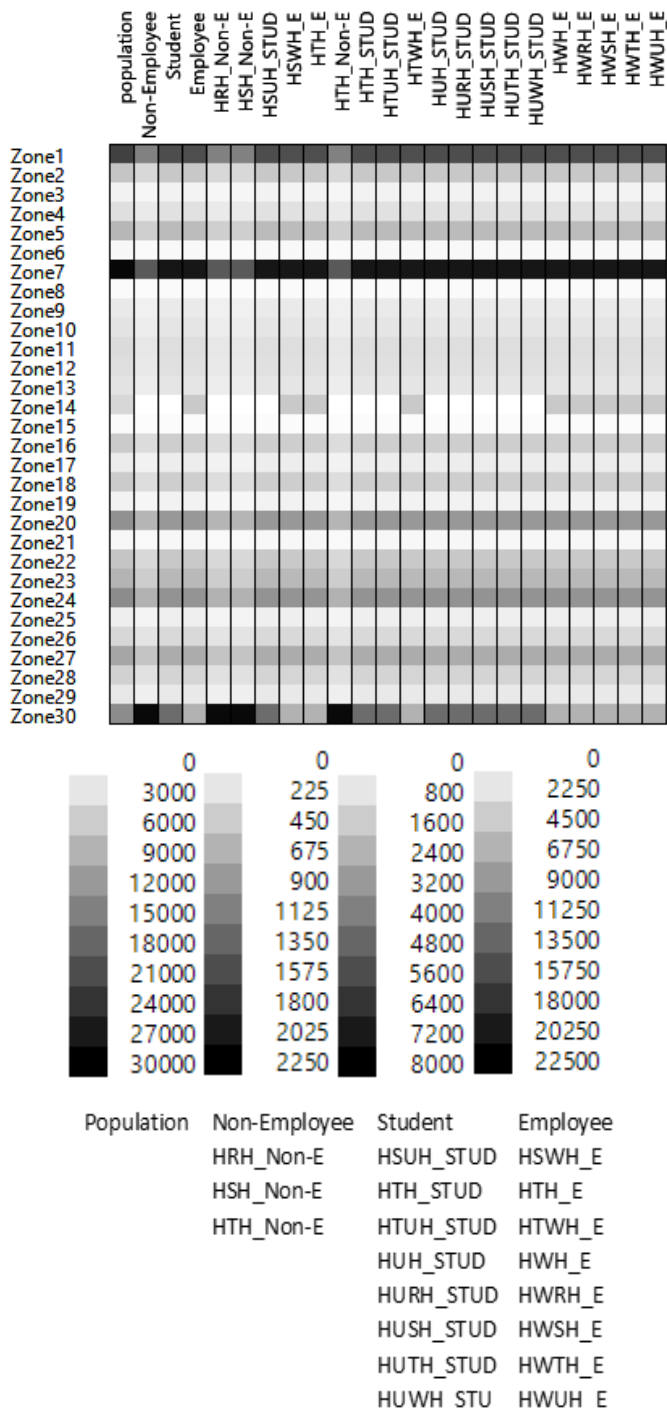


Fig. 3 The population, passenger groups and the home trip generation results.

The major users of public bus system of Adana are employees (in total 134881), non-employees (in total 10974), students (in total 48688) and senior citizens. The population of each zone is determined by using the groups given in Fig. 3. The groups are inserted as zone attributes. We assume each group uses a different type of activity chain. The senior citizens are not taken in consideration due to their free travel privileges.

We assigned the following properties: hospitals, recreation places, shops, universities and work places. The locations of the properties are shown in Table I.

TABLE XXVII
THE STRUCTURAL PROPERTIES IN THE ZONES OF ADANA.

N°	Structural Property	Zones	Total Quantity
1	Hospitals	1,3,5, 16-18,20,23-25,27,28,30	35
2	Recreation Places	14,16,24	11
3	Shops	1,5,7,11,14,23,24	830
4	Universities	30	1
5	Work Places	1-30	30280

A daily trip starts and ends at home zone, a trip contains at least one activity. We created the following activities: recreation (R), shopping (S), medical treatment (T), education (U) and work (W), Home (H). Then in the demand layer the activity chains are mapped to groups. Fig. 4 presents a daily trip of an employee that contains home, work, shopping and home activities.

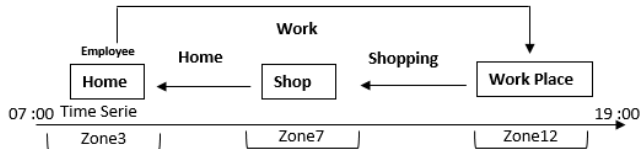


Fig. 4 The daily trip of an employee in the zones 3,7,12 which represented by the activity chain H-W-S-H.

All of the zone attributes mentioned above are used to generate home trips. We used various activity settings for each group. For non-employee 3, for employee and students 8 activity chains are assigned. The results of this procedure are demonstrated above in Fig. 3.

The demand matrix is generated based on the results of trip generation procedure. The total demand sums to 1027143.8 for our set up.

D. The Impact Model

The impact model calculates the effect of the transportation system on the user, operator and the environment. We focused only on the impact on the user and the operator.

1) *Impact on the user:* The impact of the assignment on the passengers is analyzed using headway-based procedure since it is ideal for urban networks with short headways and for long-term conceptual planning. This procedure perfectly fits Adana’s transportation infrastructure. headway-based procedure generated 74258 passenger trips linked without connection.

The same result is obtained for both line route sets generated by DEBCA since the total number of stop points is the same for both route sets even if the itineraries of the routes are different in both sets.

2) *Impact on the operator*: The impact of the operator evaluates the existing public transportation network. The evaluation is performed by creating a cost model and then executing the public transport line blocking and operating indicators procedures. Line blocking procedure requires the creation of a block version and a block item. Blocking items are basically resource constraints. We included the vehicle journey, empty trips and layover time as block items. After executing the procedure, the block version resulted to: 1024 total vehicle requirement.

In cost model step, we create the vehicles ‘bus’, the costs of vehicle journeys, empty trips and layovers are specified for the vehicles. We assign the bus capacities and fares in accordance with the actual bus capacities currently used in Adana.

III. RESULTS

In this section, we will present our results obtained from PTV Visum for the route solutions sets presented in [2]. The theoretical results for these solution sets are given in the paper and we show them in Table II. DEBCA algorithm was configured to optimize the average travel time (ATT) and cost (in terms of minutes), respectively and generated two solutions sets. Travel demand was the only deriving force for the algorithm. The solution sets presented in this table are not generated under any constraints set by the operator. The scientific research experiments often do not consider circular routes and two-way traffic to simplify the model.

TABLE XXVIIIXXIX
SOURCE: KILIÇ & GÖK, 2015

Transfer	Current Adana routes	Solution set1	Solution set2
0	76.54	59.02	31.58
1	20.05	35.33	42.70
2	3.28	5.26	20.03
Un	0.13	0.39	5.69
ATT	32.56	32.54	42.06
Cost	2983	3238	1659

PTV Visum generates various result type based on public transportation attributes ‘indicators’ per territory in a horizontal or periodical manner. Lines (routes) are selected as indicators, since we want to evaluate the quality of the DEBCA solutions sets. The evaluation uses the cost model, the network model, the assignment and line blocking procedure results. The setup of these models is discussed in detail in the previous section. The results of DEBCA solution set evaluation are given in Table III. This table presents service kilometers per year and per day for each territory.

TABLE XXXXXXXXXXXXXII
SERVICE KILOMETERS PER YEAR AND PER DAY FOR EACH TERRITORY.

Territory Name	DEBCA Solution Set1		DEBCA Solution Set2	
	Service Km per Year	Service Km per Day	Service Km per Year	Service Km per Day
NW	113618.61	311.28	63183.40	173.10
SW	74513.98	204.15	58665.06	160.73
NE	23595.85	64.65	27853.83	76.31
SE	51275.01	140.48	55140.69	151.07
Total Per Set	263003.46	720.56	204842.99	561.21

According to Table III solution set 1 costs 28% more service km. per year and 22% more service km per day than solution set 2. The difference is mostly due to the lines generated in the NW and SW territories. These results suggest the operators to optimize the lines on these regions, if DEBCA solution set 1 is preferred, since there exists room for improvement.

TABLE XXXIII
USAGE OF ROUTES IN TERRITORIES.

Territory Name	NW	SW	NE	SE
Zones	1,2,8,13,14,16,17,18,19,20,21,22,23	3,4,5,6,7,9,10,11,12	15,28,29,30	24,25,26,27
Total Nodes per Territory	56	61	17	41
Number of Demands per Territory	83576	57919	22259	30789
The total appearances of territory's nodes Route Set1	329	274	72	127
The total appearances of territory's nodes Route Set2	254	245	67	172

Table IV presents a detailed picture of the usage of the routes in each territory. In this table, the first row gives the zone ids, the second row lists the nodes, the third row shows the population, the fourth and the fifth rows show the number of appearances of the nodes in routes for each solution set. The last rows are especially important to see the coverage rate of each route set. Except the SE territory in all territories route set 1 used the nodes more than the route set 2. This give more trip options to the passengers increase the utilization of the lines and can cause better allocation of the resources.

The difference between solution sets in NW territory is very high (44.4%), this territory contains the rich suburban areas with the largest shopping Malls and has a better infrastructure that support public transportation. In a similar pattern SW territory have a direct border with NW territory and the specifications mentioned above are true for this territory, as well. In addition to that this territory contains most of the city hospitals. NE territory contains significant amount of Education trips, Work trips and Health care trips since University & Medical Faculty Hospital are located in this territory. SE territory is in the periphery and contains Industrial facilities as a result he percentage of Work trips are high.

IV. CONCLUSIONS

In this work, we evaluate the solutions generated on a simple problem model using a professional transportation design software. PTV Visum software is set up to implement a real life public transportation scenario for Adana city network. The commercial software has the advantage of implementing a more realistic transportation network. However, they are very constrained and operator oriented, parameters that interest passengers such as average travel time are not used to optimize the solution sets. The tool generates the routes based on zones, which is a coarse perspective. The determination of the zones are manually done, the efficiency of such decision cannot be

verified especially on large city networks. On the other hand, theoretical algorithms construct routes based on stops; passengers are expected to travel from any point to any point with transfers. Another problem of the software is that there is no way to tell the efficiency of their results, since the algorithms used by them are unknown. Our evaluation results show that the solutions generated on simple models using the theoretical algorithms can guide the setup process and make the commercial software more efficient. Here, scientific algorithms can be used to analyse the network in a fine way. The picture obtained can be used to determine the zones and other peculiarities of the tool. The commercial software is very good at providing a wide perspective to the pre-calculated solutions. So, that worth of multiple scenarios can be better evaluated by using them. For example, it was known that the solution set 1 has more operation cost than the solution set 2, but evaluation of these sets show that solution set 1 has a better coverage of the zones. Thus, solution set 1 provides more flexible travel options to the passengers which may increase the usability and profits. We conclude that a strategy that exploits the benefits of theoretical studies and commercial software can increase the efficiency of transportation network design.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank Adana city municipality for providing us the data from the transportation database & PTV Group for supporting us with PTV VISUM's extended licence.

REFERENCES

- [1] M. Baaj, H. Mahmassani, Hybrid route generation heuristic algorithm for the design of transit networks, *Transportation Research Part C* 3 (1995) 31–50.
- [2] Kiliç, F., Gök, M., 2015. A Benchmark Proposal for Route-Planning of Urban Bus Service. 4th Eastern European Regional Conference on the Engineering of Computer Based Systems, At Brno, Czech Republic.
- [3] Héctor Cancela, Antonio Mauttone, María E. Urquhart, Mathematical programming formulations for transit network design (2015), *Transportation Research Part B*.
- [4] C. L. Mumford, New heuristic and evolutionary operators for the Multi-objective urban transit routing problem, *Evolutionary Computation (CEC)*, 2013 IEEE Congress on, 2013, pp. 939 – 946.
- [5] P. Sawicki, M. Kiciński, S. Fierek, Selection of the most adequate trip-modelling tool for integrated transport planning system, *Archives of Transport* 37(1) (2016) 55–66.
- [6] M. Jacyna, M. Wasiak, K. Lewczuk, M. Kłodawski, Simulation model of transport system of Poland as a tool for developing sustainable transport, *Archives of Transport* 31(3) (2014) 23–35.
- [7] M Jacyna, M Wasiak, M Kłodawski, P Gołębiowski, Modelling of Bicycle Traffic in the Cities Using VISUM, *Procedia Engineering*, (2017) DOI: 10.1016.
- [8] PTV Vision, Visum 14 Basic, PTV AG, Karlsruhe, Germany.
- [9] Jachimowski R., Kłodawski M., Lewczuk K., Szczepański E., Wasiak M. Implementation of the model of proecological transport system, *Journal of Kones, Powertrain and Transport*, Vol. 20, No. 4, European Science Society of Powertrain and Transport Publication, Warsaw 2013.
- [10] ALTINTASI, O., TUYDES-YAMAN, H. (2014) Determination of Origin Destination Matrix of METU Campus Travelers Using RFID Data, 11th international Congress on Advances in Civil Engineering.

Real-time automation system for classifying fruits with image processing

Ismail Burak Akinci¹, Caner Ozcan¹

¹Karabuk University, Engineering Faculty, Department of Computer Engineering, 78050, Karabuk, TURKEY
akinciburak@hotmail.com.tr, canerozcan@karabuk.edu.tr

Abstract— Image processing system, which is inspired by the vision of individuals, is now used in many sciences. Image processing which involves transferring and processing images to a computer using different methods and tools has resulted in the acquisition of a new image or interpretation of the current image. Image processing systems in the industry have also contributed to increased production requirements. At this point, the areas where image processing systems are used have been utilized with minimum cost and maximum efficiency principle. In this study, an automation system has been realized which classifies the fruits in the video images according to their dimensions in real-time with the EmguCV graphic library which is used as a method in image processing models. The filter models that form the basis of the EmguCV library are illustrated in this study. Mathematical solutions of the image processing are given separately for image smoothing and edge detection. Obtained results can be displayed in the application using OpenGL from net Framework classes. The application is built on Visual Studio 2012, OpenGL 3.0 and Windows 7 platforms.

Keywords— Classification, Fruit Classification, EmguCV, Image Processing, OpenGL, Real-Time System

I. INTRODUCTION

In real-time object classification systems, objects must be classified as soon as possible in order to provide production and consumption balance. There are situations where today's systems do not meet user needs. For example; it is not possible to classify different types of circular products such as tomato, apple and peach with a single automation system. Therefore, there are occasional hurdles in the provision of production-consumption balance. Today, speed and efficiency are among the most important elements in object detection. Fruit classification is used to classify fruits in electronic environment using their width, length, weight and area properties. The fruit classification systems are working with the principle of classification process in accordance with the values obtained after making the calculations together with the parameters taken from the fruits and the methods to be applied.

As technological and system-based production is increasing day by day, fruit classification systems have become an important area due to the increasing demand rate. Image processing methods are one of the techniques used today in various fields. These methods, which are used in almost every field, are utilized in the development of new methods by integrating them into various fields. Image processing is used for the inspection of industrial products [1]. Another research on the classification process of products by image processing was studied [2]. Image processing methods were applied

according to the sizes of potato products and artificial neural network classification process was performed [3]. In another study, image processing techniques were used to classify the apricots in terms of both size and quality. [4].

Image is an integrated statement of light, shade, and environmental factors. Various filters and light sources are needed to separate the layers of the integrated image accurately and without loss. At this point, the use of infrared and short wavelength beams such as UV, NIR, IR have recommended [5]. In the other study, the use of rays in object classification systems is also supported [6]. For circular object images, it is suggested to take camera images at different angles for surfaces not visible at the camera angle [7].

The real-time fruit classification system performs classification by applying various filter and algorithm operations with the acquisition of the image [8]. A method based on colour information is proposed to detect defects on apples. In another study, it was aimed to determine the dimensional characteristics of the wheat products which contributed significantly to the economy of the country [9]. Wheat, corn and barley were classified by Matlab program using various image processing methods [10]. Pulses of various types and sizes are obtained by means of a digital camera and analyzed by Matlab.

In automatic face recognition system, digital images are examined and classified in real-time [11]. It is aimed to develop methods for the counting process by determining the peach fruits from the development map of the fruit of the peach and the images obtained from the natural environment during the early development period of the fruit and to provide the most effective method for the counting process [12]. A real-time image processing and identification system has been developed for use in robotic systems [13].

II. METHOD

Real-time fruit classification automation was created by using EmguCV and OpenCV libraries. System is coded in the Visual Studio 2012 with the C# programming language. The fruit classification system performs the classification process by examining fruit images and controlling independent pixels in real-time. Automation realizes the processing of the images taken by the camera using filters and algorithms. The sizes of the fruits were determined by TS 100-2007 of TSE standard and the classification intervals of automation were determined by a chart. Fig. 1 shows the flowchart of the real-time fruit classification automation system. The system was started with the acquisition of fruit images with digital camera. Then,

images were processed with image processing methods and classification process was started.

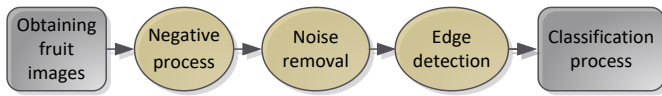


Fig. 1. The flowchart of the classification process

In the automation of classification of real-time fruit, firstly images are taken via digital camera. Then the length value formed by the distance between the moving band and the position of the camera where the fruit is located is calculated by the algorithm. With the determination of the distance value, the obtained value is included in the dimension calculation of the automation, and successful results are obtained with classification. The flowchart of the size determination process is shown in Fig. 2.

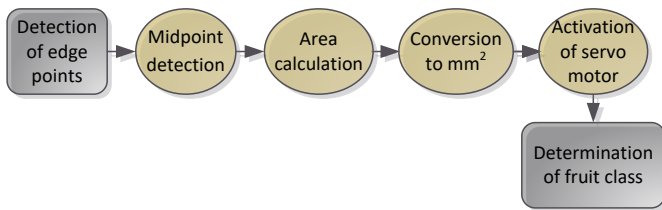


Fig. 2. The flowchart of the size determination process

Table 1 shows the size data used for the classification of apples at retail and TS 100-2007. Real-time fruit classification automation has been classified by these size classes.

TABLE XXXIV
TS 100-2007 APPLE CLASSES

Apple Sizes	Classes
45-55 mm in diameter	Very small apple
55-65 mm in diameter	Small apple
65-75 mm in diameter	Medium size
75-85 mm in diameter	Large size
over 85 mm	Very large size

According to the coordinate plane of the fruit image, the edge points are defined as the uppermost pixels $N1_x$ and $N1_y$, the lowest point $M1_x$ and $M1_y$, and the left and right pixels $N2_x$, $N2_y$ and $M2_x$, $M2_y$, respectively as shown in Fig. 3.

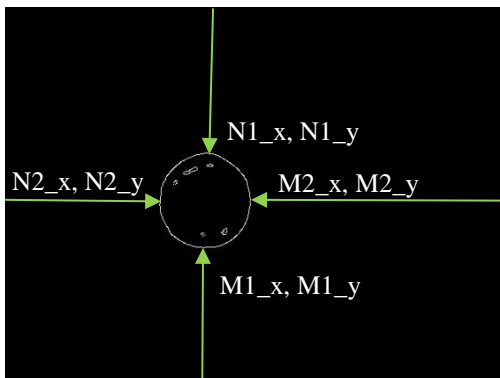


Fig. 3. Pixel detection process for size calculation

A. Edge Detection

The converting process of the linear form of the image that merges with the pixels into a linear form is called edge extraction. Converting image to geometrical form is called vector form. The vector form also contains information on the coordinate plane of the images. First, in order to extract the drawing images from the composite image, it is necessary to determine the geometrical expressions and their position in the coordinate plane.

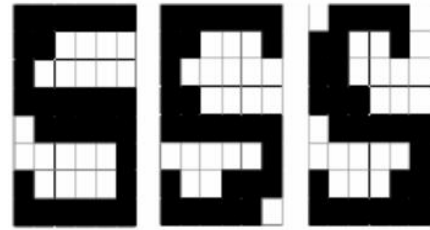


Fig. 4. Example of image edge detection

In Fig. 4, Laplace and Sobel, which are methods of image edge detection, are applied. However, it has been seen that there is too much feature loss when the image is transformed into vector form. In addition to these methods, the Canny edge detector, which is superior to these methods and is used to extract geometric or circular objects from the combined image, is used. The use of Canny in the retrieval of such objects is also suggested in the literature [14]. In Fig. 5, the Canny's method is used for real-time fruit classification automation and the result is shown.

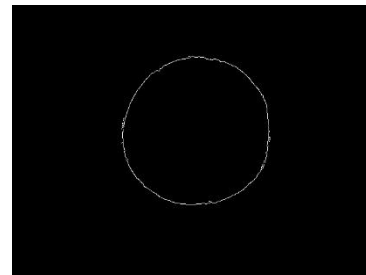


Fig. 5. Canny edge detector application

B. Image Thresholding

Image thresholding is applied to decompose the layers in the composite image. The purpose of the thresholding is to remove from the noise of the combined image and given by the following formula:

$$g = \begin{cases} 1 & ; \text{ eğer } f(x,y) > T \\ 0 & ; \text{ eğer } f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (1)$$

where $f(x,y)$ is the gray level at (x,y) . According to the formula, the pixel with the value 1 expresses the object, while the pixel with the value 0 means the other points. After the thresholding, the amount of noise in the image is the lowest. In addition, image smoothing is performed to remove noise at the lowest level.

C. Image Smoothing

Image smoothing is applied to decrease noise and independent points on the image. Smoothing with average value is the most commonly used method. In this method, a matrix of $k \times k$ and its corresponding $1/k^2$ value mask is applied. If k is 3 mask is given by

$$G = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

The image objects in the masking area are arranged in a hierarchical structure. Then the value at the midpoint is determined and the deletion of points outside this value is performed. This technique was proposed by Johnsonbaugh for the cleaning of independent points [15].

D. Histogram Calculation

The histogram is the frequency ratio of the data set elements on the real image. The data are reviewed on the image and their distributions are examined. A histogram is a plot that shows frequency distribution of a set of continuous data. It is regarded as 4 channels for RGB coded image types. The first three channels consist of Red (R), Green (G) and Blue (B) values, while the fourth section is the alpha value. In this point, the color images are expressed as four channels, while the grayscale images are expressed as one channel.

E. Experimental Mechanism

The design created in the light of today's applied systems and techniques is shown in Fig. 6. The design is thought to be integrated on a moving floor so that it can meet the needs in real-time. The camera and light system used are designed with the user in mind that they can be positioned as desired. It has been determined that the lighting system is one of the most important points of design in the experiments conducted.

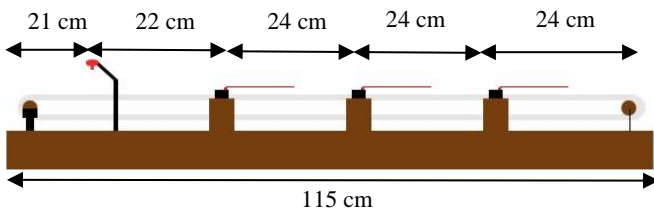


Fig. 6. Fruit classification automation design model

The fruit is included in the prototype for the camera to be able to view it as seen in Fig. 7. At this point, even if the fruit is placed at various angles, the system performs successfully.

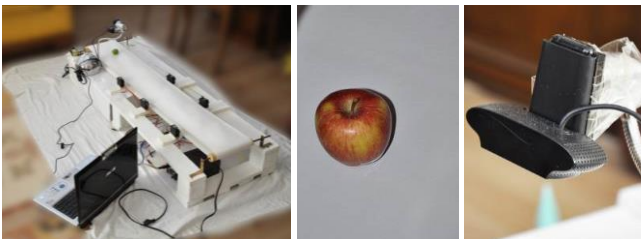


Fig. 7. Fruit classification automation prototype

In order to reach high speed in image processing automation (maximum 30 rpm), dc motor was used as shown in Fig. 8. In the system, the color tones and sizes of different types of agricultural products were measured. Dimensions were evaluated before classification and decomposition of the class to which the products belong was provided.



Fig. 8. Product band power supply assembly.

Product classification has been performed in real-time. In the classification process, a 24 cm length is provided for each servo motor gap. During the classification, image of the product was taken in real-time. Cameras in image processing systems should be capable of easily detecting objects and dimensions. The number of cycle is set at 30 rpm and the feed per thread is set at 2.5 μ m. And finally, the length of the fruit separator is set at 15 cm.

III. EXPERIMENTAL RESULTS AND ANALYSIS

The classification process was performed on a total of 86 apples, 5 tomatoes and 9 peach images. The findings of the classification process are shown in Table 2. Numerical results obtained as a result of applied algorithms are examined. As a result of the classification process with 100 fruits, the classification process of a fruit was less than seven seconds. The retrieval of the fruit images was completed in 11 minutes. While the separation of the images of the fruit from the noise was achieved with 100% success, 95% success was achieved in the classification process. It is considered that the main cause of the problems encountered in the classification process is the positioning of the fruits. During the operation of the automation, it is possible to position the fruits positioned on the product band with a mechanical locating device. Thus, it is predicted that the error rate in the obtained results will be further reduced.

The goal of this study is to get accurate and effective images of the fruits and to make a complete classification process. It has been emphasized that even if the image acquisition process is 100% accurate, the desired target can not be achieved if the classification process is not performed correctly. The automation system separates the fruit into three different sizes, large, medium and small. By analyzing the results of this classification, the user is able to determine which fruit is classified as error in the classification process. When Table 2 is examined for a total of 100 samples, 52 are classified as medium, 20 are large and 28 are small. It can be stated that the method has obtained very close results to real measurements. In addition, the automation system has achieved successful results in different kinds of fruits.

TABLE 2
FRUIT CLASSIFICATION FINDINGS

Subject No	Size	Class	Subject No	Size	Class
1	53,2	Mid	51	77,3	Big
2	61,5	Mid	52	52,4	Mid
3	45,8	Mid	53	41,9	Small
4	51,0	Mid	54	38,3	Small
5	67,9	Big	55	54,3	Mid
6	51,8	Mid	56	51,9	Mid
7	48,3	Mid	57	74,7	Big
8	60,5	Mid	58	46,8	Mid
9	41,8	Small	59	42,4	Small
10	55,3	Mid	60	65,2	Big
11	52,9	Mid	61	48,2	Mid
12	75,7	Big	62	41,1	Small
13	47,8	Mid	63	52,4	Mid
14	43,4	Small	64	42,3	Small
15	66,2	Big	65	44,9	Small
16	49,2	Mid	66	51,1	Mid
17	48,1	Mid	67	43,3	Small
18	48,4	Mid	68	68,5	Big
19	80,4	Big	69	52,3	Mid
20	39,5	Small	70	74,9	Big
21	38,3	Small	71	50,1	Mid
22	31,5	Small	72	43,3	Small
23	56,7	Small	73	55,7	Mid
24	49,8	Mid	74	48,8	Mid
25	47,3	Mid	75	41,3	Small
26	46,7	Mid	76	44,7	Small
27	39,1	Small	77	35,1	Small
28	32,7	Small	78	39,7	Small
29	42,3	Small	79	47,3	Mid
30	44,7	Small	80	49,9	Mid
31	55,1	Mid	81	52,1	Mid
32	46,3	Mid	82	41,3	Small
33	76,5	Big	83	75,5	Big
34	43,1	Small	84	41,1	Small
35	60,2	Mid	85	63,2	Mid
36	68,5	Big	86	68,5	Big
37	52,8	Mid	87	51,8	Mid
38	58,0	Mid	88	58,0	Mid
39	74,1	Big	89	72,1	Big
40	58,3	Mid	90	65,9	Big
41	55,2	Mid	91	58,2	Mid
42	67,9	Big	92	47,1	Mid
43	48,1	Mid	93	38,1	Small
44	62,3	Mid	94	67,3	Big
45	30,2	Small	95	56,2	Mid
46	58,7	Mid	96	61,7	Mid
47	52,8	Mid	97	49,8	Mid
48	58,5	Mid	98	62,5	Mid
49	74,9	Big	99	45,9	Mid
50	38,3	Small	100	65,5	Big

IV. CONCLUSIONS

In this study, images of fruits placed in real-time fruit classification automation were obtained with a digital camera under natural lighting conditions without being isolated from environmental factors. The resulting RGB format images were

first converted to a black and white form by negative subtraction and noise on the image was corrected by the smoothing process. Then, the edges of the image were detected by the canny method. In the conversion from RGB format to black form, the threshold value was obtained by subtracting from background of the moving fruit on the product band. The software developed using the C # programming language enables the classification system to be fully automated. The results of the obtained fruit images are shown in real-time via user automation.

As a result, image processing is a very useful method in various engineering fields and it is used in classification and examination of agricultural products in this study. Classification of the fruits has been successfully provided in real-time. It is foreseen that similar automations can be designed and used as an alternative to high cost systems.

REFERENCES

- [1] L. Civecik, Yılmaz, B. Özbay and G. D. Emlik, *Detection of microcalci cation in digitized mammograms with multistable cellular neural networks using a new image enhancement method: automated lesion intensity enhancer (ALIE)*, Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 23 (3): 53-872, 2015.
- [2] E. Bul, G. Gelen, and H. Altun, "Görüntü işlemeye dayalı tarımsal ürün sınıflandırma", http://www.emo.org.tr/ekler/3287fccc194dbd9_ek.pdf, 2017.
- [3] K. Sabancı, C. Aydın ve M. F. Ünlerşen, *Görüntü işleme ve yapay sinir ağları yardımıyla patates sınıflandırma, parametrelerinin belirlenmesi*, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2 (2): Ek: A Sayfa: 59-62, 2012.
- [4] M. Karhan, M. O. Oktay, Z. Karhan ve H. Demir, *Morfolojik görüntü işleme yöntemleri ile kayısılarda yaprak delen (çil) hastalığı sonucu oluşan lekelerin tespiti*, 6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Türkiye, 172-176, 2011.
- [5] C. Yud-Ren, C. Kuanglin and S. K. Moon, *Machine vision technology for agricultural applications*, Computers and Electronics in Agriculture, 36: 173-191, 2002.
- [6] P. Chen, M. J. McCarthy and R. Kauten, *NMR for internal quality evaluation of fruits and vegetables*, Trans. ASAE, 32: 1747-1753, 1989.
- [7] B. Bennedsen, D. Peterson and A. Tabb, *Identifying defects in images of rotating apples*, Computers and Electronics in Agriculture, 48: 92-102, 2005.
- [8] V. Leemans, H. Magein and M. Destain, *Defects segmentation on 'Golden Delicious' apples by using colour machine vision*, Computers and Electronics in Agriculture, 20: 117-130, 1998.
- [9] D. Y. Algaç, *Buğday tanelerinin bazı fiziksel özelliklerinin görüntü işleme tekniğiyle belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006.
- [10] A. S. Masoumi, *Görüntü işleme tekniği ile ekmeklik buğday çeşidinde kaliteye esas bazı özelliklerin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2013.
- [11] G. S. Shokouh, *Gerçek zamanlı sayısal görüntü işleme ve görüntü tanıma tekniklerinin araştırılması ve uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.
- [12] F. Kurtulmuş, *Olgunlaşmamış şeftali meyvesini doğal bahçe koşullarında alınmış görüntülerde görüntü işleme teknikleri ve yapay sınıflandırıcılarla saptayarak sayan algoritmaların geliştirilmesi*, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa., 2012.
- [13] M. Taşçı, *FPGA kontrollü robotik göz*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 2011.
- [14] B. Koçer, *Türev tabanlı kenar çıkarma ile tam otomatik vektörizasyon*, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21: 3-4, 2006.
- [15] E. Johnsonbaugh, R. Jost, S. Gose, "Pattern recognition and image analysis", Phi Learning Private Limited, 2009.

Step by step towards Industry 4.0

Nurcan Şimşek*, Meryem Nur Morgül Tumbaz⁺,

Sakarya University

Esentepe Campus 54187 Serdivan / Sakarya / TURKEY

*Business Department, Business School

nsimsek@sakarya.edu.tr

⁺Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

meryemtumbaz@sakarya.edu.tr

Abstract— Industry 4.0 is one of the recent terms in debates on sustainable development. This industrial revolution first emerged in Germany in 2011. Although its application is limited and insufficient, there is a huge effort to explain the significance of Industry 4.0 for sustainability. Principles of Industry 4.0 such as cyber security, autonomous robots and cloud computing will inevitably be one of goals of the near future for every country and every business. Being prepared for Industry 4.0 is also important for Turkey to achieve competitiveness. Turkey's policies and objectives for economic, social and cultural issues are organized by five-year development plans since 1963. Among the targets included in the plans, there is always a heading covering science, technology and research. This study is a review how Turkey's strategy has evolved through years and to what extent the country's goals in discussed areas overlap with implementations have been done so far.

Keywords—Industry 4.0, development plan, strategy, policy implementation

I. INTRODUCTION

Developments in the field of technology and economy have always moved the industry forward. Today the world is discussing cutting-edge developments that cannot be imagined before. These innovations did not occur suddenly, but these have been as a result of a long process. However, the speed and the impact of recent developments make them unique [1]. This study starts with a brief summary of industrial revolutions and then examines Turkey's development plans, which regulates policies of the country, in the context of Industry 4.0

II. HISTORY OF INDUSTRIAL REVOLUTIONS

There are three important turning points for humanity that transformed the society. During socio-economic developments, first agricultural revolution occurred, it triggered the industrial revolution and lastly information society was born. In this section, firstly agricultural society is mentioned. Then industrialization process is summarized from the invention of the steam engine to the latest version covering the developments with the use of electricity in the production and improvements by the information technologies. The fourth industrial revolution, which is the focus of this study, is examined in the last part of this section.

A. Pre-Industry

Agricultural revolution resulted in settling into a permanent location and working with the land for the society. This

revolution can be defined the first milestone for the humanity. In this term, people used humans and animals as a power, wind, sun and water as energy resources. Production equipment also were shaped according to the sources. In agrarian society, every business was concentrated between human and the nature. The land was on the base of all economic activities and cultural events [2].

Some scientific discoveries and technological inventions in the 16th century eased the maritime. These developments brought overseas trade to the self-sufficient agricultural society [2]. That was the sign of the beginning of the second phase of the history of mankind, industrial revolution was on the corner [3].

B. Pre- Industry 4.0

The Industrial Revolution has emerged as a result of the knowledge based on raw materials and new inventions. The processing of coal and iron mines, the discovery of steam-powered machines, and the use of weaving looms were the first industrial developments in 1784 [2], [4], [5]. Instead the human beings and animals, machines became the new labour of the industry. In agricultural societies, human beings and animals were used for their physical power, while the Industrial Revolution replaced this power with machines [2], [4].

In the second period the industrialization started with the mass production and the separation of labour. Production lines and work stations were established during this period [5]. Since the first and second World Wars showed the importance how having technology affected the outcome of the war, industrialized countries started to invest more in science and technology.

In the early 1970s electronics and information technologies were new drivers of industrial developments. As a result, manufacturing started to become partially automated [6]. Societies that had completed the industrial transformation converted gradually into an information society. Neither the land nor the machines, now the knowledge was the main actor [2], [4]. Information revolution, after the agricultural and industrial revolution, was the most recent stage of the transformation of the history of mankind [3]. In this type of society, information has a strategic value, technology-driven improvements are accelerated and global competition is intensified. Computers are mostly used with individual-or mass communication tools with no borders. Economic activities are based on the information, lifelong learning is discussed in the

education. Producers and consumers are together in the modern service model. Information is the new centre, open to global use and the control of it is a subject of international discussions [2].

The industrial period started with the utilization of steam power in 1784, emerged as a transition from the use of electricity for mass production in 1900s. After 1960, information technologies appeared and technology evolved today's version. Now there is a new industrial era that has been achieved through the integration of virtual and real systems [5]. Developments in today's value creation is precursor of the fourth industrial revolution, in other words, Industry 4.0 [6]. Fig. 1 indicates the industrialization process briefly.

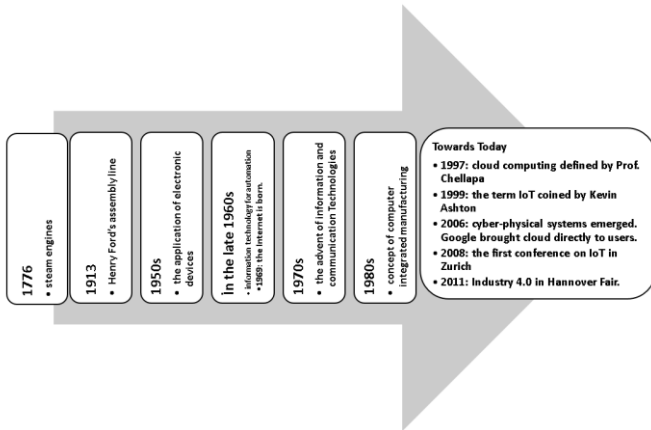


Fig. 12 The brief process of industrialization [7]- [11]

C. New Era: Industry 4.0

The term of Industry 4.0 was first introduced in the literature in 2011 in Germany. The concept of Industry 4.0 was shaped in the manifesto of The German National Academy of Sciences and Engineering (ACATECH) in 2013 [6]. When studies on Industry 4.0 are examined, there are many concepts and some of them are brand new. Cyber security, robotics, sensors, big data, cloud computing, cyber physical environments, automation, augmented reality, simulation, internet of things are highly used in Industry 4.0 studies. Using one or more of these tools in combination is the result of Industry 4.0. Industry 4.0 is not restricted to the manufacturing, the implementation of it enriches the finance, education, health and defence.

Since information and communication technologies are widely used, the Internet is definitely a must and it is the most important tool for Industry 4.0. A wide range of internet technologies such as Industrial Internet, Factories of the Future, Internet of Things, Physical Internet, Internet of Services and Cyber-Physical Systems have increased the efficiency and the flexibility in the production process, decreased the number of defected products. Not only operations are bettered, but also cyber-connected technologies improved the management of companies [12]. In order to meet customer needs and gain competitive advantage, automation and robotics technologies will be inevitable parts of factories [13]. These developments lead to the creation of intelligent products and services based on the internet, and in the end smart factories will be born. The characterization of smart factories can be grouped in three dimensions. These are [6]:

- (1) Horizontal integration during the whole value creation network,
- (2) Planning end-to-end engineering during the product life cycle, as well as
- (3) Vertical integration and network in between manufacturing systems.

The first dimension means establishing a network both in the company and between companies from supply to production. The second dimension is about the product life cycle which envisages the digitization of the product with the help of sensors. Lastly, smart factories are integrated with each other and connected to the plants from different sectors in a digital network [14].

Industry 4.0 can be seen as digital revolution in some references. This refers to the use of sensors in all product components and manufacturing equipment. The digital technologies are expected to transform almost all the manufacturing sector by 2025 [15].

Both digitalization and the need of being in a cyber-physical network require to understand the big data, the internet of things and the cloud computing. The digitalization will convert the low-cost labour in the production processes into value-added production. In this period production will become highly automated, thus the factories will seek for more qualified labour [14]. Although it will create new job opportunities, it could cause drastic changes. The integration of the current labour force with future developments is crucial. Otherwise, the unemployment rate will increase.

Alike most of scientific terms derived from Latin, now the common language for engineers will be the terms of Industry 4.0. At this stage everything and everyone are connected to a network and especially engineers should be able to speak the coding language. Cyber-physical systems are not the only issue of manufacturing, but a global agenda that should address a wide range of areas such as health, economy, education, and defence [15].

Although Industry 4.0 puts advanced technology machines into the centre as workforce, behind the machines qualified employees will take a role. They are expected to have proficiency in a group of diverse fields, especially in software. It is possible to say Industry Revolution had already replaced labour force with machines. However, Industry 4.0 forces machines to be more technological and comprehensive. From this aspect, Industry 4.0 can be regarded as the latest phase of Industrial Revolution. The modern production tools such as robots will have the main role in this period of industrialization. It would be wrong, if Industry 4.0 is treated as a mere technological phenomenon. It is a subject of economic and social developments. Since Industry 4.0 leads to consume the capital faster, there will be financial discussions too [16].

The main characteristics and main tools of Industry 4.0 are summarized above. Debates on the Industry 4.0 are still ongoing. The most common discussion on the subject is whether the Industry 4.0 is the latest phase of Industrial Revolution occurred in the 18th century, or it is a disparate revolution [13].

Industry 4.0 is a sign of transformation as happened in the transition to information society. Industry 4.0 is a digital revolution built on the 3rd industrial revolution. It is defined as state-of-the-art technology that is a combination of physical, digital and biological fields. Whether it is a serial of the Industrial revolution in the history or it is a new revolution itself, there is an obvious fact. The speed, the target and the impact of today's developments have never been such significant. What is happening today is unique [1]. Therefore, if there is a drastic change, societies should be more innovative and entrepreneurial [15].

The greatest economic advantage of Industry 4.0 is based on production optimization [17]. Industry 4.0 is about the whole process from customer needs to product design, from supply to manufacturing, from production to the market. Human, machines and information technologies are networked and cyber experts are authorized to make decision. Individual preferences of customers are reflected on the production process and the process is always perfect [18]. This is the main target of Industry 4.0.

In addition to productivity, Industry 4.0 aims to increase global competitiveness [17]. In any business in any country changes will occur uniquely [1]. The priority of Industry 4.0 facilities for each country or each economy varies a lot. For example, while Germany focuses on the integration of information, communications and manufacturing technologies in smart factories, The USA and China discuss intelligent products and internet platforms and new business models based on both [17].

As is seen there is no recipe for Industry 4.0. Implementation and the impacts of it are diversified from country to country, from business to business. During the evolution of industrial standards, each player will be prepared for its own transition. Whole production process will be evolved and will become more industrywide. Companies will have international partners in any fields that their benefits overlap. Turkey should know its position in this value chain and to plan a roadmap for Industry 4.0 [19]. In order to understand the industrial transformation of Turkey, Development Plans of the country are examined. It has been researched to what extent the above-mentioned industrial transformations have been included in the Development Plans, which have been adapted first in 1963 and the 10th Development Plan is in effect today.

III. DEVELOPMENT PLANS

The 1961 Constitution envisages economic, social and cultural developments within a plan. It was decided to State Personnel Presidency (SPP) which was established by the law number 91, prepare the documents for five years that called as the long-term plan [20]. The first development plan prepared in 1963. Turkey is now in its 10th Five Year Development Plan period. The tenth plan period will end in 2018. All Development Plans for Turkey can be accessible at the official website of the Ministry of Development [21]. In this study the contents of the Development Plans are examined in general and Science, Technology and Research title and other titles with

similar words have been approached in the context of Industry 4.0 principles that discussed today.

In the First Development Plan which includes 1963-1967 years, it is seen that science and technology were not examined as a separate section. Technology, science and research words are screened throughout the plan. In the introduction, the development of techniques in science, the implementation and the sustainability of the projects were mentioned. In the research part, it was aimed to educate scientists and increase the number of scientific researchers. In almost every subject as agriculture, health, education, transportation, energy, it was emphasized that technology should be developed.

There is Science and Research title **in the Second Plan** which covers 1968-1972 years. Under this title, it was emphasized science and technology are not only important for economic development but also fundamental for the research. To create a training plan was necessary to provide technological improvements. The principles of the Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK), which was established on the purpose of d, supporting and organizing basic and applied researches in science, were mentioned in detail. In order to follow up the technological developments, it was predicted to allocate development funds within the budget of the State Planning Organization.

In the Third Development Plan which covers 1973-1977 years, there are two titles that include words related this study. These titles are Technological Development and Human Power and Scientific Research and Development. Technological Development and Human Power subsection emphasized that employment, labour productivity and structure are the most sensitive variables to technological developments. Lack of human source for technological development was mentioned. The term of technology transfer was used for the first time in this plan.

It was decided that technology transfer implemented by different institutions would be held under the Ministry of Industry and Technology. Again for the first time, this plan focused on industrial patents and aimed to protect and regulate patent rights.

In the title of Scientific Research and Development, the emphasis was on documentation and on this purpose in 1967 The State Documentation Centre was established. Education of qualified human resources abroad, which was mentioned in previous plans, was supported. Computers that had become widespread in the last year of the plan period were included in the name of "electronic data processing machines".

The Fourth Development Plan covers 1979-1983 period. Our issue terms are used in three titles in Science and Technology chapter. At Research and Development (R&D) title, said that research and developments expenditures were quite small, ratio of GDP was low, there was uncertainty in the national science - technology policy, which was the basis for indigenous technology production. In 1977, it could be seen that the share allocated to the public institutions in the R&D expenditures was more than the share of the universities. But the necessity of improving the share of the universities was discussed. It concluded that TUBITAK could not provide the

relation between science-technology and development plans as expected from itself. However, it was emphasized that Turkey Documentation Office, which was founded within TUBITAK, achieved important developments. The necessity of increasing the effectiveness of R&D policies emphasized too.

In technology title it was stated that technology transfer was happening within patents, licenses, know - how agreements, foreign capital investments, machinery and equipment, technical cooperation programs and other information flow. And also, transfer was still below the desired level. Although technology transfers had been collected in one hand, the Ministry of Industry and Technology in previous plan, this could not be achieved effectively. Lastly, international cooperation and technical assistance part is about improving the level of International cooperation and technical assistance.

The Fifth Development Plan cover 1985-1989 years. Our study issues are given in fifteenth chapter with three title. These are Science- Research- Technology, Information Processing and International Cooperation and Technical Assistance.

Science- Research- Technology title is about identifying of priority sectors and supporting private sector investments in technology. This plan also stated that R&D and technological developments were as a sign of economic and social progress. TUBITAK and Council of Higher Education (YOK) collaboration was mentioned. Supporting universities in the field that they are specialized and managing the required feasibility and infrastructural works for R&D centres discussed. Quality Control term was appeared for the first time. Quality control techniques to improve efficiency were in focus. Standardization and auditing the standards to achieve modern technology were also mentioned in the plan. Information processing section was about making computers common country wide and improving computer technologies. International Cooperation and Technical Assistance part reemphasized the objectives given in the 4th Plan.

The Sixth Development Plan that covers the 1990-1994 period has a chapter titled Science, Research & Development and Technology. Science-technology, Information Technology and International Collaboration sections are given in this part.

In the Science-Technology subsection transition to the information society with the help of mass media tools is mentioned for the first time. The target for R&D was restated. In order to support competitiveness, the importance of technology production and technology transfer was emphasized. Supreme Council for Science and Technology was expected to be more active. It was decided to promote university-industry collaboration, the establishment of technopolis and giving incentives for technoparks. Protection of patent rights by an institute was agreed.

Information technology subsection focused on the software development. The necessity for the education of software experts and legal regulation for software subjects was emphasized. The number of computer-literate was aimed to be increased in management staff. It was also stated to follow CE standards in the use of information technologies. Moreover, this plan was objected to have a common use of information and optimum use of networked computers, which reminders of

cloud computing as one of Industry 4.0 tools. In the last subsection, providing incentive for technology transfer projects and high assignment of Turkish staff in international projects were envisaged.

The Seventh Development Plan that covers the 1996-2000 period. There is Agriculture, Industrialization and Integration with the World chapter which has a separate title called Science and Technology Breakthrough Project.

Current education system was evaluated difficult to integrate with developing technology. The share of R&D operation and the number of researchers were still below target. A set of terms seen for the first time in this Plan. Biotechnology, aviation, nuclear energy and informatics were mentioned as advanced technology fields. These fields were to be supported for the target development. Moreover, biomedical materials, flexible manufacturing and automation technologies were emphasized for the first time.

In addition to the earlier Plans which included supporting scientific research at universities, the 7th Plan also gave the statistics of scientific articles at Turkish universities. The need for international internet infrastructure was repeated once again. Disseminating high tech industry tools especially robotics technology was emphasized here.

Software development and the regulation in the software was on focus. Introduction of the Patent Law and copyright protection were targeted about the software. A metrology institute was essential for accreditation and standardization issues. Furthermore, to promote academic initiative at technopolis, some amendments were made to Law no: 2547.

The Eighth Development Plan was in effect between 2001 and 2005. There were two separate sections titled Development Science and Technology Skills and Information and Communication Technologies.

In the first subsection, it was evaluated that R&D resources and R&D personnel were insufficient. The Action Plan for Information Society, which had already discussed in the Sixth Plan, were aimed to be prepared. The target of university and industry collaboration and increasing the number of technopolis were repeated. National Metrology Institute and Supreme Council of Biotechnology were decided to be established.

Information and Communication Technologies subsection discussed the computer ownership rate and the number of internet users. The Telecommunication Law was mentioned. In order to support electronic commerce, regulations and infrastructural improvements were required. The strategic plan for information security and the software were decided. Broaden telecom services and penetration the private internet providers into the market were targeted. Digital Video Broadcasting were defined for the first time in this Plan.

The Ninth Development Plan has an exception and covers the period of 2007-2013 for seven years. After the 8th Five Year Development Plan completed at the end of 2005, the new Plan was submitted to the Turkish Grand National Assembly with a one year postponement on 28 April 2005, with the Law

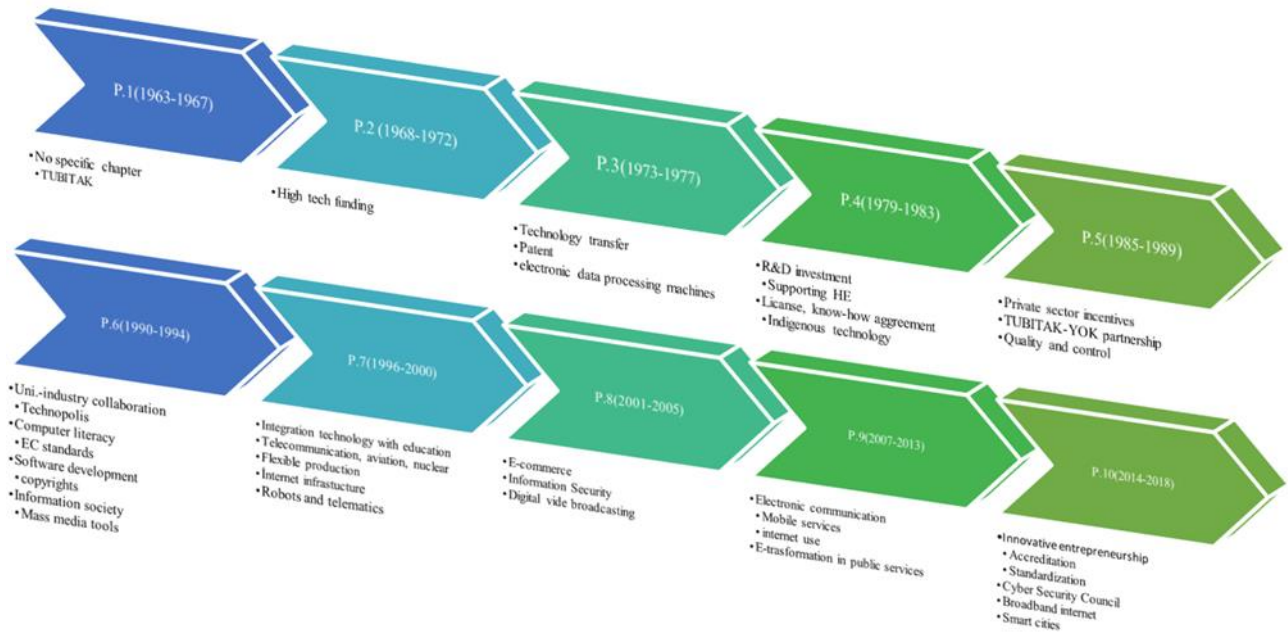


Fig. 13 The summary of Development Plans [21]

No: 5339. The target was to be compatible with the European Union fiscal calendar and the new Plan would be effective in 2007. There was a title of Dissemination of Information and Communication Technologies. Electronic communication services were on focus in this subsection. Communication infrastructures and mobile telecommunication services were concerned. Dissemination of the internet use in the society was aimed. Improvement on satellite technologies was envisaged. Electronic transformation in public services was an objective and projects about the subject would be considered.

In the Tenth Development Plan covering the years 2014-2018, Innovative Production, Growth and Stabilization chapter has two section. First section is Science, Technology and Innovation and the other titled Information and Communication Technologies.

Under the title of Science, Technology and Innovation, current situation analysis was done first. R&D expenditures were found low and still below the EU average. Within the scope of university-industry collaboration the share of R&D expenditures in the high school has been increasing. Cooperation of higher education and private sector should be incentivized and an interface to put them work together should be designed. Innovative entrepreneurship has been stated for the first time and aimed to be supported. The accreditation and standardization issues and the transition to digital publishing had already been addressed in earlier Plans, however implementation of these targets was reemphasized.

Information and Communication Technologies section was about the increase in the broadband internet access services and e-commerce capacity. Cyber Security Council has been established. The need for software experts was reemphasized. The term of Smart Cities was discussed for the first time. Disseminating of e-transformation projects like FATİH was mentioned. Enrichment of Turkish content in the Internet especially mobile games development was targeted.

IV. DISCUSSION

Development Plans depict a roadmap for the progress of countries. Targets are determined to achieve sustainable development and to expand prosperity. According to the United Nations, sustainable development is defined as meeting the needs of the present without preventing future generations from meeting their own needs [22]. For this reason, following industrialization and being prepared for- at least aware of- the requirements of Industry 4.0 is crucial. This study focused on only the titles included science and technology or similar words. The milestones of Turkey's Development Plans can be seen in Fig. 2. The presented objectives are in parallel to the historical process of Industrial revolution. However, it is possible to say Turkey has a lot to reach the upcoming innovations.

After the examination of target in Development Plans, it can be concluded:

- Research activities have always been considered a must since the beginning of planning period. However, the number of researchers and the share spent on R&D operations mostly are found insufficient.
- Technological development have been associated with the employment and labour efficiency in Development Plans. Similarly, possible scenarios for the unemployment ratio and the need for qualified workforce are the main agenda of Industry 4.0 discussions.
- Computers were first mentioned in the 3rd Development Plan as "electronic data processing machines". Then the name were altered to computers in the next Plan. Computer integrated manufacturing technologies emerged in the period between 1973 and 1985 [7]. The period of the 3rd Plan (1973-1977) can be read as very early for Turkey to start planning computer use in its development plan. However, it should be noted that Turkey was importing computers and trying to increase

its use in the service sector. Integration computers with manufacturing technologies would take years after this Plan.

- In the 3rd Plan technology transfer and patent issues were also examined.
- Documentation has been taken serious in the 3rd Plan period. This can be considered the very basic version of having database. Industry 4.0 deals with the big data and the most challenging part is still understanding and analysing big data.
- Although quality control has been strategically important in 1970s around the world, it was issued in the 5th Plan period (1985-1989) [8]. The quality control term in previous plans was examined superficially. However, it does not change the fact that Turkey was late to put quality and control targets in its developing plans.
- The software had been issued first in the 5th Plan. However, it was emphasized in the 6th Plan period in detail. Since the coding will be the future's language, software development is crucial for Industry 4.0. Unfortunately, the need for qualified software experts has still been critical for today.
- The need for common use of information and optimum use of networked computers instead of having data in several places and multiple-storage of it has been stated in the Sixth Plan. This is a reminder of cloud computing as one of Industry 4.0 tools.
- Although the concept of information society was emerged ages ago, it was first appeared in the 6th Plan in Turkey. Mass media tool were thought to be helpful to create information society.
- Flexible manufacturing technologies are one of main requirements for Industry 4.0 and it was emphasized in the Seventh Plan (1996-2000). Disseminating robot technologies was also objected. Flexible manufacturing concept was created during mid-1960s. First implementations were made in the world almost 25 years before it was mentioned first in Turkey. Automation and flexible technologies were started to be examined just after World War II, Turkey seems to be a bit late for adapting advanced manufacturing technologies [8].
- In the 10th Plan, innovative entrepreneurship and smart cities terms were appeared. They are both essential for succeeding in Industry 4.0.
- Especially in 2016, pioneering work on the Industry 4.0 has been started by various institutions in Turkey. TUBITAK has prepared a draft named "New Industrial Revolution Intelligent Manufacturing Systems Technology Road Map"[23]. Turkish Industry and Business Association (TUSIAD) has also a special working group on Industry 4.0 [24]. In addition, Information communication and Technology (ICT) Summit was held in 2016 and the focus was Industry 4.0 [25]. Just like in many other countries, the Industry 4.0 Platform has also been established in Turkey [26]. This platform aims to achieve the digital transformation of the Turkish industry simultaneously with the whole world.

In addition, a wide range of activities such as symposiums, congresses and conferences on Industry 4.0 have been organized last year. Although Turkey has a lot to do to succeed in the desired transformation, the interest of various institutions, especially universities, are promising. Industry 4.0 should be taken as interdisciplinary issue, and not only researchers but also the government and the private sector should play their own role for sustainable development.

REFERENCES

- [1] K. Schwab. (2016) *Founder and Executive Chairman*, World Economic Forum. [Online]. Available: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- [2] Y. Ünal, "Bilgi Toplumunun Tarihiçesi," Tarih Okulu, vol. V, pp. 123-144, Autumn. 2009.
- [3] F. Kocacık, "Bilgi Toplumu ve Türkiye," C.Ü. Sosyal Bilimler Dergisi, vol. 27, pp. 1-10, May. 2003.
- [4] İ. Torun, "Endüstri Toplumu'nun Oluşmasında Etkili Olan İktisadi ve Sina-i Faktörler," C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, vol 1 (4), pp.181-196, 2003.
- [5] Ö. Topkaya "Dünyada Endüstriyel Robot Sektörü ve Çalışma Hayatına Etkileri," Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Vol. 5, pp. 1129-1143, 2016.
- [6] T. Stock and G. Seliger, "Opportunities of Sustainable Manufacturing In Industry 4.0.," In Procedia CIRP 40, 536 – 541, 2016.
- [7] E. Uhlmann, E. Hohwieler, C. Geisert, "Intelligent Production Systems In The Era Of Industrie 4.0 – Changing Mindsets And Business Models" Journal of Machine Engineering, Vol. 17, No. 2, 2017.
- [8] F. Tao, Y. Cheng, L. Zhang and A. Y. C. Nee, "Advanced manufacturing systems: socialization characteristics and trends", Journal of Intelligent Manufacturing, 28:1079–1094, 2017.
- [9] (2017) [Online] Available: <https://www.eci.com/cloudforum/cloud-computing-history.html>
- [10] (2017) [Online] Available: http://cyberphysicalsystems.org/Cyber-Physical_Systems.html
- [11] (2017) [Online] Available: <https://datafloq.com/read/where-does-the-internet-of-things-come-from/524>
- [12] S. Coşkun, E. Gençay, and Y. Kayıkcı, (2016) *Adapting Engineering Education to Industrie 4.0 Vision*. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/309193809>
- [13] McKinsey & Company, "Industry 4.0 How to navigate digitization of the manufacturing sector," McKinsey Digital, 2015.
- [14] S. Alçın, "Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0," Journal of Life Economics, vol 8, pp. 19-30, 2016.
- [15] S. Jeschke, "Engineering Education for Industry 4.0: Challenges, chances and Opportunities" World Engineering Education Forum, 2015.
- [16] S. Aksoy, "Değişen Teknolojiler ve Endüstri 4.0; Endüstri 4.0'ı Anlamaya Dair bir Giriş" , SAV, Vol.4, pp. 34-44, Nisan 2017.
- [17] H. Kagermann and ed., "Industrie 4.0 in a Global Context Strategies for Cooperating with International Partners" ,
- [18] TOBB, 2016 TOBB 73. Genel Kurul Ekonomik Raporu.
- [19] F. Yılmaz, "Üretim Süreçlerinde Devrim ve Endüstri 4.0," Dünya Gazetesi , 23/06/2016.
- [20] T. Karaer, "Kalkınma Planları ve İdari Reform," Amme İdaresi Dergisi, Vol. 2, pp. 43-65, 1991.
- [21] (2017) *The Ministry of Development website*. [Online]. Available: <http://www.kalkinma.gov.tr/Pages/KalkinmaPlanlari.aspx>
- [22] (2017) *General Assembly of the United Nations, President of the 65th Session website*. [Online]. Available: <http://www.un.org/en/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- [23] (2017) [Online] Available: <https://www.tubitak.gov.tr/en/haber/yeni-sanayi-devrimi-akilli-production-systems-technology-route-map>
- [24] (2017) [Online] Available: <http://tusiad.org/tr/Endustri-4-cg>
- [25] (2017) [Online] Available: <http://bilisimzirvesi.com.tr/tr/etkinlikler/etkinlik/bilisim-zirvesi-16>
- [26] (2017) [Online] Available: <http://www.endustri40.com/enu>

Kullanılabilirlik uzmanları için iyileştirilmiş web uygulaması değerlendirme sistemi

Fatih Tekmen*, Özgür Tanrıöver⁺

*TÜBİTAK BİLGEM YTE, Ankara
fatih.tekmen@tubitak.gov.tr

⁺Bilgisayar Mühendisliği, Ankara Üniversitesi
ozgur.tanriover@ankara.edu.tr

Özet— Kullanılabilirlik değerlendirmeleri, birçok farklı şekilde yapılabilmektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda nicel veya nitel veriler elde edilebilmektedir. Kullanılabilirlik açısından nicel veriler, gerçekten ne olduğunu gösteren verilerdir. Nitel veriler ise katılımcıların ne düşündüklerini ve söylediklerini ortaya koyar. Bu çalışmada, TÜBİTAK tarafından geliştirilen Kamu İnternet Siteleri Rehberi (KAMİS) ve Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği (System Usability Scale – SUS) anketi referans alınarak nitel verilerden istifade edilecektir. KAMİS Rehberi'nde yer alan ilkeler ile kullanılabilirlik uzmanları tarafından web uygulamaları / internet siteleri değerlendirilebilecek; SUS anketi ile de kullanıcıların internet sitesi hakkındaki düşünceleri ve değerlendirmeleri alınabilecektir. Böylece internet siteleri, Kullanılabilirlik Uzmanları ve Kullanıcılar gibi tamamen farklı iki bakış açısı ile değerlendirilebilecektir. İnternet sitelerinin kullanılabilirlik açısından değerlendirilmesi buradan elde edilen veriler ile çok daha sağlıklı bir şekilde yapılabilecektir.

Anahtar Kelimeler— kullanılabilirlik, kullanıcı deneyimi, kullanılabilirlik değerlendirmesi, kullanılabilirlik anketi, sistem kullanılabilirlik ölçeklendirme anketi

I. GİRİŞ

Bir internet sitesinin kurulum aşamasında gerçekleştirilebilen kullanılabilirlik çalışmaları ile mevcut bir internet sitesi üzerinde yapılabilecek kullanılabilirlik çalışmaları çok farklı olabilmektedir. Yeni tasarlanan bir internet sitesinde geliştirme süreçleri genel olarak; müşteri ve sektör araştırması, kullanıcı araştırması, bilgi mimarisi tasarımı, sayfa şablonlarının tasarımı, görsel tasarım, ölçümleme ve kullanılabilirlik testleri şeklinde olmaktadır. Mevcut internet siteleri üzerinde kullanılabilirlik çalışması yapılmak istendiğinde; sezgisellere ve kontrol listelerine göre uzman değerlendirmelerinin yapılması sık kullanılan yöntemlerdendir.

Bu çalışmada, kontrol listelerine göre uzman değerlendirmelerinin yapılabileceği yöntem için kolaylaştırıcı veya yardımcı bir unsur olarak nitelendirilebilecek yeni bir sistem tasarlanacaktır.

İnternet üzerinde uzman değerlendirmeleri için hazırlanmış birçok farklı kontrol listesine [4] erişim sağlanabilmektedir. Bununla birlikte yaygın olarak kullanılan kontrol listelerinin başında, ISO 9241-151 standardı [1] ile gelen ve Birleşik Devletler Sağlık ve İnsan Servisleri Departmanının oluşturmuş olduğu “Araştırma temelli Web Tasarım ve Kullanılabilirlik İlkeleri” [3] isimli rehber yer almaktadır.

Ayrıca standartlar içerisinde yer alan ilkelerin kapsamını sorgulayan [5] ve bu standartların yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar da [6] yürütülmüştür. Standartların oluşturulması aşamasında dünyanın farklı yerlerinden önde gelen birçok uzmanlara ait görüşler dikkate alındığı için bu standartların kullanımlarının yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmaların yapılması da bir ihtiyaç olarak nitelendirilebilir.

Geçmiş tarihlerde kullanılabilirlik testleri ile sezgisel değerlendirmeler yapma arasındaki farkı ölçümlemeye yönelik çalışmalar [7] yapılmıştır. Ancak kapsam, kullanım alanı ve maliyet açısından değerlendirildiğinde her iki yöntemin de farklı ihtiyaçlara yönelik kullanılabilir olduğu değerlendirilebilir.

Kamu İnternet Siteleri Rehberi (KAMİS) [2], ISO 9241-151 standardı referans alınarak oluşturulan bir rehberdir. Burada yapılacak olan çalışmada, uzman değerlendirmeleri için KAMİS içerisinde tanımlanan ilkeler kullanılacaktır. Literatürde uzman değerlendirmelerini kolaylaştıracak sistem tasarımlarına yönelik yapılmış çalışmalar bulunmakla birlikte ISO 9241-151 standardını veya KAMİS Rehberini referans olarak yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.

Uzman değerlendirmeleri, internet sitelerinin kullanılabilirliğine yönelik oldukça gerçekçi ve güzel veriler sunmaktadır. Bununla birlikte sitenin gerçek kullanıcılarının deneyimini tam olarak yansıtmamaktadır. Anketler vasıtasıyla elde edilen kullanıcı deneyimine ait veriler ise yüzeysel olabilmekte ve kullanıcılar gerçekten hissettiklerini her zaman doğru bir şekilde puan üzerinden ifade edememektedir. Tasarlayacağımız sistemin her iki bakış açısından da veri elde edilmesine imkân tanınması, internet sitelerinin daha gerçekçi bir şekilde değerlendirilebilmesini sağlayacaktır.

II. KAMİS VE SİSTEM KULLANILABİLİRLİK ÖLÇEĞİ

Önerilen sistem üzerinden gerçekleştirilecek değerlendirmeler ve puanlamalar için referans olarak KAMİS Rehberi'nde yer alan kullanılabilirlik ilkeleri ve Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği Anketi referans alınacaktır. Sistem alt yapısı referans alınan kaynakların değiştirilmesine; farklı kaynakların sisteme eklenebilmesine imkân tanyacaktır.

A. KAMİS Rehberi

Kamu İnternet Siteleri Rehberi'nde, ISO 9241-151 standardı referans alınarak kullanılabilirlik ilkelerine yer verilmiştir. Bununla birlikte, rehber içerisinde WAI (Web Accessibility Initiative) tarafından geliştirilen WCAG (Web Content

Accessibility Guidelines) ilkelerine de yer verilmiştir. Bu çalışmada KAMİS Rehberi'nden sadece kullanılabilirlik ilkeleri referans alınacaktır.

B. Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği (SKÖ) Anketi

İnternet siteleri, potansiyel kullanıcıları tarafından deneyimlendikten sonra kullanıcıların tatminini ölçmek için yaygın bir şekilde SKÖ anketi kullanılmaktadır.

SKÖ anketinde toplam 10 adet soru bulunmaktadır. Bu sorular sırası ile bir olumlu, bir olumsuz olacak şekilde sıralanmıştır. Her bir soru için maksimum 4 puan verilebilmektedir. Bütün sorular değerlendirildiğinde ise 0 – 40 arasında bir puan elde edilmektedir. Bu puanı 0 – 100 arası bir değere dönüştürmek içinse elde edilen sonuç 2,5 ile çarpılmaktadır.

SKÖ soruları Tablo I'de verilmiştir;

TABLO XXXV
SİSTEM KULLANILABİLİRLİK ÖLÇEĞİ ANKETİ

No	Soru
1	Bu sistemi sıklıkla kullanacağımı düşünüyorum.
2	Sistemi gereksiz bir şekilde karmaşık buldum.
3	Sistemin kolay kullanıldığını düşündüm.
4	Bu sistemi kullanabilmek için teknik bir kişinin desteğine ihtiyacım olabileceğini düşünüyorum.
5	Sistemdeki çeşitli fonksiyonları iyi entegre olmuş biçimde buldum.
6	Sistemde çok fazla tutarsızlık olduğunu düşündüm.
7	Birçok insanın bu sistemi hızlı bir şekilde kullanabileceğini düşünüyorum.
8	Sistemin kullanımını çok hantal, ağır buldum.
9	Sistemi kullanırken kendimden emindim.
10	Sisteme girmeden önce birçok şey öğrenmem gerekti.

III. İYİLEŞTİRİLMİŞ WEB UYGULAMASI DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Sistem; kullanılabilirlik değerlendirmesi yapılacak olan kurumların ve internet sitelerinin yönetilebilmesine, kullanıcıların, kullanılabilirlik ilkelerinin, projelerin yönetilebilmesine, uzman değerlendirmelerin yapılabilmesine, raporların görüntülenebilmesine ve anket sisteminin yönetilebilmesine olanak sağlayacak bir yapıda kurgulanacaktır.

A. Kullanıcı Yönetimi

Kullanılabilirlik değerlendirmeleri için “Kullanılabilirlik Uzmanı” rolü, Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği anketi değerlendirmeleri için “Kullanıcı” rolü ve sistem modüllerinin yönetimi için “Yönetici” rolü tanımlanacaktır.

Kullanıcı Adı	Rol
ftekmen	Admin
hacerg	Uzman

B. İlke Yönetimi

Uzmanların internet sitelerini değerlendirirken referans alacakları kullanılabilirlik ilkeleri sisteme eklenecektir. Bu ilkeler hiyerarşik olarak aşağıdaki şekilde sıralanacaktır;

- **Kategoriler;** KAMİS Rehberi'nde kullanılabilirlik ilkelerinin ait olduğu kategorilere yer verilecektir.
- **Kullanılabilirlik İlkeleri;** KAMİS Rehberi'nde her kategori altında yer alan ilkelerin sisteme eklenmesi sağlanacaktır.
- **Doğrulama Soruları;** kullanılabilirlik ilkelerinin değerlendirilmesini kolaylaştırmak amacıyla her bir ilkenin altına doğrulama soruları eklenecektir.

Güncelle Sil

Grup Adı

Kullanıcı Odaklı Tasarım

İlke Adı

Tasarım sürecinde hedef kitleyi temsil eden personalar oluşturulmalıdır

İnternet siteleri, kullanıcıların siteden beklentileri göz önünde bulundurularak düzenlenmelidir

C. Kurum Yönetimi

Kullanılabilirlik uzmanlarının yapacakları değerlendirmeler kurumların web uygulamalarını veya internet sitelerini değerlendirmeye yönelik olacaktır. Bu modülde kurumların ve bu kurumlara ait internet sitelerinin yönetimi gerçekleştirilecektir.

Güncelle Sil

Kurum Adı

Karayolları Genel Müdürlüğü

Web Siteleri

KGM - Kurumsal

D. Proje Yönetimi

Uzmanlar tarafından yapılacak her bir çalışma proje olarak nitelendirilmiştir. Bir kuruma ait bir internet sitesi veya web uygulaması değerlendirilecekse bu proje olarak tanımlanır.

Proje Yönetimi ekranlarında; çalışma yapılacak kurum, çalışma yapılacak internet sitesi, projenin başlangıç ve bitiş tarihleri, projede çalışacak uzmanlar ve projenin değerlendirileceği ilke setleri (kategoriler) gibi bilgiler yer alır.

Güncelle Sil Uzman Seç İlke Seti Seç

Proje Adı	İnternet Sitesi
<input type="checkbox"/> KGM Kullanılabilirlik Değerlendirmesi Değerlendir Raporu Görüntüle	Karayolları Genel Müdürlüğü KGM - Kurumsal (www.kgm.gov.tr)

E. Değerlendirme Yönetimi

Kullanılabilirlik İlkeleri, değerlendirme ekranlarında uzmanlar tarafından, önem, uygunluk ve uygulanabilirlik kriterleri açısından değerlendirilebilecektir. Bir projede yer alan her uzman, seçilen ilke setleri içerisindeki her bir kullanılabilirlik ilkesini kriterlere göre değerlendirecektir.

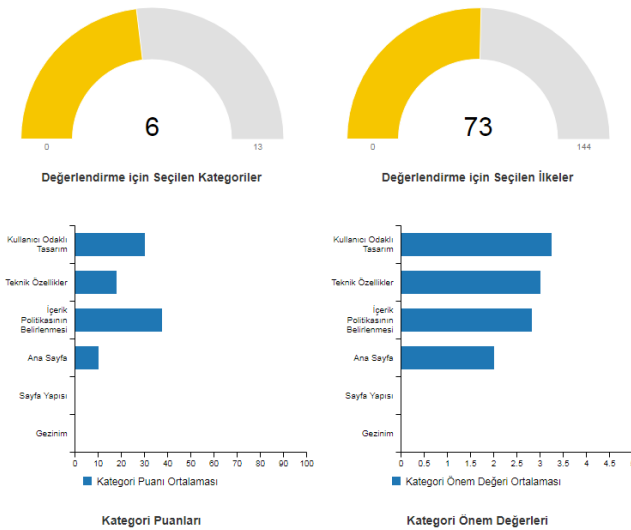
İlke No	Adı	Önem
1.3	Kullanıcı Odaklı Tasarım	
1.3.1	Tasarım sürecinde hedef kitleyi temsil eden personalar oluşturulmalıdır	Seçiniz
1.3.2	İnternet siteleri, kullanıcıların siteden beklentileri göz önünde bulundurularak düzenlenmelidir	5

F. Anket Yönetimi

Kullanıcılar bir internet sitesini deneyimledikten sonra, sistem üzerinden bu kullanıcılara sistem kullanılabilirlik ölçeği anketi gösterilecektir. Kullanıcılar olumlu veya olumsuz tecrübelerini bu anket aracılığıyla sisteme kaydedebilecektir.

G. Rapor Yönetimi

Sistem üzerinden oluşturulan her bir proje için rapor görüntüleme ekranı olacaktır. Rapor ekranında, değerlendirme için seçilen kategoriler ve ilkeler ile ilgili istatistik bilgileri ve kategorilerin uzmanlar tarafından değerlendirme kriterleri dikkate alınarak o anki durumuna ait istatistik bilgilere yer verilecektir.



IV. PUANLAMA SİSTEMİ

Uzman değerlendirmesinde ve sistem kullanılabilirlik ölçeği anketinde puanlar farklı şekilde hesaplanmaktadır.

A. Uzman Değerlendirmesi

Bir kullanılabilirlik ilkesinin puan hesaplamasında, ilkenin uygunluk değeri, 0 ile 4 arasında bir değere sahip olabilir. Bu değer, 1 ile 5 arasında değere sahip olabilen önem derecesi ile çarpıldığında 0 ile 20 arasında bir değere ulaşılır. Yine son bir işlem olarak, bu değer 5 ile çarpılarak 0 ile 100 arasında bir değere dönüştürülür.

$$\dot{P} = (U * \ddot{O}) * 5$$

\dot{P} = İlke Puanı

U = Uygunluk Derecesi

\ddot{O} = Önem Derecesi

Kategori puanı hesaplanırken ise ağırlıklı aritmetik ortalama formülü kullanılacaktır. İlke değerlendirmesinde kullanılan önem derecesi değeri, ağırlıklı aritmetik ortalama formülünde yer alan ağırlık değeri olarak kullanılacaktır. Bir kategori içerisinde değerlendirilmiş olan tüm ilkelerin ağırlık değerleri ile çarpımlarının toplamı, ilkelerin ağırlık değerlerinin toplamına bölünerek kategori için ortalama değeri bulunmuş olacaktır.

$$KP = \frac{\sum(P * \ddot{O})}{\sum \ddot{O}}$$

KP = Kategori Puanı

P = Kategorideki Değerlendirilmiş İlkenin Puanı

\ddot{O} = Kategorideki Değerlendirilmiş İlke Önem derecesi (Ağırlık)

Ayrıca proje kapsamındaki tüm ilkelere ait değerlendirmeler tamamlandıktan sonra internet sitesinin genel puanı hesaplanır. Bu aşamada ise uygun olarak değerlendirilen tüm ilkelerin puanı üzerinden ağırlıklı aritmetik ortalama yöntemi dikkate alınarak genel bir değerlendirme puanı oluşturulur.

$$SP = \frac{\sum(P * \ddot{O})}{\sum \ddot{O}}$$

SP = İnternet Sitesi Puanı

P = Değerlendirilmiş İlkenin Puanı

\ddot{O} = Değerlendirilmiş İlkenin Önem Derecesi (Ağırlık)

B. Kullanıcı Değerlendirmesi

Kullanıcıların internet sitesinden edindikleri deneyimin ve tatmin duygusunun ölçülmesi için yaygın olarak SKÖ (Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği) Anketi kullanılmaktadır. Bu ankette yer alan toplam 10 soru bir olumlu bir olumsuz olacak şekilde sıralanmıştır. Her bir soruya 1 ile 5 arasında puan verilebilmektedir.

Sorulara verilen cevapların puan karşılığı hesaplanırken, tek sayı olan sorularda kullanıcı puanından bir çıkarılır. Çift sayı olan sorularda ise kullanıcı puanından 5 çıkarılır. Bu şekilde her bir soru için 0 ile 4 arasında puanlar elde edilir. 10 soru için toplam puan 0 ile 40 arasında değişmektedir. Bu değeri 0 ile 100 arasına dönüştürmek için elde edilen sonuç 2,5 ile çarpılır. Araştırmalara [8] göre yüz üzerinden elde edilen sonuç 68'den büyük ise ortalamanın üzeri olarak kabul edilir.

V. TARTIŞMA VE SONUÇ

İnternet sitelerinin kullanılabilirlik değerlendirmesi, geliştirilecek olan sistem sayesinde daha kapsamlı olarak ve farklı bakış açıları da dikkate alınarak yapılabilecektir. Mevcut sistemlerden farklı olarak, uzman ve gerçek kullanıcı değerlendirmelerinin aynı sistem üzerinden yapılıyor olması, ilgili internet sitesinin kullanılabilirlik açısından daha doğru ve tutarlı bir şekilde değerlendirilmesine imkân tanıyacaktır. Kullanıcılar ve uzmanlar tarafından gerçekleştirilen değerlendirme işlemleri her ne kadar birbirinden çok farklı disiplinlere sahip olsalar da, her iki değerlendirme sonucunda ortaya çıkan puanlar, 0 ile 100 arasında bir değere dönüştürülmektedir. Böylece, internet sitesinin / web uygulamasının başarısı, uzmanlar ve gerçek kullanıcılar gözüyle, karşılaştırılabilir bir değer olarak ortaya çıkarılmış olacaktır.

Sonraki çalışmalarda; uzman değerlendirmeleri yapılırken referans olarak kullanılan ilkelerden somut olanlar belirlenerek, bu ilkelerin otomatik değerlendirilebilmesi için çalışmalar gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] ISO 9241-151:2008 - Ergonomics of human-system interaction -- Part 151: Guidance on World Wide Web user interfaces. [Online]. Available: http://www.iso.org/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=37031
- [2] Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Yazılım Teknolojileri Araştırma Enstitüsü. Kamu İnternet Siteleri Rehberi Projesi. [Online]. Available: <http://kamis.gov.tr/>
- [3] U.S. Department of Health and Human Sciences. Research-Based Web Design & Usability Guidelines. [Online]. Available: <http://guidelines.usability.gov/>
- [4] E. Insfran, S. Abrahão A. Fernandez, "Usability evaluation methods for the web: A systematic mapping study," in *Information and Software Technology*, 2011, vol. 53, pp. 789–817.
- [5] N. Bevan and L. Spinhof, "Are Guidelines and Standards for Web Usability Comprehensive?" in *HCI 2007: Human-Computer Interaction. Interaction Design and Usability*.
- [6] N. Bevan, "International standards for usability should be more widely used" in *Journal of Usability Studies*, Volume 4, Issue 3, 2009.
- [7] R. W. Bailey, R. W. Allan and P. Raiello, "Usability Testing vs. Heuristic Evaluation: A Head-to-Head Comparison" in *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 1992
- [8] J. Brooke. "SUS: A Retrospective" in *Journal of Usability Studies*, Vol. 8, Issue 2, 2013.

Genetik algoritma kullanarak Tekil Değer Ayırışımı tabanlı kırılğan ve kör resim damgalama

Veysel Aslantaş, Mevlüt Doğru

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
aslantas@erciyes.edu.tr, mevlutdogru@gmail.com

Özet— Bu çalışmada, Tekil Değer Ayırışımı (Singular Value Decomposition - SVD) ve Genetik Algoritma (GA) kullanarak yeni bir kırılğan ve kör resim damgalama tekniği geliştirilmiştir. Ölçekleme faktörleri (Scaling factors - SFs) kullanılarak satırları ölçeklenmiş olan damga resmin her bir satırı, bloklara ayrılmış orijinal resmin her bir bloğunun tekil değerlerine (Singular values - SVs) eklenerek damgalanmış resim elde edilmiştir. Önerilen algoritmada, resmin kalitesini değiştirmeden olabildiğince yüksek saydamlık için çoklu ölçekleme faktörleri GA kullanılarak bulunmuştur. Damgalanmış resme döndürme ve filtreleme gibi farklı saldırılar uygulanarak kırılğanlık tespiti yapılmıştır. Ayrıca, damga çıkarma işleminde orijinal resim ve damga kullanılmadığından geliştirilen yöntem bir kör damgalamadır. Deneysel sonuçlar, orijinal resim ile damgalanmış resmin tamamen benzer olduğunu ve saldırı olmadan damga olduğu gibi elde edilirken, saldırı olması halinde de gömülen damganın tamamen bozulduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler— Kırılğan resim damgalama, Kör damgalama, Tekil değer ayrışımı, Genetik Algoritma

I. GİRİŞ

Ses, resim ve video gibi sayısal verilerin korunması için geliştirilen tekniklerden biri olan sayısal damgalamanın kullanımı son yıllarda yaygınlaşmıştır. Telif hakkının korunması, veri doğruluğunun ispatı, dijital parmak izi korunması ve doküman arşivleme gibi birçok alanda sayısal damgalama kullanılmaktadır. Sayısal damgalama, bir sayısal verinin damga olarak başka bir sayısal verinin içerisine gizlenmesi şeklinde tanımlanabilir [1], [2]. Genellikle damgalama; gömülme ortamına, görülebilirliğe, kalıcılığa ve algılama/çıkarmaya göre sınıflandırılabilir [2]-[4].

Damgalama, gömülme ortamına göre resim ve frekans uzayı teknikleri şeklinde iki sınıfa bölünebilir. Resim uzayı yöntemlerinde damgalama işlemi orijinal resmin piksellerine doğrudan eklenerek yapılırken, frekans uzayı tekniklerinde SVD, Ayrık Dalgacık Dönüşümü (Discrete Wavelet Transform - DWT) ve Ayrık Kosinüs Dönüşümü (Discrete Cosine Transform - DCT) gibi dönüşüm teknikleri vasıtasıyla frekans uzayı katsayılarına damga eklenerek gerçekleştirilmektedir [1], [2]. Frekans uzayı metotları saldırılara maruz kaldığında resim uzayı metotlarına göre daha dayanıklı ancak herhangi bir dönüşüm uygulanmadığından hesaplama maliyeti daha fazladır [2], [5], [6].

Damgalama, görülebilirliğine göre görünür ve görünmez (saydam) olmak üzere iki guruba ayrılabilir. Görünür damgalar, televizyon kanallarındaki logolar gibi insan görme sisteminde kolaylıkla algılanabilmektedir. Görünmeyen damgalar ise insan gözüyle algılanamayacak şekilde sayısal verinin içerisine

gizlenen damgalardır. Görünür damgalama yöntemlerinden daha dayanıklı ve güvenlidir [2].

Damgalama teknikleri kalıcılığa göre; dayanıklı, kırılğan ve yarı-kırılğan olmak üzere üç gurupta sınıflandırılabilir. Dayanıklı damgalamada damga, farklı saldırılardan (yeniden ölçekleme, döndürme vb.) etkilenmemelidir. Kırılğan damgalamada, damgalanmış resme basit bir işlem uygulandığında damga rahatlıkla bozulmalıdır. Bu tür damgalar genellikle veri doğrulama amacıyla kullanılır. Yarı-kırılğan damgalamada ise, kayıplı sıkıştırma gibi kabul edilebilir saldırılar uygulandığında damga bundan etkilenmemeli, ancak içerik değişikliği gibi kötü niyetli saldırılara karşı damga yok olabilmelidir [3], [5], [7]. Kırılğan damgalama yönteminde damgalanmış resimdeki damga insan görme sistemiyle algılanamaz. Güvenlik açısından resimler yetkisiz kişiler tarafından değiştirilmemelidir. Bu yüzden, kırılğan damgalama tekniği kullanılarak orijinal verinin değişip değişmediği bilgisi alınabilmektedir.

Algılama/çıkarmaya göre resim damgalama ise kör (blind), yarı-kör (semi-blind) ve kör olmayan (non-blind) olmak üzere üç gurupta sınıflandırılabilir. Damgalanmış resimden damganın geri elde edilmesinde, damganın veya orijinal resmin aslına ihtiyaç yoksa kör damgalama, damganın aslına ihtiyaç varsa yarı-kör damgalama, orijinal resme ihtiyaç varsa buna da kör olmayan damgalama denir [2]-[4], [8]. Kör damgalama, damga çıkarma işleminde kör olmayana göre daha basittir.

Son yıllarda farklı yapay zekâ teknikleri kullanılarak veya kullanmadan birçok damgalama algoritması literatürde önerilmiştir. DCT dönüşümüyle kırılğan damgalama teknikleri [9]-[11], SVD dönüşümüyle maliyet fonksiyonu değiştirilerek dayanıklı, kırılğan ve yarı-kırılğan kör damgalama tekniği [12], SVD dönüşümüyle kırılğan damgalama teknikleri [13], [14], SVD-DWT dönüşümleriyle dayanıklı ve kör damgalama teknikleri [15], [16] geliştirilmiştir. Bu çalışmada ise gri seviye resimler için GA ile SVD kullanılarak kırılğan ve kör damgalama tekniği sunulmuştur. Deneysel sonuçlar, saydamlık ve saldırı olmadan damganın geri elde edilmesi açısından önerilen tekniğin başarılı olduğunu, saldırı olduğunda ise damganın tamamen

bozulduğunu göstermektedir. Ayrıca, damga çıkarma işlemi esasında orijinal resim ve damgaya ihtiyaç duyulmadığından geliştirilen yöntem bir kör damgalamadır.

Bu makalenin II. bölümünde SVD ve GA'nın temel yapısı, III. bölümünde ise geliştirilen kırılğan ve kör resim damgalama tekniğinin detayları anlatılmıştır. IV. bölümde deneysel sonuçlar, V. bölümde de makalenin sonuçları verilmiştir.

II. SVD VE GA'NIN TEMEL YAPISI

A. SVD

$N \times N$ boyutlarındaki bir A matrisine SVD uygulandığında üç ayrı matrisin çarpımından oluşacak şekilde $A=USV^T$ biçiminde ifade edilebilir. Burada $N \times N$ boyutlarındaki U ve V^T ortogonal matris, $N \times N$ boyutlarındaki S ise köşegen (diagonal) matristir. Köşegen elemanları dışındaki elemanların değerleri sıfır olan S matrisi, A matrisinin tekil değerleri olarak isimlendirilir. A matrisinin rankı r olmak üzere, $S = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n)$ değeri $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r \geq \sigma_{r+1} = \sigma_{r+2} \dots = \sigma_n = 0$ 'dır. SVD uygulanmış A matrisi denklem 1'e göre hesaplanabilir.

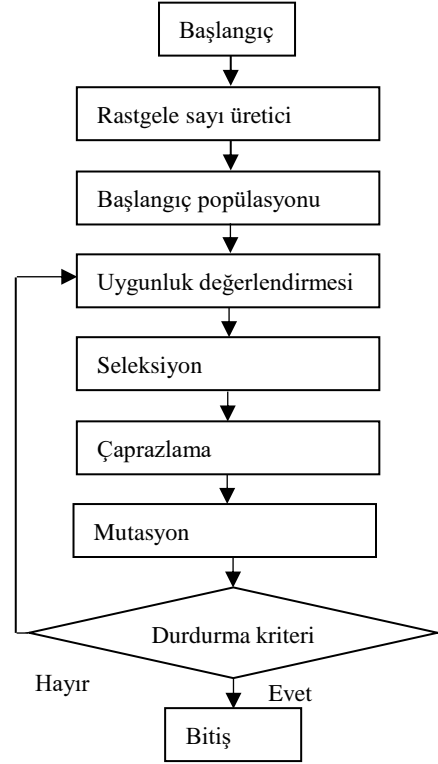
$$A = \sum_{i=0}^r \sigma_i U_i V_i^T \quad (1)$$

B. GA

Şekil 1'de özetlenen temel GA [17]; rastgele sayı üretici, uygunluk değerlendirmesi ve genetik operatörler (seleksiyon, çaprazlama ve mutasyon) bileşenlerinden oluşmaktadır. Algoritma tasarımcısı tarafından ilk olarak durdurma kriteri, maliyet fonksiyonu ve parametreler belirlenir. Durdurma kriteri sağlanıncaya kadar da optimizasyon sürer.

Başlangıç popülasyonu, rastgele sayı üretici tarafından başlangıçta oluşturulan sayı dizisidir. Her bir dizi, optimizasyon problemi için muhtemel çözümü ifade eder. Her bir dizinin uygunluk değerlendirmesi ise maliyet fonksiyonuna göre belirlenir. Uygunluk değeri, mevcut çözümlerin en iyisinin ölçümünde kullanılır.

Doğal seçme işlemi seleksiyon operatörü sağlar. Bireyleri temsil eden dizilerden uygunluk değeri daha yüksek olan sonraki nesillere aktarılır. Çaprazlama operatörü ile rastgele birey çiftleri seçilir ve yeni bireyler oluşturulur. En basit çaprazlama, ebeveynin rastgele seçilen bir noktasından kesilerek diğer ebeveynin aynı kesme noktasından sonraki elemanları ile yer değiştirmesidir. Ebeveynlere uygulanacak çaprazlama işleminin miktarı çaprazlama oranına (crossover rate - CR) göre hesaplanır. Mutasyon operatörü ise rastgele olmak üzere mutasyon oranına (mutation rate - MR) göre bireyi temsil eden sayı değerlerinin değiştirilmesini sağlamaktadır.



Şekil 1 GA'nın temel akış şeması

III. ÖNERİLEN DAMGALAMA ALGORİTMASI

A. Damga Oluşturma

Önerilen metotta kullanılan damgalar orijinal resimlerden elde edilmiş ve bunun için aşağıdaki adımlar sırasıyla uygulanmıştır. Burada, orijinal resim (I) ile damganın (W) boyutlarının sırasıyla $N \times N$ ve $M \times M$ ($N > M$) olduğu varsayılmıştır. $I(m,n)$ ise bloklara ayrılmış orijinal resmin m . satır ve n . sütun bloğunu göstermektedir.

1. Resim $M \times M$ 'lik bloklara bölünür.

$$I^B = \bigcup_{m=1}^{N/M} \bigcup_{n=1}^{N/M} I_{(m,n)} \quad (2)$$

2. Her bir bloğa eşik değeri (threshold) uygulanarak bloklar birleştirilir.

$$W^t = \bigcup_{m=1}^{N/M} \bigcup_{n=1}^{N/M} \text{threshold}(I_{(m,n)}^B) \quad (3)$$

3. Birleştirilmiş bloklar $M \times M$ boyutuna küçültülerek damga elde edilir.

$$W = \text{resize}(W^t) \quad (4)$$

B. Damga Gömme

W_i 'nin damganın i . satırı, k_i 'nin i . ölçekleme faktörü olduğu varsayılırsa damga gömme işlemi için aşağıdaki adımlar sırasıyla uygulanır.

1. Orijinal resmin her bir bloğuna SVD uygulanır.

$$I_{(m,n)}^{SVD} = U_{(m,n)} S_{(m,n)} V_{(m,n)}^T \quad (5)$$

2. Blokların $S_{(m,n)}$ matrisine damganın satırları eklenir.

$$S_{(m,n)}^* = \bigcup_{m=1}^{N/M} \bigcup_{n=1}^{N/M} S_{(m,n)} + k_i * \bigcup_{i=1}^{N^2/M^2} \text{diag}(W_i) \quad (6)$$

3. Damgalanmış resim blokları elde edilir.

$$I_{(m,n)}^D = U_{(m,n)} S_{(m,n)}^* V_{(m,n)}^T \quad (7)$$

4. Bloklar birleştirilerek damgalanmış resim (I_W) hesaplanır.

$$I_W = \bigcup_{m=1}^{N/M} \bigcup_{n=1}^{N/M} I_{(m,n)}^D \quad (8)$$

C. Damga Çıkarma

Damga çıkarma işlemi için aşağıdaki adımlar sırayla uygulanır.

1. Damgalanmış resim bloklarına ayrılır.

$$I^D = \bigcup_{m=1}^{N/M} \bigcup_{n=1}^{N/M} I_{W(m,n)} \quad (9)$$

2. Her bloğa SVD uygulanır.

$$I_{(m,n)}^{DSVD} = U'_{(m,n)} S'_{(m,n)} V'_{(m,n)}^T \quad (10)$$

3. Her bloktan gömülen damga çıkarılır.

$$W_i^* = \bigcup_{m=1}^{N/M} \bigcup_{n=1}^{N/M} \text{diag}(S'_{(m,n)} - S_{(m,n)}) / k_i \quad (11)$$

4. Her bir bloktan çıkarılan damga satırları birleştirilerek çıkarılan damga (W^*) hesaplanır.

$$W^* = \bigcup_{i=1}^{N^2/M^2} W_i^* \quad (12)$$

5. Bölüm III. A.'da verilen bilgilere göre damgalanmış resim $M \times M$ 'lik bloklara bölünerek orijinal damga yeniden elde edilir.

D. GA ile Kırılğan ve Kör Resim Damgalama

Geliştirilen teknikte resim damgalama işleminin en iyi performansa ulaşabilmesi için optimal parametrelerin aranmasında GA kullanılmıştır. GA, başlangıçta rastgele üretilen SF'lere uygulanarak saydamlık açısından optimum damgalama elde edilmiştir. Bu çalışmada önerilen GA tabanlı damgalamanın blok diyagramı Şekil 2'de verilmiştir.

Gömme işlemi, Bölüm III. B.'de verilen bilgilere göre yapılmaktadır. Saldırıya maruz kalmış ya da kalmamış damgalanmış resimden damgalar ise Bölüm III. C.'de verilen bilgilere göre çıkarılmıştır. Çeşitli damgalama uygulamaları veri doğrulama için kırılğanlık testi gerektirebilir. Bu çalışmada damganın kırılğanlığını test edebilmek için histogram eşitleme (HE), yeniden ölçekleme (YO), döndürme (DN), median filtreleme (MF), keskinleştirme (KK) ve Gaussian gürültü (GG) saldırıları uygulanmıştır. Damgalanmış resimlere bu saldırılar uygulanarak kırılğanlık tespiti yapılmıştır. Ayrıca geliştirilen yöntem kör damgalama tabanlı olduğundan, damga çıkarma işleminde orijinal damgaya ihtiyaç duyulmamıştır.

İki boyutlu korelasyon ($corr_t$) sayesinde orijinal resim ile damgalanmış resim arasındaki benzerlik (saydamlık amacıyla), Denklem 13'de gösterilen "Bit Doğruluk Oranı" (*Bit Correct Rate - BCR*) sayesinde de orijinal damga ile çıkarılan damga arasındaki benzerlik (kırılğanlık amacıyla) hesaplanmıştır.

Denklemden W orijinal damgayı, W^* çıkarılan damgayı, M_W damganın satır sayısını, N_W damganın sütun sayısını, \oplus simgesi ise lojik XOR'u göstermektedir. BCR 'nin %100 olması, damganın hiç bozulmadan elde edildiğini gösterir [18].

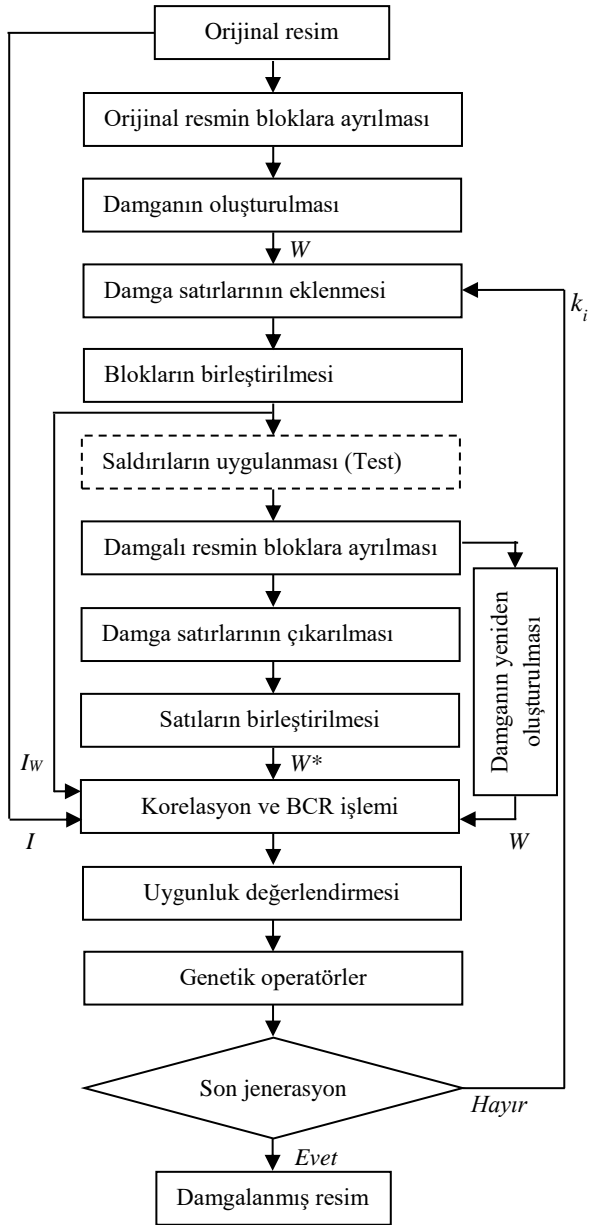
$$BCR = \left(1 - \frac{1}{M_W \times N_W} \sum_{t=1}^{M_W \times N_W} (W \oplus W^*)\right) \cdot 100\% \quad (13)$$

Denklem (14)'deki maliyet fonksiyonu, saydamlık ve kırılğanlık için maksimum jenerasyon sayısına kadar GA tarafından minimize edilmiştir. Burada t jenerasyon sayısını, f_i ise i . jenerasyondaki maliyet fonksiyonunun değerini gösterir.

$$f_i = [1 + \sum_{i=1}^{M_W \times N_W} (W \oplus W^*) - corr_t(I, I_W)] \quad (14)$$

IV. DENEYSEL SONUÇLAR

Önerilen algoritmayı değerlendirmek amacıyla kaynak resim olarak 256x256 boyutlarındaki Şekil 3(a)'da gösterilen Baboon ve Şekil 3(b)'de gösterilen Gemi resimleri kullanılmıştır. Bu kaynak resimler kullanılarak 32x32 boyutuna küçültülen Baboon damgası Şekil 4 (a)'da, Gemi damgası ise Şekil 4 (b)'de gösterilmiştir. Şekil 4(a)'daki damga gömülerek oluşturulan damgalanmış Baboon Şekil 5(a)'da, Şekil 4(b)'deki damga gömülerek elde edilen damgalanmış Gemi de Şekil 5(b)'de gösterilmektedir. Her iki damgalı resme de herhangi bir saldırı uygulamadan çıkarılan damgalar ise Şekil 6'da verilmiştir.

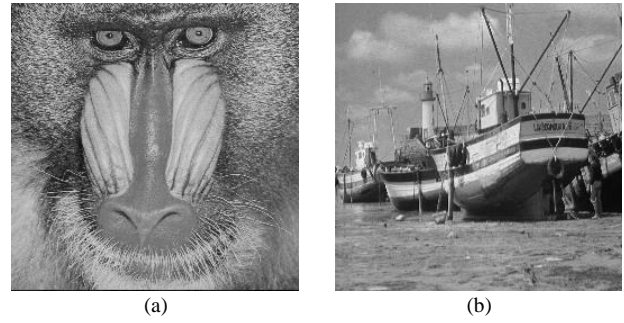


Şekil 2 GA kullanılarak geliştirilen damgalamanın blok şeması

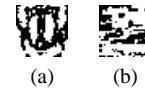
Görsel analizle de görüleceği gibi damgalı resimlerde ve çıkarılan damgalarda herhangi bir değişiklik görülmemektedir. Deneyler esnasında yöntemin saldırılara karşı kırılgenliğini değerlendirmek için HE, YO (biliner: 256→128→256), DN (biliner: 3⁰), MF (3x3), KS (3x3) ve GG (ortalama=0, varyans=0,01) işlemleri uygulanmıştır. Saldırı uygulanmış damgalanmış resimlerinden çıkarılan damgalar Şekil 7’de gösterilmiştir. Bu resimlerden, orijinal damgayı göre çıkarılan damganın tamamen bozulduğu anlaşılmaktadır.

GA’nın kontrol parametreleri; popülasyon büyüklüğü 64, başlangıç popülasyon aralığı [-10;10], seleksiyon şekli “rulet”, çaprazlama şekli “iki noktalı”, çaprazlama oranı 0.8, mutasyon şekli “düzenli”, mutasyon oranı 0.04 ve jenerasyon sayısı “200” olarak seçilmiştir. 200 iterasyon sonunda optimizasyon sonlanmaktadır. Burada, 64 satır olan damganın her bir satırı

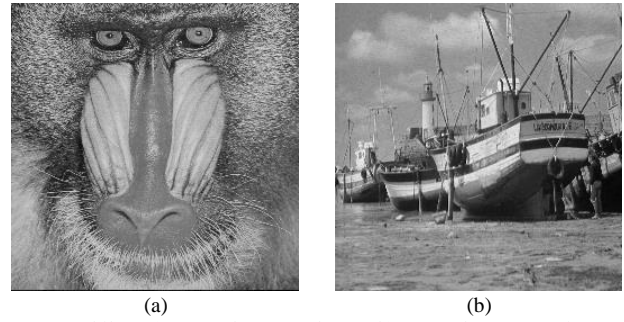
için ayrı olacak şekilde 64 tane optimum SF’lerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.



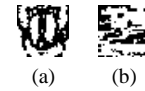
Şekil 3 (a) Orijinal Baboon, (b) Orijinal Gemi



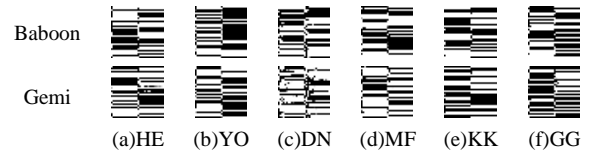
Şekil 4 (a) Baboon damgası, (b) Gemi damgası



Şekil 5 (a) Damgalanmış Baboon, (b) Damgalanmış Gemi



Şekil 6 Saldırı olmadan çıkarılan damga, (a) Damgalanmış Baboon’dan, (b) Damgalanmış Gemi’den



Şekil 7 Saldırıları sonrası damgalanmış resimlerden çıkarılan damga

GA kullanılarak önerilen algoritmanın farklı kaynak resimler için korelasyon ve BCR değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Tablo sonuçlarına göre, kaynak resimlerin her ikisinde de $corr_1$ değerinin 1 çıkması maksimum saydamlığa ulaşıldığını belirtmektedir. BCR değerinin ise saldırı uygulamadan her iki kaynak resimde de 100 çıkararak orijinal ve çıkarılan damga arasındaki benzerliğin %100 olduğunu göstermektedir. Saldırının türüne göre BCR değeri “54-63” arasında değişerek çıkarılan damganın oldukça bozulduğunu ve bu yöntemin kırılgen bir damgalama olduğunu göstermektedir. GA sonuçları aynı zamanda “1, 2, 4, 6, 8” sabit ölçekleme faktörleri ile

kiyaslanmıştır.

Tablo

II'deki

bu

TABLO I
KORELASYON VE BCR DEĞERLERİ

	<i>corr₁</i>	<i>BCR</i>						
		HE	YO	DN	MF	KK	GG	
Baboon	1	100	56,1523	57,0313	57,1289	58,6914	56,0547	54,8828
Gemi	1	100	60,5469	61,7188	62,9883	60,8398	59,3750	58,1055

TABLO II
SABİT SF'LERİN OPTİMUM SF'LER İLE KIYASLANMASI

	GA SF'ler	<i>corr₁</i>		<i>BCR</i>	
		1	100	1	100
Baboon	1	1	49,0234	1	93,3594
	2	1	98,1445	0,9999	97,2656
	4	0,9999	96,3867	0,9998	41,9922
	6	0,9998	95,4102	0,9996	98,2422
	8	0,9996	96,8750	0,9998	95,7031
Gemi	1	1	41,9922	1	95,4102
	2	1	98,2422	0,9999	96,8750
	4	0,9999	96,8750	0,9998	95,7031
	6	0,9998	95,7031	0,9996	
	8	0,9996			

sonuçlara göre, her iki kaynak resim için de sabit SF değeri 1 ve 2 verildiğinde *corr₁* değeri 1 çıkmakta fakat *BCR* değeri düşük çıkmaktadır. Sabit SF değerini artırınca ise *corr₁* değeri düşmekte ve *BCR* değeri de %100 başarı seviyelerine erişmemektedir. GA tabanlı yöntemde ise damgalanmış resmin kalitesini bozmadan mümkün olan en yüksek saydamlık sağlanmaktadır. Ayrıca orijinal ve çıkarılan damga tamamen benzer olarak elde edilmiştir.

V. SONUÇLAR

GA kullanılarak SVD tabanlı yeni bir kırılğan ve kör resim damgalama tekniği bu çalışmada sunulmuştur. Çoklu ölçekleme faktörleri kullanılarak ölçeklenen damga resmi, bloklara ayrılmış orijinal resmin her bloğunun tekil değerlerine farklı bir damga satırı olacak şekilde gömülmesiyle damgalanmış resim oluşturulmuştur. Önerilen metotta, resmin kalitesini değiştirmeden olabildiğince yüksek saydamlık için ölçekleme faktörleri GA tarafından tespit edilmiştir. GA ile elde edilen SF'lerin sabit SF'ye göre çok daha kaliteli sonuçlar verdiği deneysel testlerden anlaşılmaktadır. Ayrıca, orijinal resim ile damgalanmış resmin ve saldırı uygulamadan çıkarılan damga ile gömülen damganın aynı olduğu gözükmemektedir. Orijinal resim ile damgalanmış resmin tamamen aynı olması, damgalanmış resmin en yüksek saydamlığa ulaştığını göstermektedir. Dolayısıyla GA, bu tür damgalama problemlerinin çözümünde kullanılabilecek iyi bir optimizasyon algoritmasıdır. Deneylerde

kullanılacak olan damgalar orijinal resimlerden elde edilmiştir. Damga çıkarma işlemine ise orijinal resim ve damga kullanılmadığından geliştirilen yöntem bir kör damgalamadır.

Kırılğan damgalama tekniği sayısal verilerin değişip değişmediğinin testi amacıyla kullanıldığından, kırılğanlığı tespit etmek için damgalanmış resim HE, YO, DN, MF, KK ve GG saldırılarına maruz kalmıştır. Saldırıların sonucunda çıkarılan damgalar incelendiğinde, damganın tamamen bozulduğu anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] F. Hartung, M. Kutter, "Multimedia watermarking techniques", *Proc. IEEE*, vol. 87, no. 7, pp. 1079-1107, 1999.
- [2] V. Potdar, S. Han, and E. Chang, "A Survey of Digital Image Watermarking Techniques", *Proceedings of the 3rd international IEEE conference on industrial informatics (INDIN 2005)*, Perth Western Australia, 10-12 Aug. 2005.
- [3] E. Hussein, M. A. Belal, "Digital Watermarking Techniques, Applications and Attacks Applied to Digital Media: A Survey", *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, ISSN: 2278-0181, vol. 1, no. 7, Sep. 2012.
- [4] B. L. Gunjal, R. R. Manthalkar, "An Overview of Transform Domain Robust Digital Image Watermarking Algorithms", *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, vol. 2, no. 1, pp. 37-42, 2011.
- [5] V. Aslantas, "An optimal robust digital image watermarking based on SVD using differential evolution algorithm", *Optics Communications*, vol. 282, 769-777, 2009.
- [6] V. Aslantas, "An SVD Based Digital Image Watermarking using Genetic Algorithm", *International Conference on Information Sciences, Signal Processing and its Applications*, Sharjah, U.A.E., 2007.
- [7] A. Khan, A. Siddiqa, S. Munib, and S. A. Malik, "A recent survey of reversible watermarking techniques", *Information Sciences*, vol. 279, pp. 251-272, 2014.
- [8] S. Jadhav, "A review of BSS based digital image watermarking and extraction methods", *IOSR-JECE*, vol. 5, iss. 6, pp. 41-45, 2013.
- [9] D. Singh, S. K. Singh, "DCT based efficient fragile watermarking scheme for image authentication and restoration", *Multimedia Tools and Applications*, vol. 76, no. 1, pp. 953-977, 2017.
- [10] V. Aslantas, S. Ozer, and S. Ozturk, "A Novel Fragile Watermarking Based on Particle Swarm Optimization", *IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo*, Hannover, Germany, 269-72, 2008.
- [11] V. Aslantas, S. Ozer, and S. Ozturk, "Improving the performance of DCT-based fragile watermarking using intelligent optimization algorithms", *Optics Commun.*, vol. 282, no. 14, 2806-2817, 2009.
- [12] H. Modagheh, H. Khosravi R., and M.-R. Akbarzadeh-T, "A new adjustable blind Watermarking based on GA and SVD", *Innovations'09: 6th International Conference on Innovations in Information Technology*, December 2009.
- [13] V. Aslantas, M. Dogru, "A new SVD based fragile image watermarking by using genetic algorithm", *Sixth International Conference on Graphic and Image Processing (ICGIP 2014)*, 2015.
- [14] I. A. Ansari, A. Pant, and C. W. Ahn, "SVD based fragile watermarking scheme for tamper localization and self-recovery", *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, vol. 7, iss. 6, pp. 1225-1239, 2016.
- [15] B. Jagadeesh, S. S. Kumar, and K. R. Rajeswari, "A Genetic Algorithm Based Oblivious Image Watermarking Scheme using Singular Value Decomposition (SVD)", *First International Conference on Networks & Communications*, IEEE Computer Society, 2009.
- [16] Y. R. Wang, W. H. Lin, and L. Yang, "An intelligent watermarking method based on particle swarm optimization", *Expert Systems with Applications* 38, 8024-8029, 2011.
- [17] J. H. Holland, "Adaptation in natural and artificial system: an introductory analysis with applications to biology, control and artificial intelligence", *MIT Press*, Cambridge, MA, 1992.
- [18] S. C. Chu, H. C. Huang, Y. Shi, S.-Y. Wu, and C.-S. Shieh, "Genetic Watermarking for Zerotree-Based Applications", *Circuits, Systems and Signal Processing*, 27: 171-182, 2008.

Veri tabanı siber güvenlik tehditleri ve tespiti

Ruhi Taş, Özgür Tanrıöver

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi
Gölbaşı 50.yıl Yerleşkesi Gölbaşı, Ankara, Türkiye
ruhitas@yahoo.com, ozgur.tanriover@ankara.edu.tr

Özet— Bu çalışmada, web sayfalarındaki ve uygulamalardaki zafiyetlerden yararlanarak veri tabanlarına yapılan en önemli siber saldırı yöntemi olan SQL enjeksiyon yöntemleri ve bu yöntemlerinin tespitine yönelik yapılmış olan araştırmalar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler — Veri tabanı, güvenlik, SQL Injection, SQL parsing, WEB uygulama güvenliği, SQLIA

I. GİRİŞ

Türkiye’de ve dünyada firmalar son yirmi yılda inanılmaz bir hızla web servislerini kullanmaya başlamıştır. Müşterilerine daha iyi hizmet verebilmek için birçok uygulamalarını web üzerinden sunmaktadırlar. Sistemlerde kullanılan veri tabanları genelde kişisel verileri barındırmaktadır. Bu veriler siber saldırganlar içinde artan bir şekilde hedef olmaktadır. Gelişen teknolojilere paralel olarak siber saldırılarda da artış gözlenmektedir. Open Web Application Security Project (OWASP) güvenlik listesi oluşturması çalışmalarında SQL (Structured Query Language) injection (enjeksiyon) top 10 listelerinde yer almaktadır. (Tablo I) [1] SQL enjeksiyon saldırılarında yatan temel prensip, yetkisi olmadan sistemlere erişerek sistemlerden istedikleri verileri elde etmeleridir. Bu açıklıklar verilerin okunmasının yanı sıra, ekleme, silme, değiştirme gibi diğer veri tabanı işlemlerini yapabilmelerine de fırsat verebilmektedir. Saldırganların web sayfalarına ekleyecekleri çeşitli kod kombinasyonları ile kişisel veriler saldırganların eline geçebilmektedir.

SQL dili başta MySQL, Oracle, MS SQL, MS Access, Postgresql gibi ilişkisel veri tabanlarında kullanım kolaylıklarından dolayı, uygulama geliştiriciler tarafından tercih edilmektedir. SQL herhangi bir veri tabanı ortamında kullanılan bir alt dildir (sub language). SQL ile veri tabanı üzerinde işlem yapabilmektedir. SQL cümlecikleri kullanarak veri tabanına kayıt eklenebilir, mevcut kayıtlar değiştirebilir, silinebilir veya bu kayıtlardan sorgu listeleri oluşturulabilir. Bu esneklik ve kolaylık uygulama geliştiriciler tarafından birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bu yaygın kullanım sonucunda, SQL enjeksiyonu ataklarının aynı hızda devam edeceğini göstermektedir.

2014 yılında Rus hackerların 1.2 milyar kişinin kullanıcı adı ve şifrelerini ele geçirildiği bildirilmiştir. [2] i-Dressup web sitesinde güvenlik açıklarından faydalanılarak SQL enjeksiyon saldırısı kullanılarak 2.2 milyon kullanıcının e-posta adreslerinin ve parolalarının hackerlar tarafından ele geçirildiği belirtilmiştir. [3] Son zamanlara başı sürekli kullanıcı şifrelerinin çalınmasıyla tüm dünyanın gündemine gelen

Yahoo; 1 Milyar kullanıcının hesabının saldırganların eline geçtiğini belirtmiştir.[4]

TABLO XXXVI
OWASP SIBER TEHDIT

2007	2010	2013
Cross-Site Scripting (XSS)	Injection	A1-Injection
Injection flaws	Broken Authentication and Session Management	A2-Broken Authentication and Session Management
Malicious File Execution	Cross-Site Scripting (XSS)	A3-Cross-Site Scripting (XSS)
Insecure Direct Object References	Insecure Direct Object References	A4-Insecure Direct Object References
Cross-Site Request Forgery	Cross-site Request Forgery	A5-Security Misconfiguration
Information Leakage and Improper Error Handling	Security Misconfiguration	A6-Sensitive Data Exposure
Broken Authentication and Session Management	Failure to restrict URL Access	A7-Missing Function Level Access Control
Insecure Cryptographic storage	Unvalidated Redirects and forwards	A8-Cross-Site Request Forgery
Insecure Communications	Insecure Cryptographic storage	A9-Using Components with Known Vulnerabilities
Failure to restrict URL Access	Insufficient transport Layer Protection	A10-Unvalidated Redirects and Forwards

Ülkemizdeki özellikle bazı özel ve kamu kurumları hedef alınarak benzer tehditlerle karşı karşıya kalmaktadır, 2012 yılında Ankara Emniyet Müdürlüğü, 2013 Yılında İstanbul İl Özel İdaresi sistemlerine erişerek bilgi çalma ve değiştirme işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. [5, 6] Bankacılık sistemlerinde de zaman zaman benzer saldırılarla karşılaştıkları bilinmektedir. Son olarak Akbank’ın hacklenerek 4 Milyon dolar para sızdırıldığı haberi ortaya çıkmıştır. [7, 8]

2016 yılında meydana gelen diğer büyük saldırılarda da milyonlarca kişinin özel bilgilerinin benzer yöntemlerle hackerların eline geçtiği görülmektedir. (Tablo II) [9, 10]

TABLO XXXVIII
2016 YILINDAKİ DİĞER BÜYÜK SALDIRILARDAN ÖRNEKLER

Site Adı	İçerik	Kullanıcı Sayısı
Friend Finder Networks	Arkadaşlık Sitesi	412 Milyon
Dailymotion	Video stream	87 milyon
Vertical Scope	Oto Forum	45 Milyon
Weebly	Web host platformu	43 milyon
Mail.ru	E posta	25 milyon
FourSquare.com	Paylaşım	22 milyon
Lifeboat	Mine-craft oyun	7 milyon
ClixSense	Online Anket	6.6 milyon

II. SQL ENJEKSİYON NEDİR

SQL enjeksiyon, SQL sorgusunun amacına müdahale ederek farklı bilgileri elde etme yöntemidir. SQL enjeksiyon saldırıları, hedef web sitesinin kullandığı veri tabanında yetki olmadan SQL sorgularını çalıştırabilmektir. Enjeksiyon saldırıları, kullanıcılardan gelen dataların kontrol edilmeden komutlarda veya veri tabanı sorgularında kullanılmasıyla meydana gelmektedir. Bu tür zafiyetleri sömüren saldırgan, doğrudan hedef sunucuda komut çalıştırabilme hakları kazanabilmekte veya hedef sistemin veri tabanının tamamını ele geçirebilmektedir.

SQL enjeksiyon yöntemiyle veri tabanları üzerinde yapılabilecek saldırılardan bazıları aşağıda sıralanmıştır.

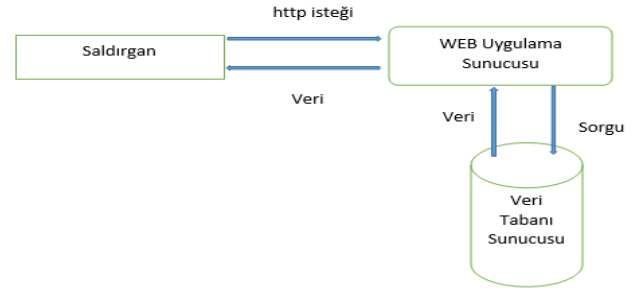
- Veri tabanları üzerinde istenmeyen işlemlerin (sorgulama, ekleme, silme, değiştirme, vb.) yapılabilmesi,
- Kimlik doğrulama mekanizmalarının atlatılabilmesi,
- İşletim sistemi seviyesinde komutların çalıştırılabilmesi,
- Yeni kullanıcılar veya gruplar oluşturulabilmesi gibi birçok saldırı bu yöntemle yapılabilmektedir

Saldırgan bu isteklerini uygulama sunucusuna http isteği olarak gönderir, uygulama gelen istekleri veri tabanına iletir. Veri tabanı gelen istek sonucunda oluşan veriyi döndür. (Şekil 1)

Bir toloji tabanlı saldırının genel amacı, sorgunun koşullu deyiminin her zaman doğru olduğunu değerlendiren SQL simgelerini enjekte etmektir. Bu saldırı türlerinin sonuçları uygulamaya özgü olsa da, en yaygın kullanılan yöntem kimlik doğrulama sayfalarını atlamak ve verileri ayıklamaktır. Bu tür enjeksiyonlarda, bir saldırgan, sorgunun WHERE koşullu bölümünde kullanılan savunmasız bir giriş alanını kullanarak sisteme girebilir. [11]

A. Totolojiler (Tautologies)

SQL kullanan bir siteye username, password kullanıcı adı ve şifresiyle giriş yapıldığı varsayılacak olursa. Giriş butonuna tıkladığınız anda sitenin yazılımı veri tabanına aşağıdaki gibi bir sorgu gönderecektir.



Şekil 1. SQL saldırı şeması

```
SELECT * FROM users_tablosu WHERE isim='username'
AND sifre='password'
```

Yazılım sonuç bulunursa girişinize izin verecek, bulunamazsa izin vermeyecektir. Bir de kullanıcı adı ve şifre alanına ' OR 1=1 -- yazıldığında gönderilecek olan sorgu incelenecek olursa,

```
SELECT * FROM users_tablosu WHERE isim="OR 1=1 --
' AND sifre="OR 1=1 --"
```

Yukarıdaki sorgu gönderildiğine, yazılım kullanıcı adı ve şifrenizi doğru zannedip girişe izin verecektir.

' OR 1=1 -- SQL dilinde her zaman true döndürür. Bu yüzden SQL programı bütün kayıtları listeleyeceğinden, yazılım doğru giriş yapıldı zannedecektir. "" OR 1=1 --" ifadesi, önceki koşul gerçekleşme bile 1=1 gerçekleşiyorsa true döndürür ve -- işaretleri SQL dilinde yorum anlamına geldiğinden sorgunun kalanı yorummuş gibi algılanır. [12]

B. Illegal / Incorrect Queries

Bu tür sorgular, SQL enjeksiyon saldırısının ilk adımındır. Burada, saldırganın amacı, web uygulamasında kullanılan arka uç veri tabanının türü ve yapısı hakkında bilgi toplamaktır. Bu saldırı, uygulama sunucuları tarafından döndürülen çok açıklayıcı varsayılan hata sayfalarını kullanmaktadır. Geçersiz SQL ifadeleri, HTTP isteğinden etkilenen parametreye verilir. Saldırgan daha sonra, veri tabanı sunucusundan kaynaklandığı bilinen hata iletileri için HTTP yanıtlarını izleyerek açıklık tespiti yapılabilmektedir. [13] Bu saldırı, diğer SQL enjeksiyon saldırıları için ön bilgi toplama adımı olarak düşünülmektedir.

```
SELECT * FROM students WHERE username = 'ddd'
AND password =
```

sonucunda:"Incorrect syntax near 'ddd'. Unclosed quotation mark after the character string " AND Password='aaa'." Şeklinde bir hata dönecektir

C. Union Query

Birleştirme sorgusu tekniği, bir saldırganın uygulamanın, amaçlanandan farklı bir tablodaki verileri döndürmesine neden olan enjeksiyon saldırılarını ifade etmektedir. Bu amaçla,

saldırganlar "UNION <injected query>" şeklinde bir bildirim ekler. Saldırganlar, injected sorgusunu uygun bir şekilde tanımlayarak, belirtilen bir başka tablodan bilgi alabilirler. Bu saldırının sonucu, veri tabanının, orjinal sorgunun sonuçlarının birleştirildiği bir veri kümesi enjekte edilen sorgunun sonuçlarıyla döndürmesi şeklinde sonuçlanır. [11]

Bu konuda aşağıdaki örneği inceleyecek olursak. SQL enjeksiyona karşı önlem alınmamış bir site olsun ve adres çubuğunda yazılan id'e göre verilerin gösterildiği kabul edilecek olursa,

sayfa.aspx?id=1

SQL açığı olduğunu bilmediğimizi varsayarak 1 yerine ' yazalım. SQL açığı varsa SQL hatası verecektir. Artık bu açığı kullanarak veri tabanından başka sorgular kullanarak veri elde edebilir. Normal bir SELECT kullanıldığında getirmesi gerek sonuçlar ekrana getirilirken, başka verileri almak için de UNION SELECT kullanarak ek olarak başka verilerde getirilebilir.

```
sayfa.aspx?id=1 UNION SELECT * FROM users
http://site.com/index.aspx?id=1 UNION SELECT TOP 1
TABLE_NAME FROM
INFORMATION_SCHEMA.TABLES-
```

INFORMATION_SCHEMA.TABLES sunucuda kayıtlı tüm tabloların listesini tutan bir sistem tablosundan veri getirilmeye çalışılmaktadır.

D. Piggy - backed Queries

Piggy destekli sorgu tekniğinde, saldırgan orijinal sorgu dizisine ek sorgular eklemeye çalışır. Saldırı başarılı olursa, veri tabanı birden çok sorgu içeren bir sorgu dizesi alır ve yürütür. Sonraki sorgular enjekte edilen kötü amaçlı sorgular iken, ilk sorgu genellikle orijinal, yasal sorgudur. Bu tür bir saldırı özellikle zararlı olabilir; saldırganlar bunu hemen hemen her tür SQL komutunu enjekte etmek için kullanabilirler. Örneğin, bir saldırgan "; drop table personelTable" metnini şifre girişi alanına ekleyerek veri tabanına zarar verebilmektedir. [14]

```
normal SQL cümlesi + ";" + INSERT (or UPDATE,
DELETE, DROP) enjeksiyon cümlesi
'or 1=1; UPDATE Grades SET grade='attacker grade'
WHERE studentId=attacker studentid;--
Tablodaki veriyi güncellemek için;
```

```
http://site.com/index.asp?id=1; UPDATE 'usersTable' SET
'password' = 'yenisifre' WHERE user='ruhi'--
Veri tabanına yeni bir kayıt eklemek için ise;
```

```
http://site.com/index.aspx?id=1; INSERT IGNORE INTO
'usersTable' ('user_id', 'user', 'password', 'details') VALUES
(111,'hacker','yenisifre','NA')--
```

Artık 'hacker' kullanıcı adı ve yenisifre şifresi tabloya eklendi, bu bilgilerle sisteme giriş yapılabilir.

E. Stored Procedures

Bu teknikte, saldırganlar veri tabanı sisteminde bulunan saklı yordamlara (procedure) odaklanır. Saklanan yordamlar, veri tabanında depolanan ve doğrudan veri tabanı motoru tarafından çalıştırılan kodlardır. Saklanan prosedürler, bir programcının veri tabanına veya iş mantığını doğrudan veri tabanına kodlamasını ve ekstra soyutlama katmanı sağlanmasını sağlar. Saklı yordamların kullanılması, uygulamayı SQL enjeksiyon ataklarından koruduğu yaygın bir yanlış anlamadır. Saklı yordamlar yalnızca kod ve uygulamanın kodu kadar savunmasız olabilir. Bir veri tabanında bulunan özel saklı yordamlara bağlı olarak, saldırgan sistemi bu yöntemle farklı yolları vardır. [14]

```
normal SQL cümlesi + ";" SHUTDOWN;" enjeksiyon
cümlesi
select * from user_details where user = 'abcd' and password
= ";" SHUTDOWN; -- '
CREATE PROCEDURE DBO @userName varchar2,
@pass varchar2,
AS
EXEC("SELECT * FROM user WHERE id=" +
@userName + " and password=" + @password + "");
GO
```

F. Inference

Inference-based saldırılar, kullanılabilir herhangi bir geri bildirim veya açıklayıcı hata mesajı vermeyen güvenli veri tabanlarına uygulanır. Saldırgan uygulamanın veya veri tabanının sorgunun sonuçlarına göre farklı davranmasına neden olan sorgular oluşturarak sorgular göndermektedir. Bu şekilde, bir uygulama sorguyu doğrudan çalıştırmasa bile, sorgunun neden olduğu yan etkileri gözlemleyerek ve bu verilerden sonuçlar çıkarılması mümkün olmaktadır. Bu saldırılar saldırganın veri tabanından veri çıkarması ve savunmasız parametreleri algılamasına imkan sağlayabilmektedir. [15]

```
http://site.com/ sayfaadi.php?id=10 AND IF(version() like
'5%', sleep(10), 'false'))--
```

Yukarıdaki sorgu MySql versiyonun 5 olup olmadığını kontrol eder ve sorgulara cevap süresini 10 sn yapar.

G. Blind Injection

Bu saldırı yönteminde, saldırgan, boolean sonucuna sahip sorgular oluşturmaktadır. Sorgular, uygulamanın doğru olarak değerlendirilmesi durumunda doğru davranmasına ve sonuç yanlış olduğu takdirde bir hataya neden olmalarına neden olmaktadır. Hata iletileri normal sonuçlarla kolayca ayırt edilebildiğinden, bu yaklaşım saldırganın veri tabanından dolaylı yanıt almasını sağlamaktadır. [16]

```
http://site.com/sayfaadi.aspx?id=2 and 1=2 (false)
http://site.com/ sayfaadi.aspx?id=2 and 1=1 (true)
```

H. Timing Attacks

Bir zamanlama saldırısı (Timing Attacks), saldırganın veri tabanındaki yanıtların zamanlamasındaki gecikmeleri gözlemleyerek, veri tabanından bilgi toplamasına fırsat vermektedir. Bu saldırı blind enjeksiyona benzerlikler göstermektedir, ancak farklı gözlemlenebilir yan etki yöntemi kullanılmaktadır. Zamanlama saldırısı gerçekleştirmek için, saldırganlar, enjekte edilen sorguya, koşulları veri tabanının içeriği hakkındaki bir soruna karşılık gelen bir if-then ifadesi biçiminde göndermektedir. [17]

```
http://site.com/sayfaadi.aspx?id=1' waitfor delay
'00:00:10'—
```

İ. Alternate Encodings

Alternatif kodlama tekniklerini kullanan saldırganlar, enjeksiyon dizelerini, geliştiricilerin uygulamalarına koyduğu tipik imza ve filtre temelli denetimlerden kaçınacak şekilde değiştirmektedir. Onaltılık, ASCII ve Unicode gibi alternatif kodlamalar, saldırının bilinen "kötü karakterler" için basitçe tarama yapan doğrudan algılama yaklaşımlarından kaçmasına izin vermek için başka tekniklerle birlikte kullanılabilir. [15]

```
SELECT * FROM users WHERE login= " AND pass='
';exec(char(Ox73687574646j776e))
```

Yukarıdaki kodda char () işlevi ve ASCII onaltılık kodlaması kullanılmıştır. Char () işlevi, karakterlerin onaltılık kodlamasının gerçek karakterlerini döndürür (shutdwn). Bu kodlanmış dizge, çalıştırıldığında veri tabanı tarafından kapatma komutuna çevrilerek çalıştırılmaktadır.

J. Buffer Overflow

Büyük sistem C/C++ dili ile geliştirilmiştir ve buffer overflow olduğunda crash olabilmektedir. [16] Örneğin;

```
http://www.site.com/index.php?page_id=-15+and+(select
1)=(Select 0xAA[..(add about 1000
"A").])/*!uNION*/*!*SeLEct*/+1,2,3,4....
```

Sorgusunu aşağıdaki şekilde yeniden kodladığımızda şayet WAF'ın crash olduğu tespit edilirse (500 hata kodu) sistemin zafiyetlerinden buffer overflow methodu ile SQL enjeksiyon yapılabilecektir. [18]

```
?page_id=null%0A/*!/*!50000%55nION*/*!yoyu*/all/*!
%0A/*!%53eLEct*/*%0A/*nnaa*/+1,2,3,4....
```

III. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Livshits ve arkadaşları [19] statik analiz yöntemini kullanarak SQL dili güvenlik açıklarını tespit etmişler. Önerilen teknik, güvenlik açığı imzası oluşturur ve bu güvenlik açığından statik analizör oluşturulur. Bu teknik koddaki güvenlik açıklarını tespit edebilir. Bu teknik, güvenlik açıklarını önleyerek kodu iyileştirmek için kullanılabilir. Önerilen teknik, yalnızca bilinen güvenlik açıklarını saptayabileceği, ancak yeni açığa çıkartılmış güvenlik açıklarını saptayamadığı anlamına gelmektedir.

Buehrer ve arkadaşları [20] Ayırıştırma Ağacı Doğrulama Yaklaşımı (Parse Tree Validation Approach) yaklaşımını önermişlerdir. Çalışma zamanında ve orijinal ifadesinde belirli bir ifadenin ayırıştırma ağacını karşılaştırmışlardır. Bu yöntem, SQLGuard kullanan bir öğrenci Web uygulamasında test edilmiştir.

Valeur ve arkadaşları [21] makine öğrenme yöntemiyle saldırı tespit sistemi önermiştir. Web uygulamasında üretilen SQL sorguları, algılama modelinin parametrelerini oluşturmak için öğrenilmektedir. Ardından, tutarsızlıkları kontrol etmek için çalışma zamanında SQL sorguları üretilen modele karşılaştırılmıştır. Model etkili bir şekilde eğitilmezse, birçok yanlış pozitif ve negatif sonuç ortaya çıkabilmektedir.

Shin ve arkadaşlarının [22] yaklaşımı, statik tabanlı bir araç olan SQLUnitGen'i önermişlerdir. SQLUnitGen aracı JCracher tabanlı uygulama temel alınarak oluşturulmuştur. Önerilen mekanizmanın, deneylerde verimli olduğu gösterilmiştir.

Merlo ve arkadaşları [23] PHP uygulamalarında SQLIA'ya karşı sistemleri otomatik olarak güvence altına alacak bir yöntem sunulmaktadır. Onların önerdiği teknik, statik ve dinamik analiz metotlarını kullanarak otomatik kod oluşturma özelliklerine sahiptir.

Lin ve arkadaşları [24] SQLProb olarak bilinen SQLIA önlemek için SQL proxy tabanlı engelleyici tekniği önermişlerdir. Bu teknik dinamik olarak herhangi bir istenmeyen giriş sırası için girdileri algılar ve çıkarır. Bu teknik, her tür SQL enjeksiyon saldırılarını önlediği belirtilmiştir. Bu yaklaşım, web uygulaması tarafından oluşturulan sorgudan kullanıcı girdisini çıkarır. Ardından oluşturulan sorgu sözdizimi yapısı bağlamında bu verileri doğrulamıştır. Bu amaçla genetik algoritmayı kullanmışlardır. Uygulamanın kaynak kodunu ihtiyaç duymadığı belirtilmiştir.

Shahriar ve Zulkernine [25] mutasyona dayalı bir SQLIA test tekniği sunmuşlardır. Bu tekniğin yardımı ile SQLIA'yı ortaya çıkarmak için kullanılabilir test verileri üretilmiştir. MUSIC (MUtation-based SQL Injection vulnerabilities Checking) olarak adlandırılan bir mutasyon tabanlı SQL enjeksiyon güvenlik açığı kontrol aracı önermişlerdir. Mutasyon, sözdizimi hatasına enjekte edecek hata tabanlı bir sinama yöntemidir. Önerilen MUSIC tekniği, JSP'de yazılan uygulamalar için otomatik olarak mutantlar oluşturmaktadır.

Halfond ve arkadaşları [13, 15, 26, 27], farklı SQLIA tekniklerini gözden geçirerek ve farklı savunma analizleri yapmışlardır. Web üzerinde SQLIA'yı tespit etmek ve önlemek için web tabanlı bir teknik önermişlerdir. AMNESIA (Analysis and Monitoring for NEutralizing SQL-Injection Attacks); hem statik hem de dinamik analiz kullanılmıştır. Statik bölümde, veri tabanında yürütülmeden önce sorgular program tarafından üretilebilecek doğru sorguların bir modelini otomatik olarak oluşturmaktadır. Dinamik bölümde, dinamik olarak oluşturulan sorguları incelemek ve statik olarak oluşturulmuş modele karşı onları kontrol etmek prensibine dayanmıştır. Bu teknik, genel SQLIA'ları algılamak ve önlemek için değil, dinamik olarak oluşturulan bir sorgu dizesindeki tür uyumsuzluklarından yararlanan saldırıları önlemek için kullanılabilirliği belirtilmiştir. Bu tekniğin zayıf yönü, segmente edilmiş sorguları destekleyemiyor olmasıdır. Segmente edilmiş sorgu;

çok sayıda veri okurken ve verileri geri getirmek için beklemek yerine, almakta olduklarını işlemek/görüntülemek istendiğinden kullanılan bir yöntemdir. [28]

Fu ve Qian [29] SQL enjeksiyonundaki güvenlik açıklarını tespit etmek için SAFELI adlı bir araç setinin sunmuştur. Teknikleri, güvenlik açıklarını tespit etmek için sembolik (symbolic instruction) yardımı ile statik analizi kullanmaktadır. SAFELI, SQL enjeksiyon güvenliğini algılamak için bir statik analiz çerçevesi önermektedir. SAFELI çerçevesi derleme zamanı süresince SQL enjeksiyon saldırılarını belirlemeyi amaçlıyor. Bu statik analiz aracının iki ana avantajı vardır. Birincisi, bir Beyaz Kutu (White box) Statik Analizi yapar ve ikincisi, Hibrit Sınır Çözücü kullanır. Beyaz kutu Statik Analiz için, önerilen yaklaşım bayt kodunu dikkate alır ve başlıca dizeler ile ilgilenir. Hibrit Sınırlayıcı Çözücü yöntemi, boolean, tamsayı ve dize değişkenlerini ele alabilen etkin bir dize analiz aracı olarak kullanılmıştır.

Kiezyun ve arkadaşları [30] PHP sistemlerinde uyguladıkları ve ARDILLA adını verdikleri sistemi önermişlerdir. Bu teknik girdi mutasyonunu (input mutation) ve dinamik programlamayı kullanarak, girişteki kullanılan alanların SQLIA'ya neden olup olmayacağını tespitinde kullanılması hedeflenmiştir. Herhangi bir sorunun SQLIA'ya neden olmasını bulmak için kullanılmıştır. ARDILLA yönetiminin yaşanmaya dayalı saldırıları etkili bir şekilde tespit edebildiği belirtilmiştir. Bu araç, SQL girişindeki güvenlik açıklarını tespit etmek için web uygulamasının girdisi olarak kullanılacak saldırılar üretilebilmektedir. Çözümlerinin yürütme süresinde ek bir yükü olmadığı ve kaynak kodunun değiştirilmesine ihtiyaç olmadığı belirtilmiştir.

Shanmughaneethi ve arkadaşları [31] SQLIA güvenliğini açıklamak, girişi doğrulamak için sorgunun statik yapısı kullanan SBSQLID (Service Based SQL Injection Detection) teknik önermişlerdir. Bu teknik, statik analizi gerçekleştirmek için sorguyu ayrıştırma prensibi kullanmıştır. Bu yaklaşımın en büyük avantajı, üretilen hata mesajında meta verileri bulunmamasıdır. Web servisi web uygulamasıyla entegre değildir. Sistemde yapılması gereken herhangi bir değişikliğin, web hizmeti tarafından desteklenmesi gerektiği şekilde yapılması gerekliliğinin var olduğu belirtilmiştir.

Lambert ve Lin [33] sorgu ayrıştırma yöntemiyle sorgu tokenization'a dayanan bir teknik önermişlerdir. Bu yaklaşımda, sorgulamanın dizisi, enjeksiyon saldırısını saptamak için aynı boyutta sorgu ile karşılaştırılmıştır. Çalışma prensibi olarak orijinal sorguyu ve bir sorguyu enjeksiyonla token hale getirmektedir ve ardından kullanıcı girdisinde ilave sembollerin kullanıldığı tespit edilirse SQL enjeksiyon tespit edildiği kararı verilmiştir. Yaklaşım özgün sorgu ve sorguyu enjeksiyonla tokenize etmekten oluşmaktadır ve belirteçler elde edildikten sonra dizilerin öğeleri oluşturulmuştur. İki sorgudan elde edilen dizilerin uzunluklarını karşılaştırarak enjeksiyon tespiti yapılmıştır. Araştırma da çalışmalar java kodlarını kullanarak gerçekleştirilmiştir.

Chung ve arkadaşları [33] web uygulamalarında mevcut SQLIA detektörleriyle işbirliği yapabilen ve genel sistem performansını artırabilen bir pilot tasarım olan Hot Query Bank'ı (HQB) metodunu önermişlerdir. Yaklaşım, özünde,

meşru sorguları kaydeden bir beyaz liste (White Box) saklama alanıdır. Öte yandan, bir kullanıcının sorgusu bankada bulunamazsa, muhtemelen güvensizdir ve yöneticilere bir istisna notu iletmek prensibi ile çalışmaktadır.

Joshi ve Geetha, [34] çalışmalarında SQL Enjeksiyon saldırılarının tespiti için bir sınıflandırıcı geliştirmişlerdir. Önerilen sınıflayıcı Naïve Bayes makine öğrenme algoritması ve tespit içinde Role Based Access Control mekanizması kullanmışlardır. Önerilen model SQLIA saldırısından türetilen sınırlı sayıda sorgularla test edilmiştir.

Kar ve arkadaşları [35] araştırmalarında SQL sorgularını belirteçler grafiği olarak modelleyerek ve bir SVM (Support Vector Machine) sınıflandırıcıyı eğitmek için düğüm noktalarının merkezini kullanarak SQL enjeksiyon saldırılarını SQLiGoT adını verdikleri yaklaşımla tespit etmeye çalışmışlardır. PHP ve MySQL sistemlerinde test edilmiştir.

IV. KULLANILAN TESPİT YÖNTEMLERİNİN DEĞERLENDİRMESİ

Statik Analiz (Static Analysis); Statik analiz, SQL enjeksiyon saldırılarını tespit etmek ve önlemek için web uygulamalarının SQL sorgu cümlelerini analiz etmektedir. Ayrıca web uygulamalarının yeniden yazılmasını gerektirir. Statik analiz yönteminin odağı, kullanıcı girdi türünü doğrularak SQL injection saldırılarını azaltmaktır. Bununla birlikte, kötü amaçlı giriş verileri doğru türde sözdizimine sahipse, SQL enjeksiyon saldırısına karşı koruma sağlayamamaktadır. Ayrıca SQL enjeksiyon saldırılarını önlemek için Java String Analysis (JSA) kütüphanesi kullanıldığında yalnızca Java programlama dilini desteklediği görülmektedir.

Dinamik Analiz (Dynamic Analysis); Dinamik analiz, bir web uygulamasını taradıktan sonra cevabı analiz etmektedir. Tarama, her türlü girdiyi hedefe göndermek ve yanıtı almak anlamına gelir. Statik analizin aksine, web uygulamaları üzerinde herhangi bir değişiklik yapmadan SQL enjeksiyon saldırılarından güvenlik açıklarını bulabildiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, web uygulama sayfalarında bulunan güvenlik açıkları geliştiriciler tarafından manuel olarak düzeltilmelidir ve hepsi önceden tanımlanmamış güvenlik kodlarıyla bulunamamaktadır.

Kara Kutu Test (Black Box Testing); Siyah kutu testi, yazılımın teknik özelliklerine veya gereksinimlerine dayanmaktadır. Güvenlik açığı mevcut uygulamadaki döngü deliklerini bulmak için kullanılmaktadır. Bu test yöntemi, kullanıcı girişlerinden veya yazılımın harici arabirimlerinden doğrudan erişilebilen yolları araştırmaktadır. Güvenlik açığı tarayıcısı esas olarak web uygulamasının giriş noktasını ziyaret eder ve saldırıyı taklit eder ve eğer saldırı mümkünse ya da başarıyla sonuçlanırsa sonuçları raporlamaktadır.

Beyaz Kutu Test (White Box Testing); Beyaz kutu testi, sistemin nasıl uygulandığının bilgisine dayanarak yapılır. Beyaz kutu testi, veri akışını, kontrol akışını, bilgi akışını, kodlama uygulamalarını, sistemdeki istisna ve hata yönetimini analiz etmeyi ve istenmeyen ve istenmeyen yazılım davranışlarını test etmeyi içerir. Beyaz kutu testi, kod

uygulanmasının tasarlanan tasarıma uyup uymadığını doğrulamak, uygulanan güvenlik işlevselliğini doğrulamak ve yaratılan güvenlik açıklarını ortaya çıkarmak için gerçekleştirilebilmektedir. Beyaz kutu testi kaynak koduna erişim gerektirmektedir. Kaynak kod size ait değilse başarısız olacaktır.

Statik ve Dinamik Analiz Birleşik Metot (Combined Method of Static and Dynamic Analysis); Birleşik statik ve dinamik analiz yöntemi, SQL enjeksiyon saldırılarını tespit etmek için hem statik analiz hem de dinamik analiz yönteminin avantajlarını kullanmaktadır. Yani, web sayfalarını analiz eder ve sonuçları test etmek için aynı anda SQL sorguları üretmektedir.

Rastgele Komut Seti (Instruction-set Randomization); Komut seti rastgele seçme yöntemi, bir web uygulamasının SQL sorgu ifadelerine rastgele değerler ekler ve SQL enjeksiyon saldırılarını tespit etmek için oynaklığı kontrol eder. Şayet rastgele üretilen değerler tahmin edilirse bu yöntem başarılı olmaz.

Makine Öğrenme Metodu; (Machine Learning Method) Sistem, HTTP isteklerinin parametrelerini yakalar ve sayısal özniteliklere dönüştürür. Sayısal nitelikler, parametrelerin uzunluğunu ve parametrelerin anahtar kelimelerinin sayısını içermektedir. Sistem, bu öznitelikleri kullanarak, parametrelerin enjeksiyon deseni olup olmadığını değerlendirmektedir. Tutarsızlıkları kontrol etmek için, çalışma zamanında SQL sorguları üretilen modele karşılaştırıldığından model etkili bir şekilde eğitilmezse, birçok yanlış pozitif ve negatif sonuç ortaya çıkabilmektedir.

Mutasyon (Mutation-Based), bir programın kaynak kodunda sözdizimsel değişiklikler uygulayarak asıl sorgu ile mutantları arasındaki hataların test edilmesi tekniğidir. Hataları enjekte etme kuralları mutasyon operatörleri olarak bilinmektedir. Where operatörünü, parantez kaldırma gibi SQL sorgularında değişiklikler yapılarak test edilir.

Desen Uyumu (Pattern Matching), uygulamadaki linkler ve bilgi giriş noktaları gibi sistem bilgilerinin toplanması, giriş parametrelerine göre saldırının başlangıç noktasından itibaren elde edilen hata kodların toplanarak değerlendirilmesi yöntemi olarak kullanılmıştır. Bu teknik, SQL sorgusunun ayrıştırılmasını kullanır ve muhtemel kötü amaçlı girdilerin beklenen sorgusuyla karşılaştırmaktadır. Daha önceden karşılaşılmayan desenler hatalı sonuçlar verebilmektedir.

V. SQL ENJEKSİYONDAN KORUNMA YÖNTEMLERİ

SQL enjeksiyonlardan korunmak için uyulması gereken bazı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler her türlü güncelleme ve eklemede tüm ekip tarafından uygulanmalıdır. Bazı projelerde ekip elemanlarından bazılarının standartlara uymaması sonucu açık kapıların kaldığı görülmektedir. Bunlardan en önemli olanlarını ıceleyecek olursak;

Sözdizimi Hataları (Syntax Errors); Hata iletilerinin son kullanıcıya yansıtılmaması da ayrıca dikkat edilmesi gereken hususlar arasında gösterilmektedir. Çünkü bu bilgiler saldırganlar tarafından bilgi toplama amaçlı kullanılabilir. Bilgisayar korsanları genellikle geçersiz

bir SQL sorgusu deneyerek veya uygun olmayan bir girdi göndererek SQL enjeksiyon açıklarını test ederek ve gelen hata mesajlarına göre hareket edebilmektedir. Hata bildirimleri genellikle hassas veri tabanı bilgilerini kullanıcılara gösterir. Sözdizimi hatalarının ve benzer mesajların görüntülenmesini önlemek, veri tabanında depolanan bilgileri dışardan veya yetkisiz erişime karşı korumaktadır.

Veri tabanı Ayrıcalıklarının Sınırları (Limit Database Privileges); Değişik düzeylerde veri tabanı erişimi olan çok sayıda kullanıcı hesabı oluşturulmalıdır ve kullanıcı türlerini sadece işlevsellik için gerekli erişimi sınırlandırılmalıdır. Kullanıcılara, ihtiyaç duymayan bir veri tabanının alanlarına erişim izni vermek, bir saldırı durumunda bilgisayar korsanları için kolayca erişebilecekleri oyun alanı anlamına gelmektedir. Web uygulamaları hiçbir zaman sunucu düzeyinde veya veri tabanı düzeyinde yönetici ayrıcalığıyla çalıştırılmamalıdır, aksi takdirde saldırgan potansiyel olarak bir yöneticinin kullanabileceği herhangi bir görevi yerine getirebilmesi imkanı sağlanmış olacaktır.

Kaçma ve Filtreleme (Escaping and Filtering); kullanıcı girişi alanları, örneğin giriş ekranları ve form alanları, SQL enjeksiyonuna karşı savunmasızdır. Buna karşı koruma yollarından biri, kullanıcı girdisini ve özel karakterleri doğru biçimde seçip filtrelemektir.

Birden Çok Sorgunun Tek Seferde Kullanılmasından Kaçınmak; her deyim tek bir sorgu yürütmelidir. Tek bir açıklamada birden çok uygulamanın yapılmasına izin verildiğinde, onaylama işleme karmaşıklık getiren kapılar enjeksiyon için açık kalabilmektedir.

Güvenli Giriş Doğrulaması; Kullanıcı girdisini önceden tanımlanmış kurallara göre doğrulayan giriş doğrulama teknikleri, yetkisiz girişlerin önlenmesine yardımcı olur. Giriş verilerini uzunluk, tür ve sözdizimi ile iş kurallarını göre doğrulama yapılmalıdır.

Asla Kullanıcı Girişine Güvenme; Kaçma ve süzme işlemine ek olarak, kullanıcı tarafından girilen verilere karşı büyük bir güvensiz olduğu düşünülerek hareket edilmelidir. Tüm kullanıcılarınızın kötü niyetli olduğunu anlamına gelmeyecektir, ancak kötü niyetli kullanıcıların masum kullanıcılar olarak maskelenmediğini bilemediğimiz için tüm kullanıcılar aynı düzeyde kontrollerden geçirilmelidir. Örneğin; giriş ekranında uygulan güvenlik önlemleri, bir telefon numarası için uygun olmayan karakterlerin girilmesine, e-posta adresleri veya kullanıcı adları için pratik olmayan girdilere izin verilmemelidir.

Gereksiz Veri Tabanı İşlevselliğinin Kaldırılması; Gerçekten ihtiyaç duyulmayan veri tabanı servislerini kapatılması gereklidir. Bu servislerin varlığını farkında olmadığınız SQL enjeksiyonu imkanlarını genişletebilmektedir. Veri tabanı kullanımlarında, uygulamaların ihtiyaç duyduğu en az özelliklerde çalıştırılması bu sebeple önerilmektedir.

Web Uygulaması Güvenlik Duvarı; Web uygulama güvenlik duvarları, SQL'i web kanallarından girişimlerini saptamak ve engellemek için yararlı araçlar olabilmektedir. Güvenlik duvarı seviyesinde, SQL girişimleri engellendiğinde, kullanıcı yetkisine bağlı olarak sınırlı veri tabanı ayrıcalıkları

kullanıldığında, saldırıya maruz kalındığında, veri tabanının yalnızca bir bölümüne erişileceğinden sınırlı olarak zarar görülmesini sağlayacaktır. Ayrıca, kişisel bilgilerin veya kullanıcı girişi şifreleri gibi kritik olduğu düşünülen bilgiler saklanırken özel algoritmalarla şifrelenerek saklanmalıdır.

SQL enjeksiyon saldırılarından korunmak için; önce yapılması gereken önlemleri aldıktan sonra, hackerların kullandığı yöntemler ve programlar olmak üzere birkaç farklı ürünle test edilmelidir. Uygulamalarda her türlü önlem alınmış olsa da sayfalarda bulunan dork adı verilen sayfalar saldırganlar için ilk ulaşılmak istenen alanlar olduğu dikkate alınarak sayfaların bu şekilde oluşmasına izin verilmemelidir.

SQL enjeksiyon dorklarından birkaç örnek aşağıda verilmiştir.

"inurl:news.aspx?id", "inurl:index.php?id",
"inurl:section.aspx?id"

Saldırgan arama motorlarında bu dorkları aratarak saldırı yapacağı uygulamaları arayarak başlayacaktır. Bir web uygulaması geliştiriyorsak, bu dorkların oluşmaması için sitemizdeki kodları özenle analiz etmemiz gerekmektedir ve gerekli önlemleri almamız gerekmektedir. Dorklar genellikle hazır sistemlerde daha çok bulunmaktadır. Yeni bir projede hazır sistemleri düzenlemek yerine yeni bir web uygulaması geliştirmek, her zaman daha yararlı olacaktır.

Ayrıca "Panel Bulucu" programlar yardımıyla sitelerde gizlenmiş yönetim sayfalarının da taramaları yapılabileceğinde, bu tür yönetim sayfalar için ek önlemler alınmalıdır. Örneğin; sayfa isimleri kaba kuvvet (brute force) ile tahmin edilemeyen isimlerden seçilmelidir.

SQL Enjeksiyon testleri için Chrome ve Firefox eklentileri de bulunmaktadır. Bunlardan ayrı olarak uygulamalardaki açıklıkları bulmak için kullanılacak birçok ücretsiz ve lisanslı programlar mevcuttur. Program isimlerini araştırarak haklarında geniş bilgiler elde edilebilir. Bunlardan bir kaçını örnek verecek olursak; Havij, BBQSQL, jSQLInjeciton, SQLMap, SQLi Dumper, Acunetix, WebCruiser, SQL Power Injector, NetSparker, NTOSQLInvader, SQL Sentinel bu tür programlardan bazılarıdır.

VI. SONUÇ

Bu araştırmada SQL enjeksiyon saldırısı yöntemleri, saldırı uygulama süreçlerinden, araştırmalarından ve korunma yöntemlerinden örnekler sunulmuştur. SQL enjeksiyon saldırısı hala ilk sırada ele alınması gereken önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Web uygulamasındaki en tehlikeli zayıf noktalardan birisi de SQL enjeksiyonudur. Son yıllarda da artan bir şekilde büyük veya küçük ölçekli birçok kuruma en büyük zararlar vermeye devam etmektedir. Bu saldırılar, hedeflenen web uygulamasının ardındaki tüm veri tabanının yok edilmesine veya bilgilerin ifşa edilmesine yol açmaktadır. Şimdiye kadar ki çalışmalarda araştırmacılar SQL enjeksiyon saldırılarını tespit edebilmek için birçok farklı teknik önermişlerdir. Ancak, saldırganlar her zaman bu çözümleri atlatmak için yeni bir

yöntem bulmuşlardır. Bundan sonraki planlanan çalışmalarımızda; açıklık tarama programlarının özelliklerine ve kullanım örüntülerine göre saldırı şekilleri çıkarılmaya çalışılacak; SQL logları toplanarak SQLIA ve normal sorgular tespit edilip sınıflandırma teknikleri kullanılarak parçalanacak, veri madenciliği ve makine öğrenme teknikleri kullanılarak uygulama bağımsız verimli SQL enjeksiyon tespitleri yapılmaya çalışılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] (2014) OWASP website [Online]. Available: https://www.owasp.org/index.php/Top10#OWASP_Top_10_for_2013
- [2] N. Perloth and D. Gelles, (2014) Russian Hackers Amass Over a Billion Passwords. [Online]. Available: https://www.nytimes.com/2014/08/06/technology/russian-gang-said-to-amass-more-than-a-billion-stolen-internet-credentials.html?_r=0.
- [3] D. Goodin, (2016) Arstechnica website [Online]. Available: <http://arstechnica.com/security/2016/09/social-hangout-site-for-teens-leaks-millions-of-plaintext-passwords/>
- [4] (2016) CNN website [Online]. Available: <http://money.cnn.com/2016/12/14/technology/yahoo-breach-billion-users/>
- [5] (2012) Milliyet websitesi [Online]. Available: <http://www.milliyet.com.tr/kizil-hackerlar-polis-sistemini-hackledi-gundem-1508505/>.
- [6] (2013) Haberler websitesi [Online]. Available: <http://www.haberler.com/redhack-okullarin-borclarini-sildi-4777943-haber/>.
- [7] (2016) Worldhaber websitesi [Online]. Available: <https://www.worldhaber.com/akbank-hacklendi-4-milyon-dolar-sizdirildi/>
- [8] Can and Altayli, (2016), Turkey's Akbank faces \$4 million hit from attempted cyber heist, [Online]. Available: <http://www.reuters.com/article/us-akbank-cyber-idUSKBN1450MC>.
- [9] H. Wen, (2016) [Online]. Available: <http://www.networkworld.com/article/3150815/security/10-biggest-hacks-of-user-data-in-2016.html?upd=1482265206517>.
- [10] (2016) Leakedsource website [Online]. Available: <https://www.leakedsource.com/main/databaselist/>
- [11] A. Tajpour and M. Shoostari, Evaluation of sql injection detection and prevention techniques. Computational Intelligence, in *Proc. 2nd International Conference on Computational Intelligence Communication Systems and Networks*, 2010, pp. 216–221.
- [12] S. Manmadhan and T. Manesh, "A Method of Detecting Sql Injection Attack to Secure Web Applications," *International Journal of Distributed and Parallel Systems*, 2012, vol. 3(6), pp. 1-8.
- [13] W. G. J. Halfond, A. Orso and P. Manolios, Using Positive Tainting and Syntax Aware Evaluation to Counter SQL injection Attacks, in *Proc. of the 14th ACM SIGSOFT international symposium on Foundations of software engineering*, 2006, pp. 175-185.
- [14] I. Lee, S. Jeon, S. Yeo and J. Moon, "A novel method for SQL injection attack detection based on removing SQL query attribute values," *Mathematical and Computer Modelling Advanced Theory and Practice for Cryptography and Future Security*. 2012, vol. 55(1–2), pp. 58–68.
- [15] W. G. J. Halfond, and A. Orso, Wasp: Protecting web applications using positive tainting and syntax-aware evaluation, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2008, vol. 34(1), pp. 34-65.
- [16] (2016) OWASP website [Online]. Available: https://www.owasp.org/index.php/SQL_Injection_Bypassing_WAF#SQL_Injection_E2.80.93_Basic_Concepts
- [17] Chaware, S. M. And Wakchaure, Sujata S, *A Survey on Detection and Prevention of SQL Injection Attack*, International Journal of Science and Research, 2014, vol. 3 (12), pp. 60-62.
- [18] (2016) Owasp website [Online]. Available: https://www.owasp.org/index.php/SQL_Injection_Bypassing_WAF#Advanced_Methods.

- [19] V. B. Livshits and M. S. Lam, Finding security vulnerabilities in java applications with static analysis, in *Proc. of the 14th conference on USENIX Security Symposium*, 2005, pp. 271-286.
- [20] G. Buehrer, B.W. Weide and P.A.G Sivilotti, "Using Parse Tree Validation to Prevent SQL Injection Attacks," in *Proc. 5th International Workshop on Software Engineering and Middleware*, 2005, pp. 106–113.
- [21] F. Valeur, D. Mutz and G. Vigna, A learning based approach to the detection of SQL attacks, in *Proc. of the Conference on Detection of Intrusions and Malware and Vulnerability Assessment*, 2005, pp. 123–140.
- [22] Y. Shin, L. Williams and T. Xie, "SQLUnitGen: Test Case Generation for SQL Injection Detection", North Carolina State Univ. Raleigh Technical report, NCSU CSC TR 2006-21, 2006.
- [23] E. Merlo, D. Letarte and G. Antoniol, Automated Protection of PHP Applications Against SQL-injection Attacks, in *Proc. 11th European Conference on Software Maintenance and Reengineering*, 2007, pp. 191- 202.
- [24] J. C. Lin, J. M. Chen and C. H. Liu, An automatic mechanism for sanitizing malicious injection, in *Proc. of The 9th International Conference for Young Computer Scientist*, 2008, pp. 1470–1475.
- [25] H. Shahriar and M. Zulkernine, Music: Mutation-based sql injection vulnerability checking, in *Proc. The Eighth International Conference on Quality Software*, 2008, pp. 77–86.
- [26] W. G. J. Halfond, J. Viegas and A. Orso, Amnesia: analysis and monitoring for neutralizing sql-injection attacks, in *Proc. 20th IEEE/ACM international Conference on Automated Software Engineering*, 2005, pp. 174–183.
- [27] W. G. J. Halfond and A. Orso, Detection and Prevention of SQL injection attacks, *Advances in Information Security*, 2007, vol. 27, pp. 85-109.
- [28] (2016) Microsoft website [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/storage/storage-dotnet-how-to-use-tables>
- [29] X. Fu and K. Qian, "SAFELI – SQL Injection Scanner Using Symbolic Execution," in *Proc. of the 2008 workshop on Testing, analysis, and verification of web services and applications*, 2008, pp. 34-39.
- [30] A. Kieyzun, P. J. Guo, K. Jayaraman and M. D. Ernst, Automatic creation of sql injection and cross-site scripting attacks, in *Proc of IEEE Computer Society 31st International Conference on Software Engineering*, 2009, pp. 199– 209.
- [31] S. V. Shanmuganeethi, C. E. Shyni and S. Swamynathan, Sbsqlid: Securing web applications with service based SQL injection detection, in *Proc. International Conference on Advances in Computing, Control, and Telecommunication Technologies*, 2009, pp. 702–704.
- [32] N. Lambert and K. S. Lin, Use of query tokenization to detect and prevent sql injection attacks, in *Proc. Computer Science and Information Technology 3rd IEEE International Conference*, 2010, vol. 2, pp. 438 – 440.
- [33] Y. C. Chung, M. C. Wub, Y. C. Chen and Chang. W. K, *A Hot Query Bank approach to improve detection performance against SQL injection attacks*, *Computers & Security*, 2012, vol. 31, pp. 233- 248.
- [34] A. Joshi and V. Geetha, SQL Injection Detection using Machine Learning, in *Proc. of International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies 2014* , pp. 1111-1115.
- [35] D. Kar, S. Panigrahi and S. Sundararajan, *SQLiGoT: Detecting SQL injection attacks using graph of tokens and SVM*, *Computers & Security*, 2016, vol.60, pp. 206–225.

The Industry 4.0: An analysis of the efforts of Turkey

Zeynep Didem Unutmaz Durmuşoğlu*, Pınar Kocabey Çiftçi*

* *Department of Industrial Engineering, Gaziantep University, Gaziantep, Turkey*
unutmaz@gantep.edu.tr, pinar_kocabey@gantep.edu.tr

Abstract— The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) has taken the attention of the researchers and also the public in the recent years. As a result of this attention, it has become one of the widely discussed topics in the world. This study primarily aims to analyse the Internet search trends of Turkish population on Industry 4.0 using the *Google Trend Analysis*. The number of publications that focused on Industry 4.0 relevant issues has also increased. That is why, this study also search the research activities of Turkey on Industry 4.0 and the changes in the research activities over years to understand the interest of Turkish researchers on this topic. The findings of this study are expected to be helpful to explain efforts of Turkey to understand this new industrial revolution and stay updated in managing this revolution when compared other countries.

Keywords— The fourth industry revolution, Industry 4.0, Google Trend Analysis, Turkey, Web of Science All Databases

I. INTRODUCTION

Technology is a crucial factor that dominates the economy and society [1]. It grows rapidly and affects our lives in different ways. The growing technologies has critically changed and accelerated the industrial processes and made them smarter and more flexible [2]. However, the organization structure of industrial production has to face with changing markets due to the technological innovation [3]. Thus, competition in the market and the demands for customized products/services has increased in the today's business environment [4]. That causes serious challenges to companies and leads them to find new ways to handle required flexibility, adaptability, stability and sustainability [5].

In the light of the information given above, a new industrial revolution which basically stresses on the establishment of intelligent products and production processes [3] has emerged. This fourth industrial revolution is called as "Industry 4.0". The major target is to transform factories to smart manufacturing areas in order to improve adaptability, efficiency as well as the integration of supply and demand processes among the factories [6]. Therefore, the requirements of mass customization, personalization, and individually specify goods and services will be met by designing and manufacturing the products in a smart way in the Industry 4.0 environment [2]. The Internet of Things (IoT) and smart manufacturing in which machines can collect and share data in real time can be accepted as core principle of Industry 4.0 [7].

The concept of Industry 4.0 was started to be uses in the manufacturing sector in Europe under the leadership of Germany [8]. Subsequently, it has been endorsed by several countries such as UK, USA, and China in their development

plans or manufacturing initiatives [2]. Since its introduction by Germany, it has gained considerable attention worldwide and has been listed as a main subject on the agenda of 2016 World Economic Forum [5]. Turkey is also among countries that has interest on the Industry 4.0. The major objective of this study is to assess the public and academic interest of Turkish residents on the topic. For this purpose, two different analyses were performed. The first one was to search for the interest of public in Turkey by using "Google Trend" while the second one was to search for the academic production of the researchers in Turkey by using academic publication counts.

There are studies that focus on analysing the efforts on this topic such as Liao et al. (2017) proposed a research agenda for reviewing past, present and future of Industry 4.0 and presented productive countries, institutions and etc on this topic [9]. However, there is limited number of study including Turkey on this topic. Therefore; this study is expected to beneficial to reveal the changing interest of Turkish public and researchers.

The rest of this paper was structured as follows. Section 2 provided information for used methodology and the data collection process. Section 3 presented the results of the analysis. Lastly, section 4 concluded the present study.

II. METHODOLOGY

In this study, the efforts of Turkey on Industry 4.0 were searched by performing different analyses. First of all, an analysis was conducted by using the data supplied by "Google Trends" in order to find public interest on this topic in Turkey. "Google Trends" is a useful search tool of Google that allows internet users to observe the frequency of searches for a single term or phrase over time or by a specific geographic region [10]. The data provided by Google Trends are scaled to the average search traffic and normalized on a relative rather than absolute for the chosen search term or phrase [11]. In this analysis, the answers of the following questions were searched:

- How has the Internet search behavior of Turkey for the terms "Industry 4.0" and "Endüstri 4.0" changed over time?
- Which regions of Turkey searched on Industry 4.0 relatively more?
- Which terms and phrases were searched along with the "Industry 4.0"?

As the second phase, the academic productivity of Turkish residents on Industry 4.0 was analysed by querying the papers listed by "Thomson Reuters Web of Science (WoS) All Databases". WoS consists of considerable amount of database, citations, and scientific paper references in sociological,

technological, scientific, and humanistic disciplines [12] [13]. WoS also includes all SCI-Soc-SCI and Expanded-SCIE indexed articles [14] [13]. In this analysis, the search term "Industry 4.0" was used within the topic field. The time range was not restricted. Thus, publications published from 1966 to 17th July 2017 were collected.

III. RESULTS

In this section of the study, the results of the performed analysis are presented.

A. "Google Trends" Analysis

For this analysis, two different terms were used. The first one is the term "Industry 4.0" and the second one is the Turkish of the same term: "Endüstri 4.0". Figure 1 represents the interest over time for the term "Industry 4.0" while figure 2 represents for "Endüstri 4.0". Interest over time is defined as follows by Google Trends [15]: "Numbers represent search interest relative to the highest point on the chart for the given region and time. A value of 100 is the peak popularity for the term. A value of 50 means that the term is half as popular. Likewise a score of 0 means the term was less than 1% as popular as the peak."

Thus, it can be seen that Industry 4.0 started to be popular in public through the end of 2013 while it was through the half of the year 2014 for Endüstri 4.0. However, the popularity of the term Industry 4.0 fluctuated significantly until the half of 2015. Subsequently, although there was slight decrease in some months, the popularity of this term increased in general until the May, 2016. It dropped significantly in July and August, 2016. One of the important reasons of this decrease may be the political issue that Turkey went through at this time. It reached the peak point at June 2017. The interest over time for the term Endüstri 4.0 showed similar trends with the first term. It also decreased significantly in July 2016 as for the first term. However, the popularity of this term started to increase considerably after 2016.

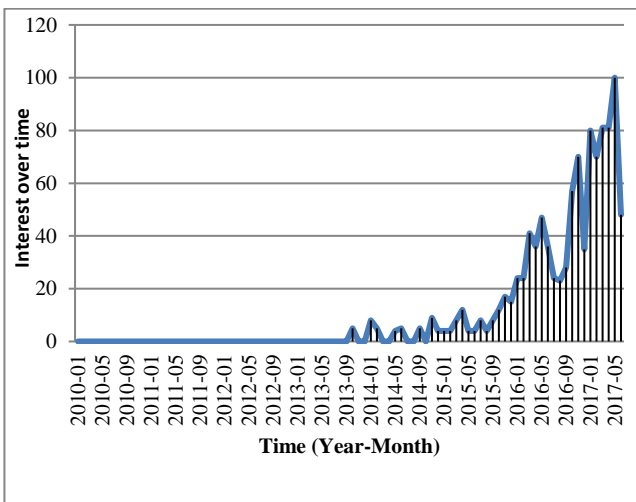


Fig. 1. The interest over time for the term "Industry 4.0"

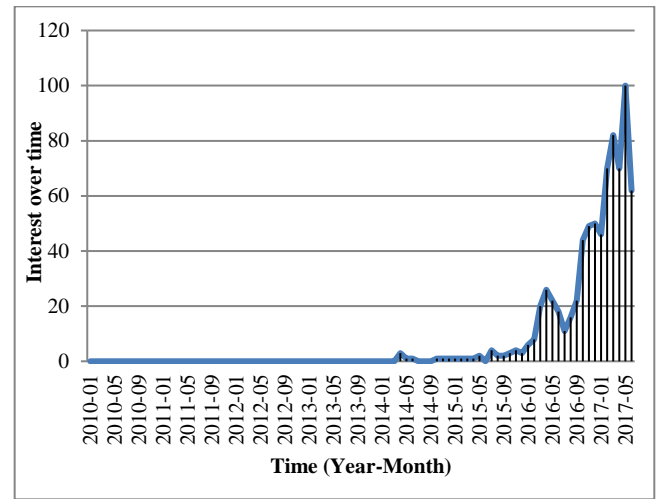


Fig. 2. The interest over time for the term "Endüstri 4.0"

The top regions where people search for these two terms searched are presented in table XXXVIII. For the term Industry 4.0, "Google Trends" could classify only three regions. These are İstanbul, İzmir, and Ankara respectively. For the term Endüstri 4.0, "Google Trends" could classify much more regions when compared with the first one. The first eight of them listed at Table XXXIX. This term was popular in Isparta, Kocaeli, and Sakarya at most respectively.

TABLE XL
TOP REGIONS FOR THE SEARCH TRAFFIC

	Industry 4.0	Endüstri 4.0
Top Regions	İstanbul	Isparta
	İzmir	Kocaeli
	Ankara	Sakarya
	*	Eskişehir
	*	Bursa
	*	İstanbul
	*	İzmir
	*	Ankara

The related topic that users searched these terms also searched for what kinds of topic were analysed in this study. Table II represents the related topics for two terms. People who were interested in Industry 4.0 and Endüstri 4.0, also mostly searched on manufacturing, industry, revolution and internet of things.

TABLE II
RELATED TOPICS

	Industry 4.0	Endüstri 4.0
Related Topics	Manufacturing	Industry
	Industry	Revolution
	Internet of Things	Internet of Things
	Technology	Presentation
	Robot	Management

The queries that people are interested with the examined terms were analysed in the content of this study. Table III presents these queries. For the term "Industry 4.0", Google Trends was not able to find enough to data to evaluate the related queries. However, it was able to find queries for the term "Endüstri 4.0". These queries were mostly to learn about this topic. For example; people generally searched for what the industry 4.0 is or pdf documents which includes information about industry 4.0 to become familiar on this topic.

TABLE III
RELATED QUERIES

Related Queries	Industry 4.0	Endüstri 4.0
	*	Endüstri 4.0 nedir
	*	Endüstri 4.0 pdf
	*	Endüstri 4.0 ekşi

B. Analysis on Scientific Publications

In order to evaluate the efforts of researchers on industry 4.0 in Turkey, the publications which has an address from Turkey were examined. "Web of Science All Databases" was searched without time restriction. Thus, publications published from 1966 to 17.07.2017 for the term "Industry 4.0" was collected to analyse.

A total of 606 publications were found all over the world with the determined search term. However, when the addresses of authors checked from the same database, only 3 of all publications had at least one author who has a Turkish address. This is less than 0.5% of all publications.

The document type of all of these three publications was "conference paper". Two of them were from the same conference that was called as "15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training" which was conducted in Istanbul while the other one was from the "5th International Conference on Leadership, Technology, Innovation and Business Management". This was also arranged in Istanbul.

All of these conference papers were published in 2016 according to the data supplied by Web of Science All Databases. Thus, we may say that the Industry 4.0 topic started to attract the attention of the researchers in recent years because there were only a few papers that were interested in 4.0. There is still not any SCI-SSCI or E-SCI articles in the selected database.

The results of the analysis on scientific publications show that Turkey has not paid enough attention on this topic on the academic basis. However, in order to learn well about the Industry 4.0 and improve ourselves on this topic, the support and efforts of the researchers cannot be underestimated. That is why leading and encouraging the Turkish researchers on this topic may help to understand and act for Industry 4.0 for Turkey.

IV. CONCLUSIONS

Competition among the countries to get as share in the global market has been increasing with the developing technologies. At that point, the fourth industry revolution is an important milestone to have a voice in this competition. Thus,

understanding the requirements of Industry 4.0 and acting to implement these requirements to our production areas is a vital factor to be a strong economy in the future world. That is why, this paper mainly focused on searching for the interest of Turkey on Industry 4.0.

For this aim, the interest of the public and the researchers in Turkey were examined by using the data supplied by "Google Trends" and "Web of Science All Databases".

The results showed that the interest of the public for Industry 4.0 started to increase after 2015. The top regions that searched about Industry 4.0 changed according to search terms. Istanbul, Izmir, and Ankara were the top regions for Industry 4.0 while Isparta, Kocaeli, and Sakarya were the top one for the term "Endüstri 4.0". Although Turkish public started to examine about Industry 4.0 later than the developed countries, the increasing search traffic for this topic in recent years can give us hope about that we can still have chance to catch the developed countries.

The analysis on the scientific publications also indicated that the researchers in Turkey started to pay attention on this topic after 2015. That is why; there are limited numbers of publications which has at least one author who has a Turkish address. This is a disappointing score because the researchers of a country must be the pioneers to lead public of that country to pay attention on critical topics. However, Turkish researchers were not so productive on Industry 4.0 to lead and teach communities and public about this revolution. For that reason, encouraging researchers to study on this topic is also crucial to catch the developed countries for Industry 4.0.

In the light of the performed analysis, it can be said that Turkey needs to explain the importance of Industry 4.0 to the researchers and also the public to be the ongoing competition in the global market comprehensively. For this aim, Turkey should make critical efforts and improve itself.

REFERENCES

- [1] M. J. Cetron and O. Davies, "Trends now changing the world: Technology, the workplace, management, and institutions", *Futur. Wash.*, vol. 35, pp. 27–42, Apr. 2001.
- [2] S. Qin and K. Cheng, "Special issue on future digital design and manufacturing: Embracing industry 4.0 and beyond", *Chin. J. Mech. Eng.*, vol. 29, pp. 1045–1045, Nov. 2016.
- [3] M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller, and M. Rosenberg, "How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective" [Online]. Available: <http://www.produktionstechnik.rwth-aachen.de/cms/Produktionstechnik/Forschung/Publikationen/~gpia/Details/?lidx=1&file=465283>.
- [4] G. H. Hong, S. C. Park, D. S. Jang, and H. M. Rho, "An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship", *Expert Syst. Appl.*, vol. 28, pp. 629–639, May. 2005.
- [5] E. Hofmann and M. Rüsçh, "Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics", *Comput. Ind.*, vol. 89, pp. 23–34, August. 2017.
- [6] A. Varghese and D. Tandur, "Wireless requirements and challenges in Industry 4.0", in 2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), 2014, pp. 634–638.
- [7] F. Shrouf, J. Ordieres, and G. Miragliotta, "Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm", in 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2014, pp. 697–701.

- [8] J. Horak, "Does industry 4.0 influence efficiency of financial management of a company?", [Online]. Available:https://msed.vse.cz/msed_2016/article/174-Horak-Josef-paper.pdf.
- [9] Y. Liao, F. Deschamps, E. de F. R. Loures, and L. F. P. Ramos, "Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal", *Int. J. Prod. Res.*, vol. 55, pp. 3609–3629, Jun. 2017.
- [10] S. Fazeli Dehkordy, R. C. Carlos, K. S. Hall, and V. K. Dalton, "Novel Data Sources for Women's Health Research", *Acad. Radiol.*, vol. 21, pp. 1172–1176, Sep. 2014.
- [11] A. Seifert, A. Schwarzwald, K. Geis, and J. Aucott, "The utility of 'Google Trends' for epidemiological research: Lyme disease as an example", *Geospatial Health*, vol. 4, pp. 135–137, May. 2010.
- [12] A. D. Sánchez, M. de la Cruz Del Río Rama, and J. Á. García, "Bibliometric analysis of publications on wine tourism in the databases Scopus and WoS", *Eur. Res. Manag. Bus. Econ.*, vol. 23, pp. 8–15, Jan. 2017.
- [13] Z. D. Unutmaz Durmuşoğlu and P. Kocabey Çiftçi, "An analysis of trends in publications on 'tobacco control'", *Health Educ. J.*, vol. 76, pp. 544–556, Agust. 2017.
- [14] A. Durmuşoğlu, "A pre-assessment of past research on the topic of environmental-friendly electronics", *J. Clean. Prod.*, vol. 129, pp. 305–314, Agust. 2016.
- [15] "Google Trends", Google Trends. [Online]. Available: [/trends/explore](https://trends.google.com/trends/explore).

Farklı Regresyon Analizi Yöntemleri Kullanılarak Ev Fiyatlarının Tahmini

Fidan Kaya Gülağz, Ekin Ekinci

Computer Engineering Department, Faculty of Engineering, Kocaeli University
41380 Kocaeli, Turkey

{fidan.kaya, ekin.ekinci}@kocaeli.edu.tr

Özet— Değişkenler arasındaki ilişkileri tespit etmek için kullanılan regresyon yöntemleri, pek çok farklı alanda uygulanmaktadır. Fiyat tahminine ihtiyaç duyulan uygulamalar bu yöntemlerin kullanıldığı alanlardandır. Bu alanda kullanılacak verilerin içeriğine uygun olarak en iyi sonucu verecek yöntemin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada konut fiyatlarının belirli özelliklere bağlı olarak, regresyon analizi yöntemleri aracılığıyla tahmin edilmesi sağlanmıştır. Bu amaçla doğrusal regresyon analizi, karar ağacı regresyonu ve random forest regresyon yöntemleri gerçek veriler üzerinde test edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda doğrusal regresyon yönteminin konut fiyatlarının tahmini için modellemeyi diğer yöntemlere göre daha doğru olarak gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler— Doğrusal regresyon, karar ağacı regresyon, random forest regresyon, fiyat tahmini.

I. GİRİŞ

Regresyon analizi; istatistik bilimini temel alarak rasgele değişkenlerin davranışı modelleyen yöntemdir. Analizde kullanılacak değişken sayısı tek ya da birden çok olabilir. Çok değişkenli analizde belirlenen bir bağımlı değişken üzerinde diğer değişkenlerin etkisi, kullanılan yöntemlere göre hesaplanan katsayılar aracılığıyla elde edilmektedir. Elde edilen katsayılar ilgili değişken için regresyon katsayısı olarak ifade edilmektedir. Katsayılar özelliğin bağımlı değişkene bağlılık derecesini ifade etmektedir. Yapılan analizin amacı hesaplanan katsayılar ile bağımlı değişken arasında bir ilişki elde edebilmektir.

Regresyon analizi pazar araştırmaları, finans, sosyal bilimler, ekonomi, fizik, kimya gibi pek çok farklı alanda kullanılmaktadır. Fiyat tahmini uygulamaları regresyon analizi yöntemlerinin sık kullanıldığı alanların başında gelmektedir. Bu alanda regresyon analizi kullanılarak geliştirilen uygulamalar stok fiyat tahmini [1-3], döviz fiyatlarının tahmini [4], elektrik fiyatları tahmini [5], konut fiyatları tahmini [6-8] gibi geniş bir yelpazede çeşitlilik göstermektedir. Bu çalışmada konut fiyatlarının tahmini amacıyla kullanılacak regresyon yöntemleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır.

Günümüzde teknolojinin ve insanların yaşam standartlarının değişmesi ve gelişmesiyle birlikte konutlar insanlar için sadece bir barınak olmanın dışında bireylerin içerisinde kendilerini mutlu, huzurlu hissettikleri, kişiliklerini geliştirebildikleri, her anlamda kendilerini rahatça ifade ettikleri özel alanlara dönüşmüştür. Bu nedenle bireylerin ihtiyaçlarını tam olarak karşılayacak kendileri için ideal konutlara sahip olmaları gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. İstenilen özelliklere sahip konutu edinme aşamasında konutun bulunduğu konuma

ve aranan özelliklere göre bütçe ve fiyat analizinin doğru olarak yapılması gerekmektedir. Aynı zamanda yatırım amaçlı gayrimenkul satın almak isteyen bireyler de benzer şekilde fiyat analizi yapan uygulamalara ihtiyaç duymaktadır. Yine sigorta şirketleri için de konut fiyatı tahmini oldukça önemli olup fiyat analizi yapan uygulamalar bu şirketler için önemli bir ihtiyaç haline gelmektedir.

Literatürde konut fiyatlarını belirlemeye yönelik olarak gerçekleştirilmiş pek çok çalışma bulunmaktadır. Fan ve arkadaşları [9] tarafından konut özellikleri ve fiyatları arasındaki ilişkiyi belirlemek için yeni bir karar ağacı regresyon modeli önerilmiştir. Ecer [7] tarafından Türkiye'deki konut fiyatlarını tahmin etmek için Hedonik Regresyon yöntemi ile yapay sinir ağları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda yapay sinir ağları kullanılarak geliştirilen modelin daha başarılı olduğu gösterilmiştir. Özsoy ve Şahin [10] tarafından İstanbul'daki konut fiyatları üzerinde etkili olan özellikleri tespit etmek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Analiz için sınıflandırma ve karar ağacı regresyon analizi yöntemleri kullanılmıştır. Goldberg ve Harding [11] tarafından yapılan çalışmada konut kredilerinin konut özellikleri ile ilişkileri belirlenmiştir. Bin [12] tarafından yarı parametrik regresyon yöntemi kullanılarak konut fiyatlarını tahmin etmeye yönelik bir çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda yarı parametrik modellerin parametrik modellere göre %10-20 oranında daha doğru tahmin yaptığı belirtilmiştir. Fitöz ve Öztürk [13] tarafından yapılan başka bir çalışmada konut piyasasındaki belirleyici etmenleri tespit etmek amacıyla doğrusal regresyon yöntemi kullanılmıştır. Ankara'daki konut fiyatlarının tahmini için Tuna ve arkadaşları [8] tarafından bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışma ile hem Ankara'daki konutların ortalama metrekare birim fiyatı hem de özellik bazında fiyat artışları tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında konut fiyatı tahmini için kullanılan üç farklı regresyon yönteminin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla doğrusal regresyon analizi, karar ağacı regresyonu ve random forest regresyon yöntemleri kullanılmıştır ve hangi yöntemin konut özellikleri / fiyatlarını içeren veriler üzerinde daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Makalenin bundan sonraki bölüm şu şekilde organize edilmiştir; ikinci bölümde kullanılan yöntemlerin detaylı olarak açıklaması verilmiştir. Kullanılan veri kümesi ve ön işleme adımları, performans değerlendirme ölçütleri ile deneysel sonuçlar üçüncü bölümde gösterilmiştir ve dördüncü bölümde çalışmanın sonuçları verilerle makale sonlandırılmıştır.

II. İLGİLİ YÖNTEMLER

A. Doğrusal Regresyon

Doğrusal regresyon yöntemi 1805 yılında Legendre [14] tarafından bulunmuş, en temel etiketli öğrenme yöntemlerinden bir tanesidir. Temelde en küçük kareler yönteminin mantığı ile işlem yapmaktadır. Bir ya da daha çok değişken arasındaki bağlantıyı tespit etmek için kullanılır. Yöntemde tek değişken kullanılarak analiz yapılıyorsa tek değişkenli regresyon, birden çok değişken kullanılıyorsa çok değişkenli regresyon olarak ifade edilir. Yöntem bağımlı ve bağımsız değişken olarak ifade edilen iki farklı değişken içermektedir. Veri kümesinde yer alan değişkenlerden bir tanesi bağımlı, geri kalan değişkenler ise bu değişken üzerinde farklı oranlarda etkiye sahip bağımsız değişkenlerdir. Yani veri kümesinde yer alan sınıf etiketi bağımlı değişkendir ve veri kümesinde yer alan özelliklerden (bağımsız değişkenlerden) etkilenmektedir. Özellikler de birbirinden bağımsızdır. Doğrusal regresyon yöntemini ifade etmek için kullanılan genel eşitlik Eşitlik 1'de gösterilmiştir.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_l x_{ij} + \varepsilon_i, \quad i=1..n \quad (1)$$

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (2)$$

Eşitlik 1'de yer alan y_i değişkeni veri kümesinde yer alan sınıf değişkenini ve aynı zamanda yöntemdeki bağımlı değişkeni, x_i değişkeni ise veri kümesindeki özellikleri / bağımsız değişkenleri ifade etmektedir. β_l değişkenleri ise özelliklere ait etki katsayılarını göstermektedir. Burada veri kümesinde j sayıda özellik ve n adet veri (sıra) bulunduğu kabul edilmiştir. Yöntemin amacı bilinmeyen β_l katsayılarını elde etmektir. Eşitlik 1 Eşitlik 2'de gösterildiği gibi vektör formunda gösterilebilir.

$$y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}, \quad X = \begin{pmatrix} X_1^T \\ X_2^T \\ \vdots \\ X_n^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1l} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2l} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nl} \end{pmatrix}, \quad \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_l \end{pmatrix}, \quad \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\bar{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y \quad (4)$$

Veri kümesini de $\{y_i, x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{il}\}_{i=1}^n$ şeklinde vektör formunda ifade edebiliriz. Bu durumda Eşitlik 2'de yer alan y değişkeni n adet veriden oluşan bir sütun vektörü, X değişkeni bağımsız değişkenler matrisinin transpozunu, β değişkeni l satırdan oluşan bir sütun vektörünü ve ε , n satırdan oluşan hata değerlerine ait sütun matrisini ifade etmektedir. Değişkenlerin detaylı açıklaması Eşitlik 3'te gösterilmiştir. Tahmini katsayı değerleri $\bar{\beta}$ değişkeni kullanılarak ifade edilirse, çözümü verecek katsayıların tamamı Eşitlik 4 kullanılarak elde edilebilir.

B. Karar Ağacı Regresyon

Karar ağacı, regresyon analizi yapmak ya da bir sınıflandırıcı elde etmek için kullanılan ağaç tipinde bir veri yapısıdır. Kullanılacak veri kümesini her seferinde alt kümeler bölerek işlem yapar. Karar düğümleri ve yapraklardan oluşur. Karar düğümleri her seferinde özelliğe bağlı olarak iki ya da daha fazla alt dala ayrılır. Yaprak düğümü kararın verildiği ağacın en sonundaki düğümleri temsil eder. Karar ağaçlarının temelini Quinlan [15] tarafından ortaya atılan ID3 algoritması oluşturmaktadır. ID3 algoritmasındaki bilgi kazancı hesabı standart sapma ile değiştirilerek yöntem regresyon analizi için kullanılabilir.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x - \mu)^2}{n}} \quad (5)$$

$$S(T, X) = \sum_{c \in X} P(c) S(c) \quad (6)$$

$$SDR(T, X) = S(T) - S(T, X) \quad (7)$$

Eşitlik 5'te bir özellik için standart sapma hesabı ve Eşitlik 6'da iki özellik için standart sapma hesabının nasıl yapılacağı gösterilmiştir. Formüllerde yer alan μ değişkeni özelliğe ait ortalamayı, n özellikte yer alan veri sayısını ve c değişkeni ilgili özelliğin alabileceği farklı değerleri göstermektedir. Ağacın kurulması aşağıdaki gibi gerçekleştirilir;

1. Sınıf etiketi için Eşitlik 5'te gösterildiği gibi standart sapma değeri hesaplanır.
2. Veri kümesinde yer alan her özellik için, sınıf etiketi ile birlikte Eşitlik 6'da gösterildiği gibi ikili standart sapma hesabı yapılır.
3. Birinci adımda elde edilen standart sapma değerinden her bir özellik için ikinci adımda hesaplanan standart sapma değeri çıkartılarak her özellik için Eşitlik 7'de gösterildiği gibi standart sapma indirgemesi elde edilir.
4. En büyük standart sapma indirgemesine sahip özellik karar düğümü olarak seçilir.
5. Seçilen özelliğin bölümlene değerlerine göre alt dallara ait veri kümeleri elde edilir.
6. Tüm yapraklar elde edilene kadar işlem 1. adıma dönerek öz yinelemeli olarak devam eder.

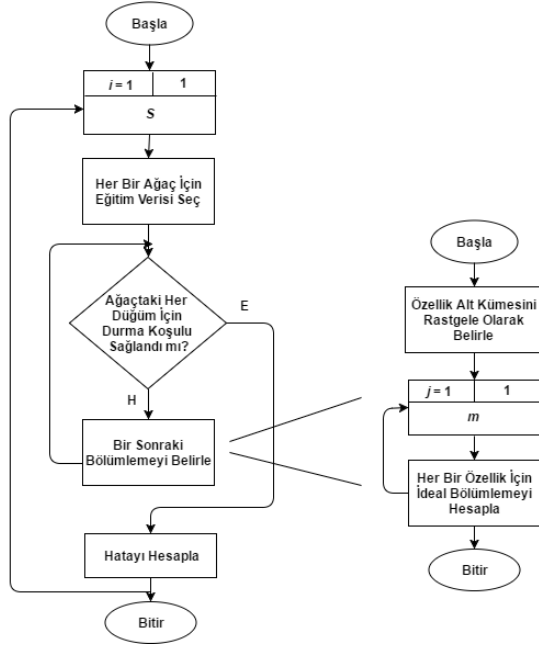
C. Random Forest Regresyon

Random Forest yöntemi pek çok karar ağacından oluşan bir topluluk sınıflandırıcısıdır. 1995 yılında Kam Ho [16] tarafından ortaya atılmıştır. Yöntemde oluşturulacak olan ağaçların sayısı için literatürde kesin bir değer belirtilmemiştir. Bu nedenle kullanılan veri kümesine uygun olarak s sayıda farklı ağaç kullanılarak hata değerindeki artışa bakılmalıdır. Analizi yapılacak veri kümesinin M özellik ve N satırdan oluştuğunu kabul edersek, algoritmada yer alacak her bir alt ağacı elde etmek için aşağıdaki adımlar uygulanır.

- Ağacın her bir düğümünde karar vermek için kullanılacak değişkenlerin sayısı m ile ifade edilirse, $m < M$ olmalıdır.

- N satırdan oluşan eğitim setinden rastgele olarak n satır seçilir. Kalanlar ise oluşan ağacın hatasını tahmin etmek için kullanılır.
- Ağacın her bir düğümü için o düğümdeki kararın dayandığı m değişken rastgele olarak seçilir.
- Eğitim seti kullanılarak bu m değişken için en iyi bölümlenmeler hesaplanır.
- Her ağaç veri kümesi kullanılarak tüm yapraklar elde edilene kadar budama yapılmadan oluşturulur.

Random Forest algoritmasının akış diyagramı Fig. 1'de detaylı olarak gösterilmiştir.



Random Forest algoritması akış diyagramı

Random Forest algoritması büyük veri kümeleri üzerinde kolaylıkla işlem yapabilen bir yöntemdir. Alt ağaçları kullanarak işlem yapması sebebiyle özellik indirgemesine ihtiyaç duymadan işlemleri gerçekleştirebilir. Aynı zamanda farklı özellik seçimlerine bağlı olarak işlem yaptığı için sınıf etiketinin belirlenmesinde etkisi yüksek özelliklerin tespit edilmesini de sağlamaktadır.

III. VERİ KÜMESİ VE DENEYSSEL ÇALIŞMA

A. Veri Kümesi ve Önışleme

Deneysel çalışma için kullanılan veri kümesi, tahmin modelleme ve analitik yarışmalarında kullanılan ve önemli bir platform olan Kaggle'den¹ elde edilmiştir. Dean De Cock tarafından derlenen veri kümesi; konutlara ait özellikler

üzerinden bu konutlara ait satış fiyatlarının regresyon yöntemleri ile tahmin edilmesi amacıyla oluşturulmuştur.

Veri kümesi 1460 farklı konut için 79 farklı özellik ve bu özelliklere göre de konutların fiyatlarını içermektedir. Bu 79 özelliğin 43 tanesi kategorik değer alırken geriye kalan 34 tanesi sayısal değer almaktadır. Eldeki bu küme kayıp değerler ve kategorik değerler içermesi nedeniyle veri madenciliği temel adımlarından olan ön işleme tabi tutulmuştur. Önışleme adımı makine öğrenmesi çalışmalarında kullanılan ve açık kaynak kodlu bir yazılım olan WEKA (The Waikato Environment for Knowledge Analysis, versiyon 3.8.1)'dan yararlanılmıştır. İlk olarak 1992 yılında bir proje olarak başlayan WEKA kullanıcılarına sağladığı popüler makine öğrenmesi yöntemleri, veri önışleme adımları, kullanıcı dostu arayüzü ve diğer pek çok özelliği ile günümüzün en çok tercih edilen makine öğrenmesi yazılımıdır [17].

Veri kümesinin ve önışleme adımlarının daha detaylı açıklanması için veri kümesindeki bazı özellikler ve bu özelliklerin aldıkları değerler aşağıda verilmiştir. İlk özellik olan MSSubClass satışı konut tipini tanımlamaktadır. Bu özellik sayısal değer almakta olup değerleri 20 ile 190 arasında değişmektedir. Bu özellik hem sayısal olması hem de kayıp değer içermemesi nedeniyle bir önışleme adımı tutulmamıştır. İkinci özellik kategorik değer alan MSZoning özelliğidir. Satışı yapılacak konutun imar açısından sınıflandırmasını tanımlayan bu özellik RL (ikamet yoğunluğu düşük), RM (ikamet yoğunluğu orta), C (all) (ticari), FV (köy konutları), RH (ikamet yoğunluğu yüksek) olmak üzere 5 değer almaktadır. Regresyon analizi sayısal değerler ile gerçekleştirildiği için kategorik değerlerin sayısal değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla WEKA'daki RenameNomialValues filtresinden yararlanılmış ve RL, RM, C (all), FV ve RH değerleri sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5 değerlerine dönüştürülmüştür. Veri kümesindeki üçüncü özellik LotFontage özelliğidir. Konuta bağlı caddenin uzunluğunu veren bu özellik 21 ile 313 arası sayısal değer almaktadır. Bu özellikte kayıp değerler olduğu için bu kayıp değerler üzerinde ReplaceMissingValues filtresi ile önışleme gerçekleştirilmiştir. Bu filtre kategorik ve sayısal değer alan özelliklerdeki kayıp değerleri ortalama ya da mod değerlerine göre değiştirmektedir. LotFontage özelliğindeki kayıp değerler için ortalama alınarak her bir kayıp değer yerine 70.05 değeri atanmıştır. Pave ve Grvl olmak üzere iki kategorik değerden birini alan Alley özelliğinde ise kayıp değerlere moda göre Grvl değeri atanmıştır. Bu adımlar 79 özellikten gerekli olanlar üzerine uygulanarak veri kümesi regresyon algoritmaları tarafından işlenebilir hale getirilmiş ve deneysel çalışma adımına geçilmiştir.

B. Performans Değerlendirme Ölçütleri

Veri kümesine uygulanan yöntemlerin değerlendirilmesi amacıyla ortalama mutlak hata (Mean absolute error-MAE) ve görel mutlak hata (Relative absolute error-RAE) ölçütlerinden yararlanılmıştır.

¹ <https://www.kaggle.com/c/house-prices-advanced-regression-techniques/data>

Ortalama mutlak hata, gerçek değer ile tahmin edilen değerlerin birbirine ne kadar yakın olduğunu ölçmek için kullanılan bir ölçüttür. Bu hatanın formülü Eşitlik 8’de verilmiştir.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i| \quad (8)$$

Yukarıdaki eşitlikte N örnek sayısı, y_i i . örneğin beklenen değeri, \hat{y}_i i . örneğin tahmin edilen değerine karşılık gelmektedir.

Görelî mutlak hata, gerçek değerler ile beklenen değerler arasındaki yakınlığın gerçek değerlerin ortalaması ile gerçek değerler arasındaki yakınlığa oranıdır. Eşitlik 9 ile görelî mutlak hatanın formülü verilmiştir. Eşitlik 9’da \bar{y} gerçek değerlerin ortalamasına karşılık gelmektedir.

$$RAE = \frac{\sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i|}{\sum_{i=1}^N |\bar{y} - \hat{y}_i|} \quad (9)$$

C. Deneysel Çalışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada, veri kümesine doğrusal regresyon, karar ağacı regresyon ve random forest regresyon yöntemleri uygulanmıştır. Yöntemler mutlak hata ve görelî mutlak hataya göre 10 iterasyonda 10 kat çapraz doğrulama kullanılarak değerlendirilmiştir. 10 kat çapraz doğrulamada veri kümesi 10 parçaya ayrılmış ve her iterasyonda farklı bir parça kullanılmak üzere bu 10 parçadan biri test kümesi geri kalan 9 parça ise eğitim kümesi olacak şekilde deneyler gerçekleştirilmiştir. Yani her iterasyonda test kümesi 146 örnek içermekte iken eğitim kümesi 1314 örnek içermektedir.

Uygulama sonucunda her yöntem için elde edilen sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

DENEYSEL SONUÇLAR

Hata Ölçütleri	Yöntemler		
	Doğrusal Regresyon	Karar Ağacı Regresyon	Random Forest Regresyon
MAE	17550.4452	28759.137	17837.7775
RAE	% 30.5519	% 50.064	% 31.0521

Yöntemlerin hata ölçütleri değerlendirildiğinde en başarılı yöntemin doğrusal regresyon yöntemi olduğu gözlemlenmiştir. En fazla hata oranı ise karar ağacı regresyon ile elde edilmiştir.

Her yöntem için saniye cinsinden çalışma süreleri Tablo 2’de verilmiştir.

Hata Ölçütleri	Yöntemler		
	Doğrusal Regresyon	Karar Ağacı Regresyon	Random Forest Regresyon
İşlem Süresi (sn.)	10.33	0.18	1.38

Yöntemler çalışma süreleri açısından kıyaslandığında ise çalışma süreleri ile hata oranlarının ters orantılı olduğu görülmektedir. En başarılı yöntem olan doğrusal regresyonun çalışma süresi en uzun iken; en fazla hata ile çalışan karar ağacı regresyon ise 0.18 saniye sonucu en hızlı olarak üretmektedir.

IV. SONUÇ

Konut fiyatlarının tahmin edilmesi günümüzde hala güncelliğini koruyan, pek çok farklı disiplin için önemli olan bir çalışma alanıdır. Çalışma kapsamında konut fiyatlarının tahmin etmek amacıyla doğrusal regresyon, karar ağacı regresyon ve random forest regresyon olmak üzere 3 farklı regresyon yöntemi değerlendirilmiştir. Yapılan bu karşılaştırmalı çalışmada sonuçlar 2 farklı hata ölçütü kullanılarak değerlendirilmiştir ve doğrusal regresyon yönteminin en az hata ile en başarılı yöntem olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] N. Ouahilal, M. E. Mohajir and M. Chahhou. Optimizing stock market price predictions using a hybrid approach based on HP filter and support vector regression. Proceedings of the 4th IEEE International Colloquium on Information Science and Technology (CiSt), pp. 290-294, 2016.
- [2] Y. E. Cakra and B. D. Trisedya. Stock price prediction using linear regression based on sentiment analysis. Proceedings of the International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS), pp. 147-154, 2015.
- [3] H. L. Siew and M. J. Nordin. Regression techniques for the prediction of stock price trend. Proceedings of the International Conference on Statistics in Science, Business, and Engineering (ICSSBE), pp. 1-5, 2012.
- [4] A. D. Dubey. Gold price prediction using support vector regression and ANFIS models. Proceedings of the International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), pp. 1-6, 2016. R. Nicole, “Title of paper with only first word capitalized,” J. Name Stand. Abbrev., in press.
- [5] J. Yan, C. Tian, Y. Wang and J. Huang. Online incremental regression for electricity price prediction. Proceedings of the IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI), pp. 31-35, 2012.
- [6] M. Bhuiyan and M. A. Hasan. Waiting to be sold: Prediction of time-dependent house selling probability. Proceedings of the IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics, pp. 468-477, 2016.
- [7] F. Ecer. Türkiye’deki konut fiyatlarının tahmininde hedonik regresyon yöntemi ile yapay sinir ağlarının karşılaştırılması. Proceedings of the International Conference on Eurasian Economies, pp. 1-10, 2014.
- [8] M. F. Tuna and T. Türk, O. Kitapçı. Lineer regresyon ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla ev fiyatlarının tahmin edilmesi:

- Ankara örneği. Proceedings of the 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultay, pp. 1-5, 2015.
- [9] G. Z. Fan, S. E. Ong, and H. C. Koh, "Determinants of house price: A decision tree approach," *Urban Studies Journal*, vol. 43(12), pp. 2301–2315, 2006.
- [10] O. Özsoy and H. Şahin, "Housing price determinants in Istanbul, Turkey: An application of the classification and regression tree model," *International Journal of Housing Markets and Analysis*, vol. 2(2), pp. 167-178, 2009.
- [11] G. M. Goldberg and J. P. Harding, "Investment characteristics of low- and moderate-income mortgage loans," *Journal of Housing Economics*, vol. 12, pp. 151-160, 2003.
- [12] O. Bin, "A prediction comparison of housing sales prices by parametric versus semi-parametric regressions," *Journal of Housing Economics*, vol. 13(1), pp. 68-84, 2004.
- [13] N. Öztürk and E. Fitöz, "Türkiyede konut piyasasının belirleyicileri: Ampirik bir uygulama," *ZKU Journal of Social Sciences*, vol. 5(10), pp. 21-46, 2009.
- [14] A. M. Legendre. *Nouvelles Méthodes pour la Détermination des Orbites des Comètes*, 2nd Edition, Firmin Didot, 1805.
- [15] J. R. Quinlan, *Discovering Rules by Induction from Large Collections of Examples*, Edinburgh University Press, 1979.
- [16] T. K. Ho. Random decision forests. Proceedings of the Third International Conference on Document Analysis and Recognition, pp. 278-282, 1995.
- [17] M. Hall, E. Frank, B. Pfahringer, P. Reutemann and I. H. Witten, "The WEKA data mining software: an update," *SIGKDD Explorations*, vol. 11(1), pp. 10-18, 2009.

Bir insan-robot etkileşimli imalat hücresinde ergonomik çalışma ortam özelliklerinin belirlenmesi

Serkan Güneş¹, Mustafa Yurdakul¹, Yusuf Tansel İç²

¹Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 06570, Maltepe, Ankara, Türkiye
serkan.gunes@gazi.edu.tr, yurdakul@gazi.edu.tr

²Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06810, Bağlıca, Ankara, Türkiye
ytansel@baskent.edu.tr

Özet— İleri imalat teknolojilerinin gelişimine paralel olarak robot sistemlerinin her alanda olduğu gibi endüstriyel imalat süreçleri içinde kullanımı da yaygınlaşmıştır. Robotların ilk kullanımlarında, robotlar ve insanlar görevlerini süreçler içinde ayrı ayrı yerine getirirken, günümüzde robot-insan etkileşiminin yoğunlaştığı iş paylaşım yaklaşımları ortaya çıkmıştır. İnsanlar ve robotlar arasında iş paylaşımı yapılırken, hem robotun hem de insanın çalışma alanında verimli ve iş güvenliğine sahip ergonomik bir çalışma ortamı oluşturma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada; halen sadece insanların çalıştığı bir hidrolik silindir montaj hücresine robotik kolların eklenmesi ile yeniden tasarlanması sırasında iş akışının belirlenmesi ve robot kolları ve insanlar arasında iş paylaşımı yapılması sırasında ergonomi kurallarından faydalanılacaktır. Bu çalışma benzer dönüşümleri yapacak imalatçılar için örnek teşkil edecektir.

Anahtar Kelimeler— Ergonomi, Robotik, İmalat Sistemleri, Montaj Hücreleri, İleri İmalat Teknolojileri

I. GİRİŞ

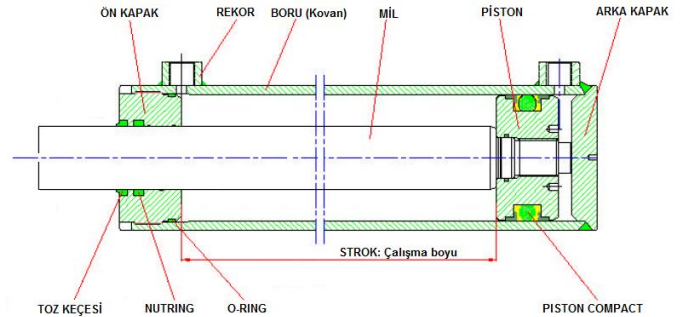
Gelişen teknoloji, müşteri taleplerinde oluşan çeşitlilik, ürünün müşteriye en hızlı ve kaliteli olarak gönderilme gereksinimleri nedeniyle imalat sistemleri önemli değişimlere uğramıştır. Değişimleri belirli bir mantık içerisinde gerçekleştirebilmek için esnek imalat sistemleri ve hücresel imalat gibi yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlar artık günümüzde geçerli olan küçük veya orta parti büyüklüklerine ve yüksek çeşitliliğe sahip parçaları seri üretimin getirdiği faydaları kaybetmeden üretmek için gerekli sistemleri kurmak için kurgulanmışlardır [1-8]. Günümüz imalat sistemlerinde günümüzde üretilen ürünlere değer katmayan işlemlerin en aza indirildiğini, aynı anda sistem içerisinde farklı ürünlerin işlenebildiğini, tezgahlarda farklı ürünler arasında geçiş sürelerinin en aza indirildiğini ve ürün başına düşen maliyetin oldukça düşük olduğunu görmekteyiz [9-11].

İmalat sistemleri içinde, montaj hücreleri ürün çeşitliliğinin artmasını karşılamak için robotlar ile insanları beraber kullanarak insanların esnekliği ile robotların yüksek hızları ve tekrarlanabilirliğinden aynı anda faydalanmak istemektedir. Ancak bu faydaların ortaya çıkması için hücre içinde iş paylaşımının ve akışının doğru planlanması ve özellikle robotlar ile beraber yüksek tempoda uzun süreler çalışacak insanların iş planlamasında ergonomi kurallarının uygulanması

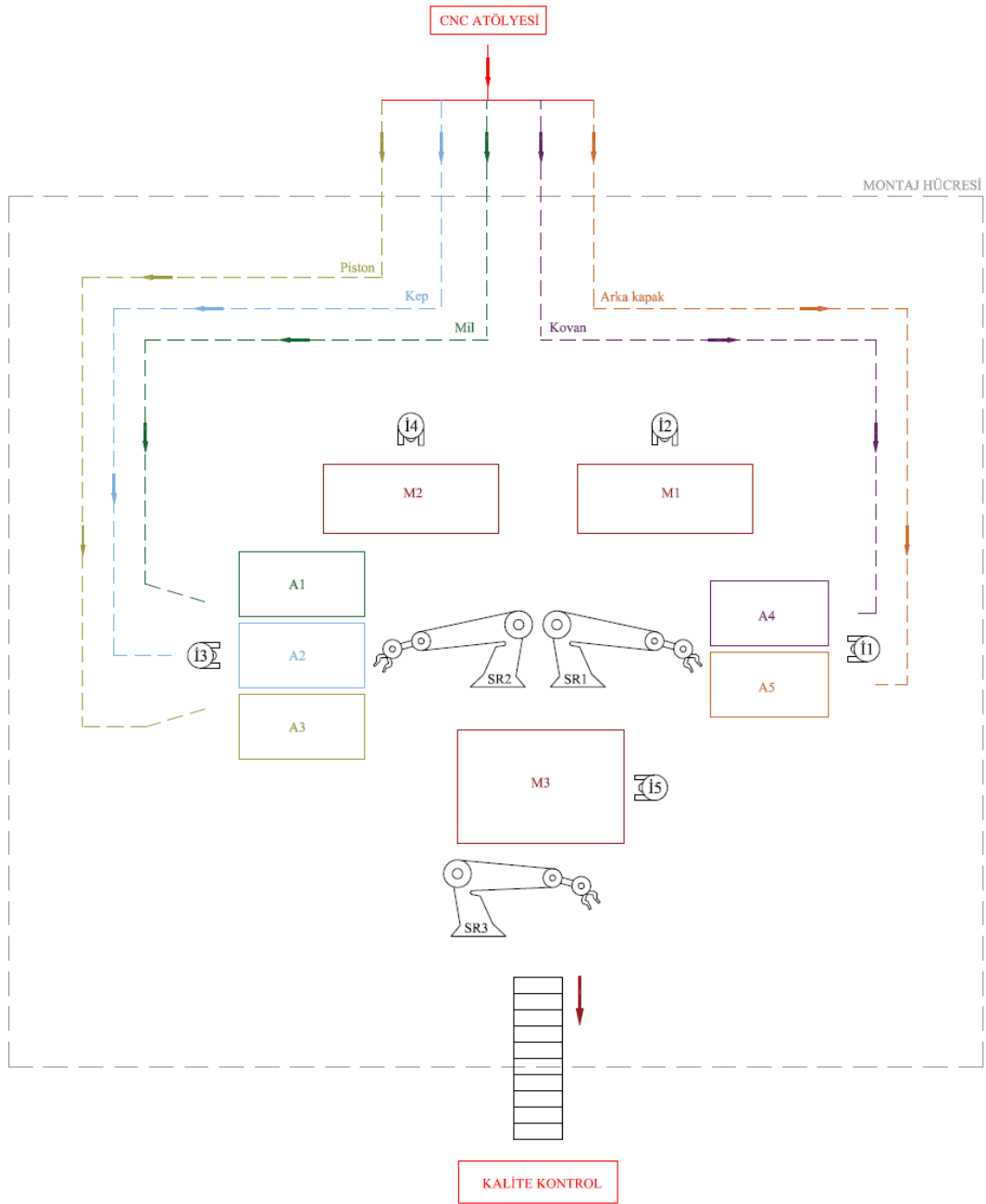
oldukça önem kazanmaktadır [12]. İnsanların işlerini yaparken tüm vücudunun yapılan işe ve iş istasyonuna uyumlu olması, yorulmanın en aza indirilmesi ve duruş bozukluklarının engellenmesi oldukça önemlidir [13]. Bu çalışmada sadece insanların montaj yaptığı bir hidrolik silindir montaj hücresi, robot kollarının eklenmesi ile robot ve insan üretim kaynaklarının beraber montaj yaptığı bir hücreye dönüştürülecektir. Literatürde farklı imalat sistemlerine ergonomik kurallarının uygulanması ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcuttur [13-18].

II. MEVCUT BİR HİDROLİK SİLİNDİR MONTAJ HÜCRESİNİN ROBOT KOLLARI EKLENEREK YENİDEN YAPILANDIRILMASI

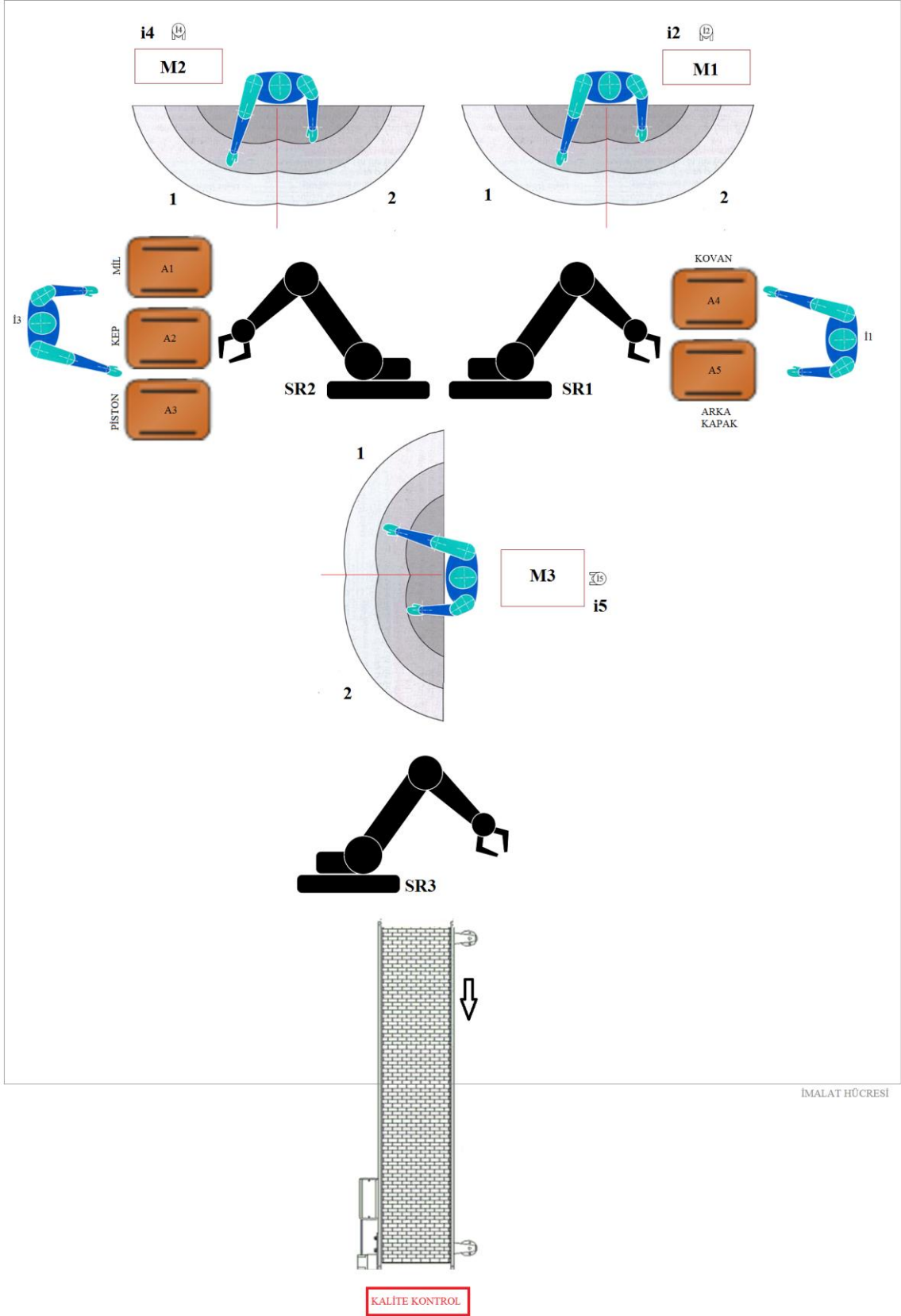
İş makinaları gibi yüksek kaldırma kuvvetlerinin gerektiği ortamlarda hidrolik silindirler yoğun olarak kullanılmaktadır. Hidrolik silindirler; kovan, mil, piston, kep ve arka kapak parçalarından oluşmaktadır (Şekil 1). Bu çalışmada dönüşüm yapılacak hidrolik silindir montaj hücresinde halen sadece işçiler montajı gerçekleştirmektedir. Ancak işçilerin yavaşlığı, hata oranlarının yüksekliği ve çalışma sürelerinin kısıtlılığı gibi nedenlerden dolayı fabrika yönetimi insanların yapmakta olduğu çeşitli işlerin robotlar tarafından yapılarak hücrenin performansını artırma kararı almıştır. Yapılan çalışma sonucu insan ve robotun beraber çalışacağı önerilen yeni montaj hücresinin şematik gösterimi Şekil 2 ve Şekil 3’de verilmiştir. Hücrede yeniden oluşturulan iş akışının şeması ise Ek-1’de sunulmuştur.



Şekil 14 Hidrolik silindir bileşenleri



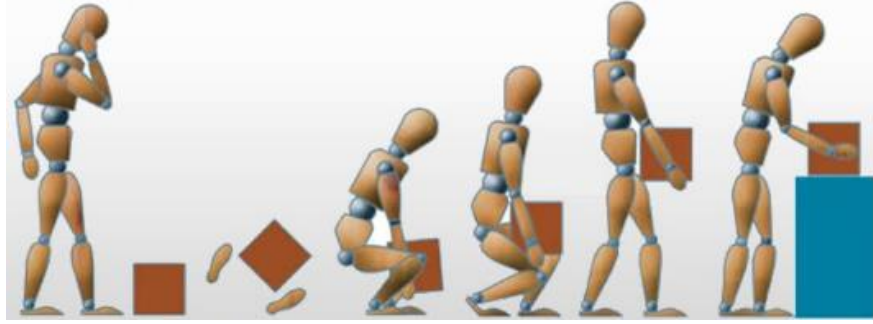
Şekil 2 Önerilen hidrolik silindir montaj hücresi (Şematik gösterim)



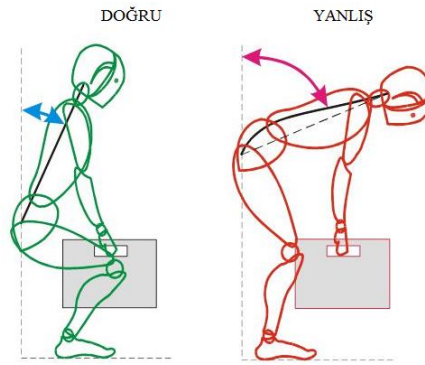
Şekil 3 Önerilen hidrolik silindir montaj hücresi (Şematik gösterim)

Önerilen yeni robot-insan montaj hücrelerinde, İ1 ve İ3 kodlu operatörler (Şekil 2) CNC atölyesinden getirilen parçaları durdukları bekleme alanından alıp A1-A2-A3-A4-A5 kodlu

yarı montaj bölgelerine yerleştirirken sakatlanma risklerini en aza indirmek için uymaları gereken ergonomik yük kaldırma aşamaları şekli Şekil 4 ve Şekil 5'te gösterilmiştir.



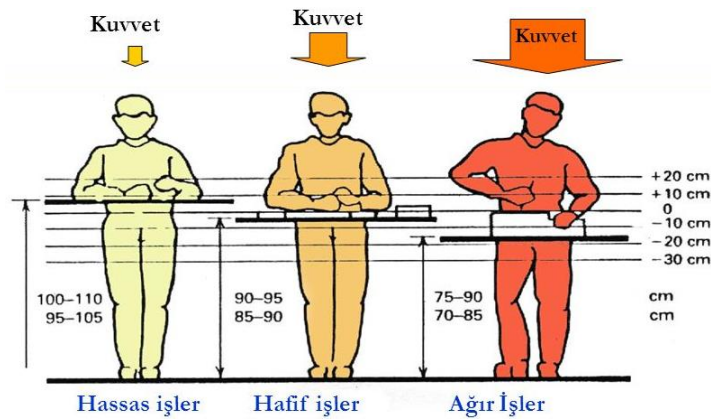
Şekil 4 Altı aşamada yükü alma, taşıma ve yeni yerine yerleştirme [20]



Şekil 5 Yükün doğru ve yanlış kaldırılma yöntemlerinin gösterimi [21]

İ1 ve İ3 montaj işçilerinin parçaları yerleştirdikleri A1-A2-A3-A4-A5 yarı montaj bölgeleri üzerinde aparatların yerleştirildiği çelik konstrüksiyon sehpa tasarlanmıştır. CNC atölyesinden getirilen parçaların beklediği alanlar ile bu montaj sehpaları arasında işçinin en az adım ve hareketi yaparak parçayı kaldırıp montaj sehpasına koyabilmesi için 1,5 metrelik bir mesafe bırakılmıştır. Aynı zamanda, montaja dahil olan parçaların birim ağırlıkları düşüktür. Dolayısıyla, M1, M2 ve M3 montaj sehpaları hafif güç gerektiren montaj işlemlerinin

uygulandığı sehpalar olduğundan Şekil 6'da gösterilen montaj sehpalarından hafif işler için tasarlanmış sehpa seçilmiştir ve tabandan 90 cm'lik bir yüksekliğe sahiptir. Bu yükseklik değeri Türkiye için antropometrik açıdan standart bir değer olup, işçinin parçayı yerine yerleştirirken fazla eğilmesine gerek kalmayacak ve sehpa üzerine yerleştirilen parçaların sehpa üzerinde net bir biçimde görülebilmesine imkan sağlayacaktır.



Şekil 6 Montaj sehpası seçimi ve yüksekliğinin belirlenmesi [21]

Sehpaların üzerinde parçaların yerleştirildiği aparatlar ise basit, az parçalı olarak tasarlanmış ve SR1 ve SR2 robot kollarının parçalara zarar vermeden kavrayabilmesine olanak sağlayacak pozisyonlarda konumlandırılmıştır (Şekil 7). SR1 robot kolu mil, kep, piston gibi zarar görmemesi gereken parçaları taşıdığından dolayı, robot kol tutucusunun parçaları kavrayan kısımları plastik ile kaplanmıştır.

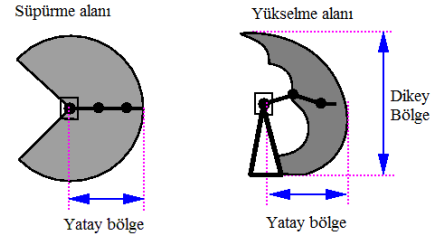


Şekil 7 Robot kol tutucusu [22]

İ2 montaj işçisi SR1 robot kolu tarafından M1 ara montaj sehpasında yer alan aparata bırakılan kovan ve arka kapak montajını yapmaktadır. Tüm ara montaj işlemleri içinde ilk biten bu montaj işlemi vidalı bağlantıyı kullanmaktadır. Montaj işlemi sırasında, İ2 montaj işçisi kovana aparata sabitler, arka kapağı kovanın arka kısmında açılmış dişe vidalı bağlantı ile sabitler.

Proses bitiminde SR1 robot kolu kovan-arka kapak ara montajını alır ve M3 nihai montaj sehpasında konumlandırılmış aparata bırakır. İ4 montaj işçisi ise SR1 robot kolu tarafından M2 montaj sehpasında yer alan aparata bırakılan mile önce kep sonra pistonu geçirir. Pistonun arka kısmına da sabitleme somunu sıkılır ve bu montaj işlemi sonlanır. Biten yarı montaj ürün, SR2 robot kolu tarafından alınır ve M3 nihai montaj bölgesinde aparata bırakılır. İ5 montaj işçisi, M3 nihai montaj sehpasına bırakılan mil-kep-piston ara mamül ürünü, kovan-arka kapak montajının içine sürerek yerleştirir.

Robot kollar ise taşımalar sırasında birden fazla eksenle çeşitli hareketler yaparken kendilerine bir hareket alanı oluşturmaktadır (Şekil 8). İşçiler, robot kolları ile hareket alanı içerisinde eş zamanlı olarak bulunamazlar. Aksi takdirde iş kazaları ve üretimde duraksamalar ortaya çıkma durumu söz konusu olacaktır. Bunun önüne geçmek için, işçilerin çalışma alanları ile robot kolların çalışma alanlarının kesişmesini engellenmelidir. Eğer mecburi kesişmeler söz konusu ise, iş akışı planında süreler ve başlangıç zamanları hesaplanarak işçi ve robot kolun aynı anda aynı noktada bulunmaları engellenir. Beklenmedik tehlikeli ölçüde yaklaşımlar robot kollarında bulunan sensörler tarafından algılanıp çalışma durdurulmalıdır.



Şekil 8 Robot kolun kullandığı alanlar [23]

Tüm robot kollar taşıdıkları parçaları Şekil 9'de verilen ergonomik ölçülere uygun olarak hazırlanmış insanların çalıştığı montaj sehpalarna bırakır.

Montaj sehpalari ve robot kollarını gösteren yerleşim planı ise Şekil 10'da detaylandırılmıştır. Bu çalışmada, robot kollar parçaları ikincil bölgeye bırakır. Montaj işlemi yapan işçi parçayı birincil bölgeye alarak montaj işlemi gerçekleştirir. İşlemi biten ürün robot kol tarafından alınması için ikincil bölgeye yerleştirilir. Robot kolları ve montaj işlemi yapan işçiler arasında iş paylaşımını M1, M2 ve M3 montaj sehpalari için tanımlamak gerekirse;

M1 montaj sehpası için:

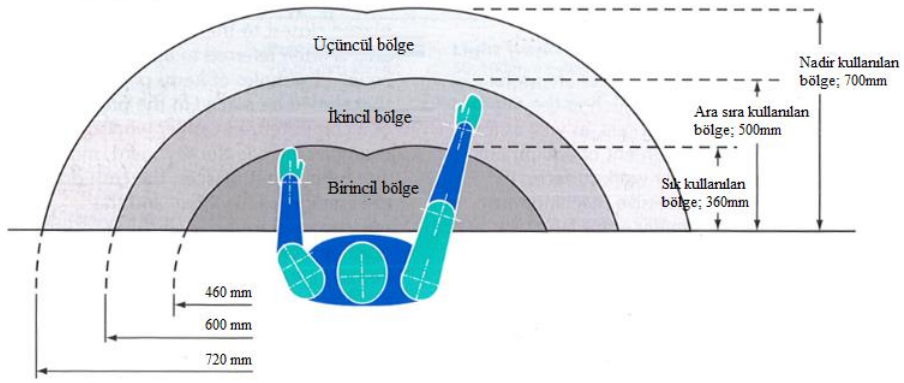
1. SR1 Robot kolu; parçaları M1 montaj sehpasında 1 nolu tarafta gösterilen İkincil Bölge'ye bırakır.
2. İ2 montaj işçisi, parçaları Birincil Bölge'ye alır ve montajı gerçekleştirir.
3. İ2 montaj işçisi, monte edilmiş ara ürünü M1 montaj sehpasında 2 nolu tarafta yer alan İkincil Bölge'ye bırakır.
4. SR1 Robot kolu; M1 montaj sehpasında 2 nolu tarafta yer alan İkincil Bölge'den ara montaj ürünü alır.

M2 ara montaj bölgesi için:

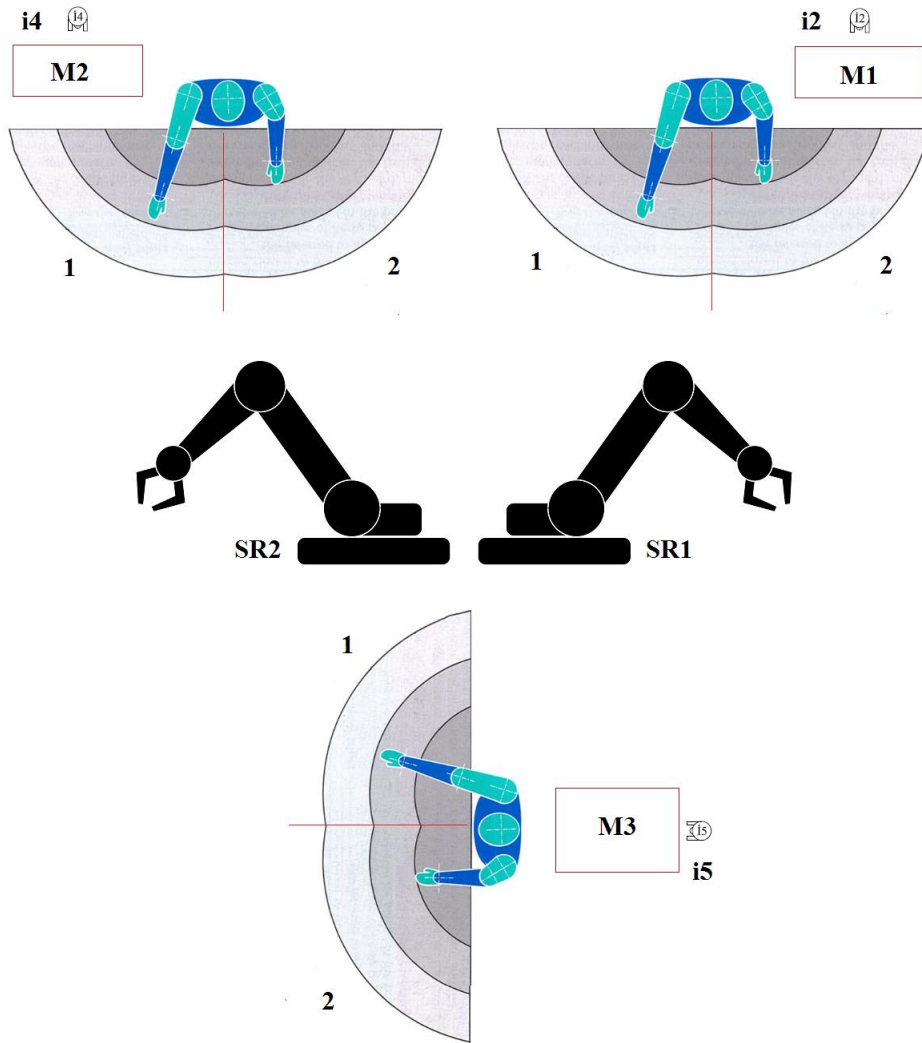
1. SR2 Robot kolu; M2 montaj sehpasında 1 nolu tarafta yer alan İkincil Bölge'ye bırakır.
2. İ4 montaj işçisi, parçaları Birincil Bölge'ye alır ve montajı gerçekleştirir.
3. İ4 operaörü, monte edilmiş ara ürünü 2 nolu tarafta bulunan İkincil Bölge'ye bırakır.
4. SR2 Robot kolu; 2 nolu tarafta bulunan İkincil Bölge'den ara montaj ürünü alır.

M3 nihai montaj bölgesi için:

1. SR1 Robot kolu; M1 montaj sehpasında 1 nolu kısımda bulunan İkincil Bölge'den aldığı kovan-arka kapak ara montaj ürünü M3 nihai montaj sehpasının 1 nolu tarafın İkincil bölgesindeki aparata bırakır.
2. SR2 Robot kolu; M2 montaj sehpasında 2 nolu kısımda bulunan İkincil Bölge'den aldığı mil-kep-piston ara montaj ürünü M3 nihai montaj sehpasının 1 nolu kısmın İkincil bölgesindeki aparata bırakır.
3. İ5 montaj işçisi, M3 montaj sehpasında son ürün montajını 1 nolu kısımda Birincil Bölge'de yapar.
4. İ5 montaj işçisi, montajı tamamlanan son montajlı ürünü 2 nolu kısımda bulunan İkincil Bölge'ye bırakır.
5. SR3 Robot kolu, son montajlı ürünü 2 nolu kısımda bulunan İkincil Bölge'den alır ve Kalite Kontrol Birimine gidecek ürünler arasına bırakır.



Şekil 9 İnsanların çalıştığı montaj sehpası ürün bırakma, işleme ve alınma bölgelerinin gösterimi [19]



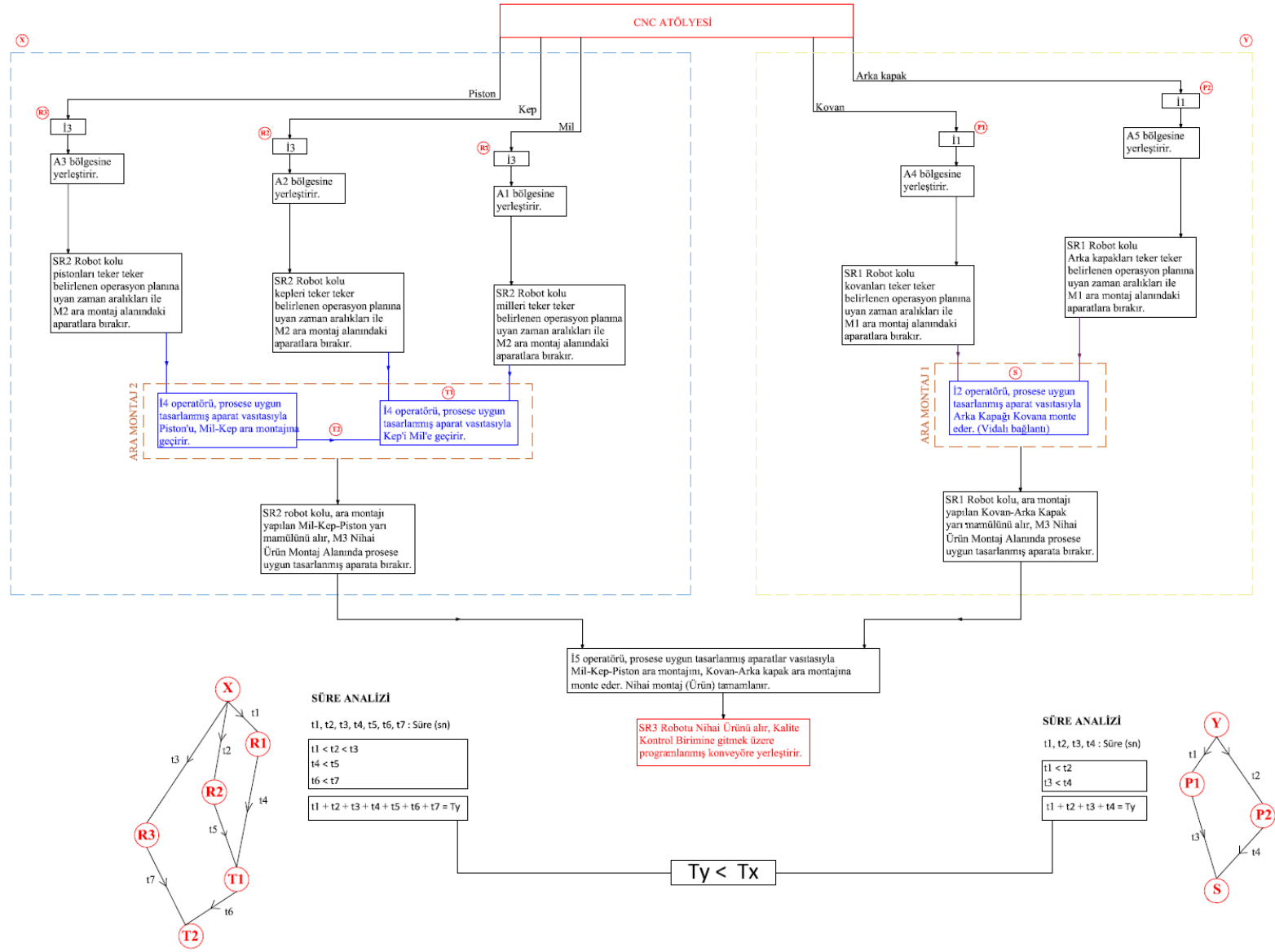
Şekil 10 Taşıma işlemleri yapan robot kolları ve insanların çalıştığı montaj sehpalarnın gösterildiği yerleşim planı [19]

III. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Bu çalışmada, hidrolik silindir ürününü üreten bir montaj hücresi ele alınmıştır. Çalışma, hücre içinde taşıma işlemleri için robot kollarını ve işçilerin montajlarını üzerinde yapacakları montaj sehpaalarını montaj hücresinde kullanarak yeni bir montaj hücresi önermiştir. Önerilen hücre içinde robot kollarının ve montaj işçilerinin iş akışları yeniden oluşturulmuştur. Çalışma yapılırken işçilerin robot kolları ile uyum içinde ergonomik kurallara uygun olarak çalışmalarını amaçlanmıştır. Yapılan çalışma benzer insan ve robotun beraber çalışacağı imalat hücrelerini oluşturma da yol göstericidir.

IV. REFERANSLAR

- [1] Singh, N. ve Rajamani, D., "Cellular Manufacturing Systems designing, planning and control", Chapman&Hall, UK, 277 (1996).
- [2] Arn, E.A., "Group technology: an integrated planning and implementation concept for small and medium batch production", Springer-Verlag, Berlin, (1975).
- [3] Wang, J., "Formation of machine cells and part families in cellular manufacturing systems using a linear assignment algorithm, Automatica, 39, 1607-1615 (2003).
- [4] Heragu, S.S., "Group technology and cellular manufacturing", IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics, 24(2): 203-214 (1994).
- [5] Wemmerlöv, U. ve Hyer, N.L., "Research issues in cellular manufacturing", International Journal of Production Research, 25: 413-431 (1987).
- [6] Öktemer, F.A., "Hİ sistemlerinin tasarımı için bulanık çok amaçlı matematiksel programlama modeli ve çözüm yaklaşımı", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,(2002).
- [7] Olexa, R., "When cells makes sense", Manufacturing Engineering, 128(6): 45-51 (2002).
- [8] Chaneski, W. S., "Cellular manufacturing can help you", Modern Machine Shop, 71(3): 52-53 (1998).
- [9] Soyuer, H. ve Kocamaz, M., "Kesikli üretim yapan işletmelerde hücresel imalat sistemi ve tesis içi yerleşim uygulaması", YAEM XXIV. Ulusal Kongresi Bildirileri, (2004).
- [10] Singh, N., "Design of cellular manufacturing systems: An invited review", European Journal of Operational Research, 69, 284-291 (1993).
- [11] Ciritöğlü, H., "Hücresel İmalat Sistemine göre Mobilya Endüstrisinde Ergonomik Hücre Tasarımı ve Modellenmesi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,(2009).
- [12] Das, B. ve Sengupta, A.K., "Industrial Workstation Design: A systematic Ergonomics Approach", Applied Ergonomics, Cilt 27, No 3, 157-163, 1996.
- [13] Akay D., Dağdeviren M., Kurt M., "Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi", Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Cilt 18, No 3, 73-84, 2003.
- [14] Erdem, M.A., Ergonomik İş İstasyonu Dizayını, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
- [15] Battini, D., Faccio, M., Persona, A., Sgarbossa, F., "New Methodological Framework to Improve Productivity and Ergonomics in Assembly System Design", International Journal of Industrial Ergonomics, Cilt 41, 30-42, 2011.
- [16] Jones, T. ve Kumar, S., "Comparision of Ergonomic Assessments in a Repetitive High- Risk Sawmill Occupation: Saw Filer", International Journal of Industrial Ergonomics, Cilt 37, 744-753, 2007.
- [17] Liu, N., Wu, L.M., Wang, M., Niu, Y., Zhang, Y., Wang, W.Z., "Ergonomics Evaluation of Mobile Maintenance Shelter with Fuzzy AHP Method", Applied Mechanics and Materials, Cilt 130-134, 2920-2923, 2011.
- [18] Isa, H., Rahman, M.A., Hazmilah, H., Sihombing, H., Saptari, A., Baharudin, A.B., Syaheera, A., "Ergonomic Design of CNC Milling Machine for Safe Working Posture", Applied Mechanics and Materials, Cilt 465-466, 60-64, 2013.
- [19] Internet: <https://futureoflife.org/2016/12/28/ai-safety-highlights-nips-2016/>
- [20] Internet: <https://saglikpedi.com/ergonomik-kaldirma-icin-en-iyi-ipuclari-nedir/>
- [21] Internet: <http://slideplayer.biz.tr/slide/4871740/>
- [22] Internet: <http://jjohnson20142015.weebly.com/vex-gripper.html>
- [23] Internet: <http://www.tcs.auckland.ac.nz/~georgy/teaching/1999/99-773ST/slide12.html>



Ek 1 Önerilen Hidrolik silindir montaj hücresinde iş akış şeması

Akıllı Fabrikaya Geçişte İlk Adım: Tam Otomatik İmalat Sisteminin Oluşturulması

Serkan Güneş¹, Mustafa Yurdakul¹, Yusuf Tansel İç²

¹Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, 06570, Maltepe, Ankara, Türkiye
serkan.gunes@gazi.edu.tr, yurdakul@gazi.edu.tr

²Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06810, Bağlıca, Ankara, Türkiye
ytansel@baskent.edu.tr

Özet— Akıllı fabrikalar olarak adlandırılan imalat sistemleri içlerinde otomasyon, Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT), robotik, yapay zeka, siber fiziksel sistemler, sensör teknolojileri, optimizasyon ve tasarım-imalat-simülasyon yazılımları gibi bir çok ileri teknolojilerin kullanıldığı yapılar olarak görülebilir. Bu çalışmada, halen konvansiyonel olarak montajı insanlar tarafından imalatı yapılan hidrolik silindirlere, akıllı fabrikaya geçişte ilk adım olarak adlandırılacak otomatik olarak montajlarının yapılabileceği bir sistem önerilmektedir. Çalışma kapsamında tüm taşımalar ve montajların tamamen otomatik olarak yapılması amaçlanmıştır. Bunu gerçekleştirmek için Otomatik Güdümlü Araçlar (Automated Guided Vehicles-AGVs), robotlar ve özel montaj aparatlarının kullanımı planlanmıştır.

Anahtar Kelimeler— Akıllı fabrika, Otomatik Montaj Süreci, Hidrolik Silindir İmalatı.

I. GİRİŞ

Yurt içinde gördüğümüz pek çok imalat sisteminin aklını insanlar oluşturur. İnsanlar imalat sistemleri içerisinde öğrendiklerini farklı ortamlar için adapte ederek uygulayabilmekte ve karşılaştığı problemlere çözümler üretebilmektedir. Ancak insan yavaştır, çabuk yorulur, sürekli tekrarlanan işlerde sıkılır ve tekrar edebilirliği düşüktür. Elektronik ve otomasyon sistemlerinin geliştirilmesi ile insanın yerini programlar, sensörler, Programlanabilir Mantık Devreleri (PLC'ler), bilgisayarlar, verileri taşıyan kablolar, servo motorlardan oluşan otomasyon sistemleri almaya başlamıştır. Artık imalat sistemleri içerisinde insan; takip eden, tamir bakım işlemlerini yapan, sistemin kendisinin çözemediği problem için çözümler üreten gözlemci ve ancak gerektiği zaman müdahale eden bir bileşene dönüşmüştür. Otomatik sistemler artık insana ihtiyaç duymadan hammaddeleri kendisi yükleyen ve boşaltan, parçaları işleyen, kalite kontrolünü yapan, çıkan sonuçlara göre gerekli ayarlamaları yapan ve çeşitli problemleri çözen bir yapıdadır. Ancak otomatik sistemler bir son değil akıllı fabrikaya ulaşmada bir başlangıçtır. Literatürde, imalat sistemlerinde akıllı fabrika tanımı insanın daha önce karşılaşmadığı problemlere çözüm üretebilme, sistemde bakım onarım gibi fonksiyonların yanısıra sistemi oluşturan farklı bileşenlerin birbirleriyle gerçek zamanlı haberleşmeleri ve kararlar alabilmeleri unsurları da içermektedir.

Akıllı fabrika bileşenlerinin çevrelerinde olup bitenleri anlayabilecek ve birbirleriyle internet protokolleri aracılığı ile iletişim kurabilecek tümleşik sensör/aktüatör ekipman, makineler arası iletişim ve aktif akıllı ürün hafızaları yeni optimizasyon yöntemlerini kullanmasının hedeflendiği belirtilmiştir. [1-10]. Literatürde ayrıca, akıllı fabrikaların ürünleri hammadde girişinden son ürün olarak çıkışa kadar üretim kaynakları ve iş süreçleri ile beraber takip ederek müşteriye ürün sistem içinde işlenirken anlık kalite bilgisi, teslim süresi, ürün özelliklerini ve miktarlarını gerçek zamanlı veri olarak iletme, maliyet kaynak ve fiyat avantajları sunduğu belirtilmiştir. Bu özellikler ile beraber akıllı fabrikaların esneklik, yeniden yapılanabilme, öğrenme, bakım planlarını oluşturabilme ve risk analizleri yapabilme gibi özelliklere de sahip olması gerektiği ifade edilmiştir [11-14; 18-20]. Akıllı fabrika yaklaşımı uygulayacak imalat sistemlerinde konvansiyonel manuel üretim sistemlerine göre sağlanacak faydalar Tablo 1'de toparlanmıştır.

Akıllı fabrikaların fiziksel altyapısını otomatik güdümlü araçları (AGV) ve tezgahlar arası taşıma yapabilen mobil robotları da içeren malzeme taşıma sistemleri, tezgahlara otomatik yükleme ve boşaltma yapabilen ve montaj işlemlerini yapabilen robotlar, taşıma sistemlerine entegre işleme merkezi, torna merkezi gibi CNC tezgahlar oluşturur.

Bildiri kapsamında yapılan bu çalışma halen tamamen işçilerin kullandığı bir hidrolik silindir montaj hücresinin akıllı fabrikaya geçişte ilk adım olan fiziksel altyapısını otomatik hale getirilmesini hedeflemektedir.

Taşıyıcı sistemler olarak AGV'ler ve robotlar ile montaj işlemleri için robotların kullanımı planlanmıştır. AGV' ler Şekil 1'de görüleceği gibi fabrika içinde belirlenmiş rotalarda otomatik olarak şoför kullanmadan bölümler veya tezgahlar arası malzeme taşıma ihtiyaçlarını karşılayan sistemlerdir [15]. Çeşitli aparatların monte edilmesi ile kullanım yetenekleri daha da geliştirilebilmektedir.

Taşıyıcı sistemler olarak AGV'ler ve robotlar ile montaj işlemleri için robotların kullanımı planlanmıştır. AGV' ler Şekil 1'de görüleceği gibi fabrika içinde belirlenmiş rotalarda otomatik olarak şoför kullanmadan bölümler veya tezgahlar arası malzeme taşıma ihtiyaçlarını karşılayan sistemlerdir [15]. Çeşitli aparatların monte edilmesi ile kullanım yetenekleri daha da geliştirilebilmektedir.

TABLO 1
AKILLI FABRİKA YAKLAŞIMI İLE ÜRETİME GEÇİLDİĞİNDE KONVANSİYONEL MANUEL ÜRETİME ORANLA
ELDE EDİLEN KAZANIMLAR

NİTELİK		Konvansiyonel üretim	Akıllı fabrika
		SEVİYE	SEVİYE
23	Optimizasyon	Düşük	Yüksek
22	İlk yatırım maliyeti	Orta	Yüksek
21	Prototip ürün azalması	Düşük	Yüksek
20	Üretim simülasyonu	Uygulanabilir	Uygulanabilir
19	Üretim alanının minimizasyonu	Düşük	Yüksek
18	Üretim bölgesinin sanal olarak gezilebilmesi	Uygulanabilir	Uygulanabilir
17	Verilerin değerlendirilebilme kabiliyeti	Düşük	Yüksek
16	Verilerin korunması /depolanması	Düşük	Yüksek
15	Her aşamada verilerin toplanabilmesi	Düşük	Yüksek
14	Makine performansları anlık tespit	Değişken/	Yüksek
13	Kestirimci bakım kabiliyeti	Orta	Yüksek
12	Sorunlara müdahale hızı	Değişken	Hızlı
11	Sorunların tespiti	Yavaş	Hızlı
10	Kaynak tasarrufu	Belirsiz/Değişken	Yüksek
9	Esneklik	Düşük	Yüksek
8	Verimlilik	Düşük/Değişken	Yüksek
7	İş güvenliği	Değişken	Yüksek
6	Kalitesizlik maliyetleri	Yüksek	Düşük
5	Kalitede süreklilik	Değişken	Yüksek
4	Ürün (Üretim) kalitesi	Değişken	Yüksek
3	Üretim kapasitesi	Düşük	Yüksek
2	Üretim hızı (Zaman tasarrufu)	Düşük	Yüksek
1	Çalışan sayısı	5-10 kişi	Yok

Bu çalışmada kullanılan Robot kollar (SR) ise KUKA KR 40PA model robotlardır (Ek 1) ve kartezyen robotlar (KRM) ise KUKA 60-2 Jet model robotlardır (Ek 2). Bunların tercih edilmesinin temel sebepleri; adı geçen robotların tekrarlamalı işleri seri bir şekilde gerçekleştirebilme kabiliyetinde olmaları ve montajı gerçekleştirilecek hidrolik silindirin ağırlığını taşıyabilme yeteneklerinin yeterli olmasından dolayıdır.

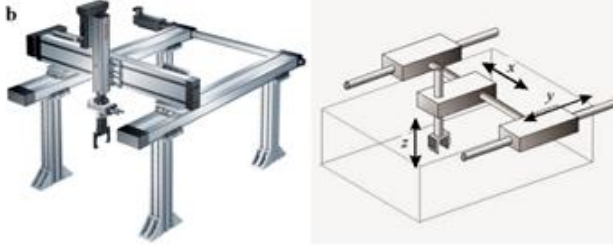
II. MEVCUT HİDROLİK SİLİNDİR ÜRETİM VE MONTAJ SİSTEMİNİN AÇIKLANMASI

Hidrolik silindir imalatı için hali hazırda kullanılmakta olan makina parkı, iş akışı ve montaj aşamaları Şekil 3-4-5'te sunulmuştur. Mevcut durumda tüm taşımalar, parça üretimleri ve montajlar işçiler tarafından gerçekleştirilmektedir.

Önerilen yeni sistemde parça üretimlerinin montajdan ayrı bir bölümde yapıldığı kabul edilmiştir. Dolayısıyla CNC tezgahlarda üretilecek parçalar AGV'ler tarafından montaj hücrelerine getirilerek teslim edilecektir.



Şekil 1 Kullanımda olan AGV örnekleri (Arçelik Eskişehir İşletmesi/Marka: Robos) [16]



Şekil 2 a) Örnek robot kullanımı, b) Üç eksenli kartezyen robot manipülör ve çalışma eksenlerinin gösterimi

Çalışma sadece önerilen otomatik montaj hücrelerini kapsamaktadır. Mevcut sistemde kovan, mil, kep, piston, arka

kapak parçaları operatör kontrollü konvansiyonel tezgahlarda işlenir.

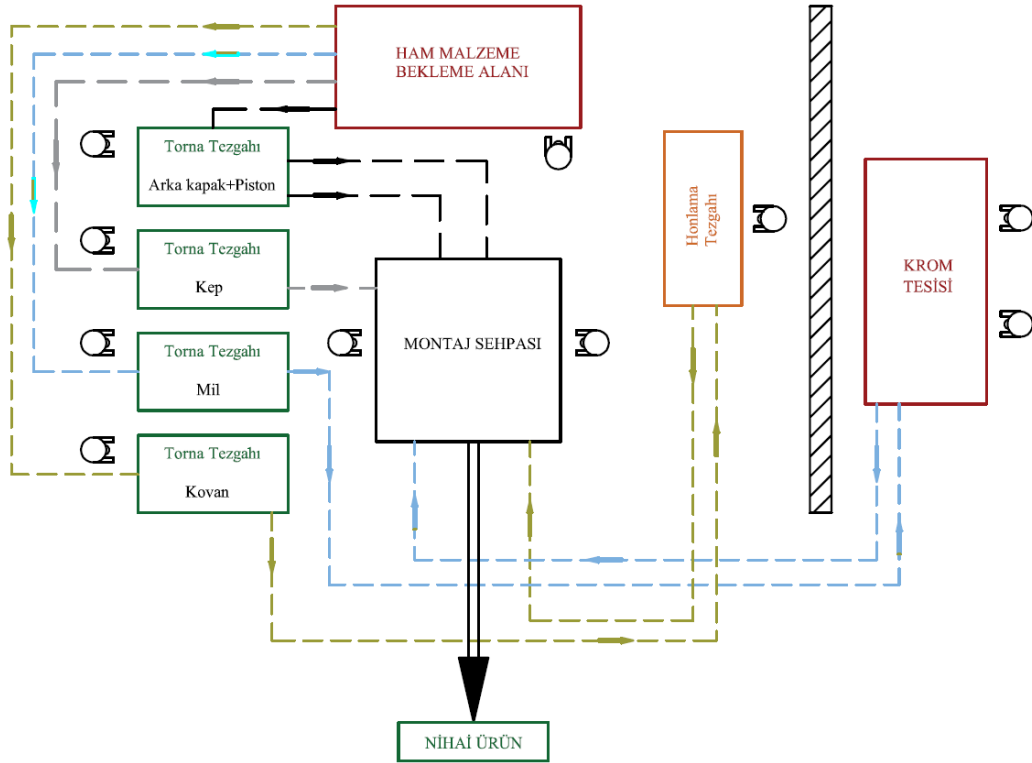
Ardından, iç yüzey kalitesini arttırmak için konvansiyonel honlama tezgahı ile kovan silindirik iç yüzeyi honlanır.

Mil yüzeyi ise hidrolik silindir içerisinde doğrusal hareketini yaparken sızdırmazlık elemanlarının aşınmaması ve yırtılmaması için krom ile kaplanmaktadır. Sistemin çıktısı olan hidrolik silindirlerin nihai ürün durumu ve montaj teknik resmi Şekil 6’te sunulmuştur.

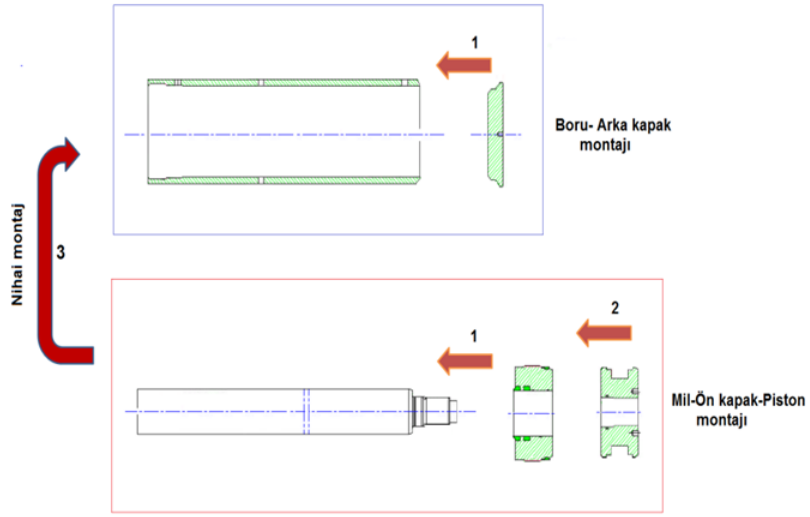


MAKİNA ADI	ÇAP (mm)	BOY (mm)	ADET
UNİVERSAL TORNA	500	8000	1
UNİVERSAL TORNA	500	4000	2
FORMEN TORNA	500	3000	1
CNC C EKSENLİ TORNA	450	3000	1
YATAY HONLAMA	650	8000	1
DİKEY HONLAMA	400	2750	1
DELİK TAŞLAMA	550	400	1
KAPLAMA KAZANI	900	6500	1
KAPLAMA KAZANI	600	3000	4
KAPLAMA REDRESÖRÜ	VOLTAJ	AKIM	ADET
KAPLAMA REDRESÖRÜ	16V	5000 A	4
KAPLAMA REDRESÖRÜ	16V	3000 A	1

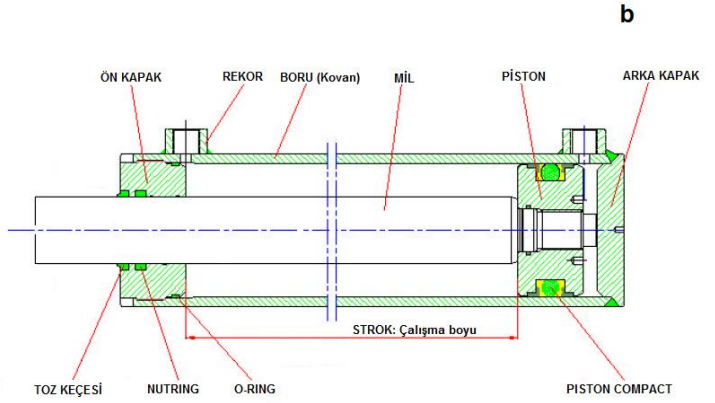
Şekil 3 Mevcut hidrolik silindir montaj hücresinin görünüşü ve makina parkı



Şekil 4 Mevcut montaj hücresinde iş akışı



Şekil 5 Hidrolik silindir montaj aşamaları

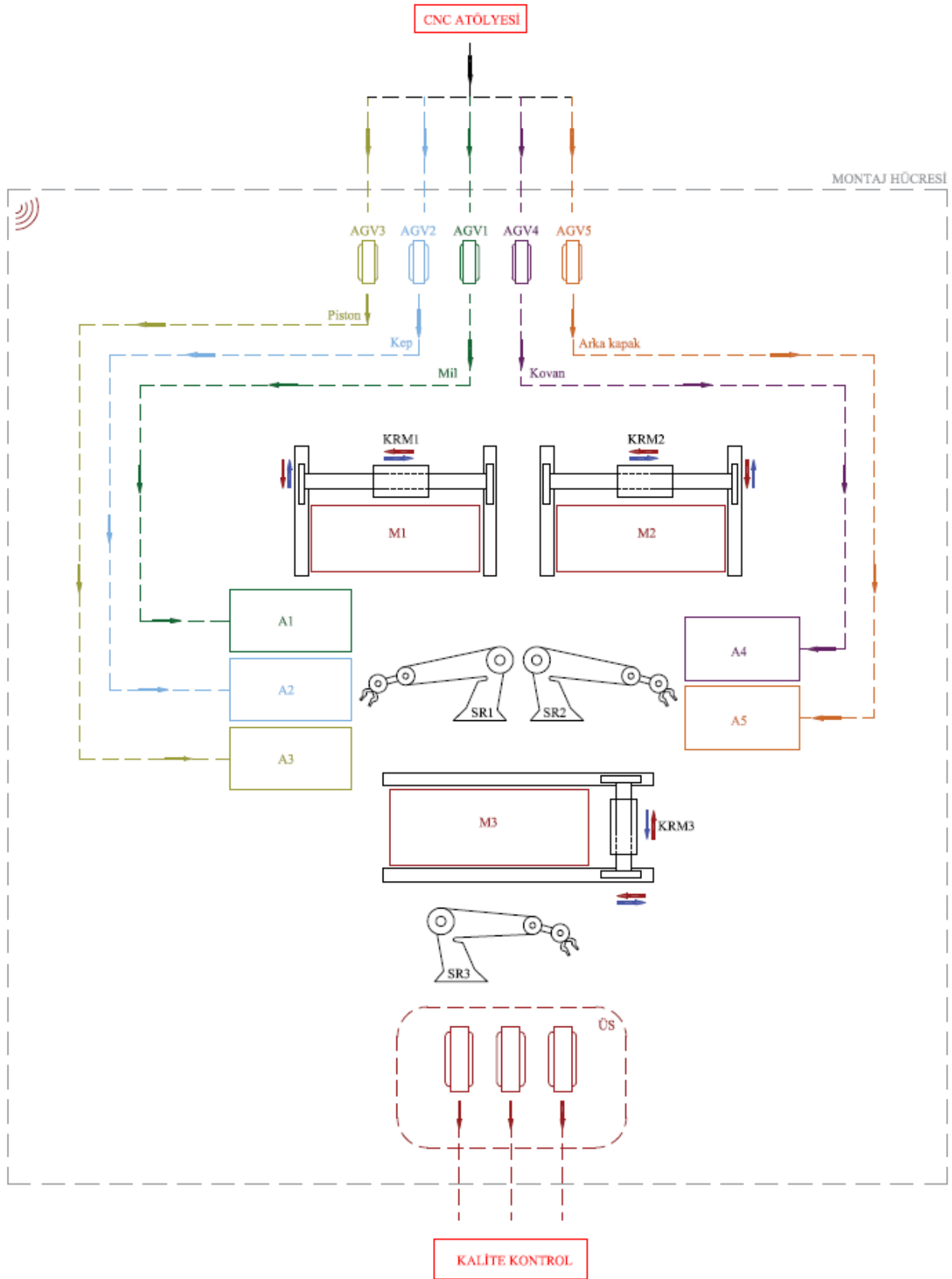


Şekil 6 a) Sistemin çıktısı olan hidrolik silindirler, b) Hidrolik silindir montaj teknik resmi

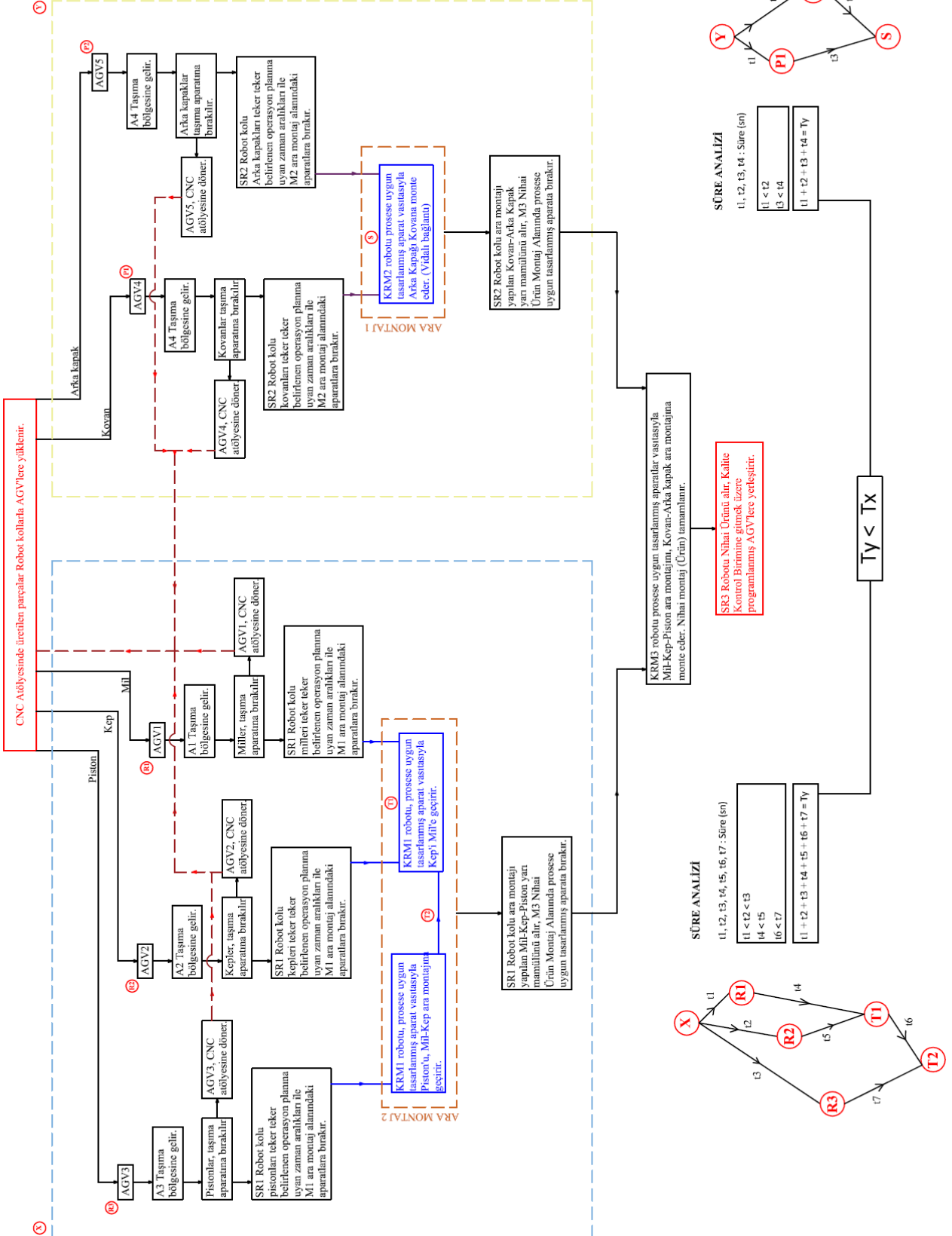
III. ÖNERİLEN OTOMATİK MONTAJ HÜCRESİNİN AÇIKLANMASI

Bu çalışma kapsamında önerilen otomatik montaj hücresinin şematik görünümü ve hücre içinde gerçekleşen iş akışı Şekiller 7 ve 8'de sunulmuştur. Önerilen otomatik montaj hücresinin girdileri olan parçalar (mil, kep, piston, kovan ve arka kapak) CNC atölyesinde üretilerek AGV'ler ile teslim edilmektedir.

Montaj hücresinin çıktıları olan montaj işlemleri tamamlanmış hidrolik silindirler ise SR3 robot kolunun M3 Nihai montaj alanından bitmiş ürünleri alıp kalite kontrol birimine gidecek AGV'lere ÜS bölgesinde (Nihai Ürün Sevk Bölgesi) yüklemesi ile hücre dışına çıkmaktadır.



Şekil 7 Önerilen otomatik montaj hücresinin şematik görüntüsü



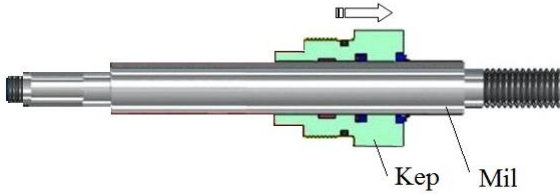
Şekil 8 Önerilen otomatik montaj hüresinde iş akışı

CNC tezgahlarda işlenen ve AGV ler ile montaj hücreesine teslim edilen parçalar montaja hazır durumdadırlar. Piston ve keplere montaj aşamasında takılan O-ring ve keçe takımları KRM1 ve KRM2 kartezyen robotlarındaki aparatlara yerleştirilerek monte edilmektedir. Parçalar ile yüklü AGV ler A1, A2, A3, A4, A5 taşıma bölgelerine geldiklerinde üzerlerinde bulunan eksenel hareketlere sahip otomatik aparatlar aracılığıyla otomatik olarak teslim edilmektedir. A1, A2, A3, A4, A5 taşıma bölgelerinde hazır bir şekilde bekleyen parçalar SR1 ve SR2 robot kolları tarafından alınarak M1 ve M2 ara montaj bölgelerine yerleştirilir. Nihai ürün montajı ise M3 montaj bölgesinde yapılmaktadır. Montaj bölgelerinde yapılan işlemler her bir montaj bölgesi için ayrı olarak aşağıda açıklanmıştır:

M1 ara montaj bölgesi için;

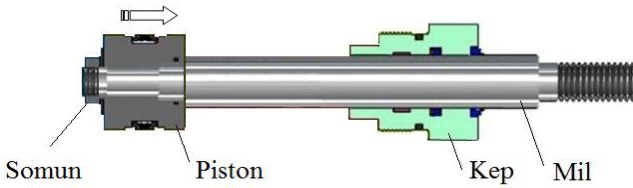
1. Mil, SR1 robot kolu tarafından A1 bölgesinden alınır, M1 bölgesinde yapılacak montaja uygun tasarlanmış aparata (Pnömatik Mengene: Ek 3 ve Pnömatik sıkma silindiri: (Ek 4) belli bir konumda yerleştirilir.

2. Kep, SR1 robot kolu tarafından A2 bölgesinden alınır, M1 bölgesinde aparata KRM1 kartezyen robotu tarafından belli bir konumda yerleştirilerek önce O-ring ve keçe takımı takılır. Sızdırmazlık elemanlarının takılmasının ardından kep mile geçirilir (Şekil 9).



Şekil 9 Kepin mile takılmasının ardından görünümü

3. Piston, SR1 robot kolu tarafından A3 bölgesinden alınır, M1 bölgesinde aparata KRM1 kartezyen robotu tarafından belli bir konumda yerleştirilerek önce O-ring ve keçe takımı takılır. Sızdırmazlık elemanlarının takılmasının ardından piston mile geçirilir ve özel bir aparat ile sabitleme somunu mil ucuna sıkılır (Şekil 10).



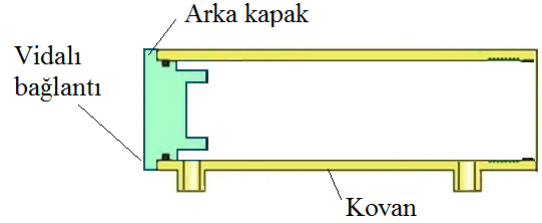
Şekil 10 Pistonun mile geçirilmesi ve somunun takılması sonrasında görünümü

4. Montajlanan mil-kep-piston ara ürün SR1 robot kolu tarafından alınır ve M3 nihai montaj bölgesinde bir aparata yerleştirilir.

M2 ara montaj bölgesi için:

1. Kovan(Boru), SR2 robot kolu tarafından A4 bölgesinden alınır, M2 bölgesinde aparata uygun konumda (Pnömatik Mengene:Ek 3 ve Pnömatik sıkma silindiri: Ek 4) yerleştirilir.

2. Arka kapak, SR2 robot kolu tarafından A5 bölgesinden alınır ve M2 bölgesinde aparata (Pnömatik Mengene:Ek 3) takılır ve ardından kovana pnömatik mengene üzerine monte edilmiş pnömatik döner bir aparat vasıtasıyla vidalı bağlantı ile bağlanır (Şekil 11).



Şekil 11 Arka kapağın kovana vidalı montajından sonra görünüşü

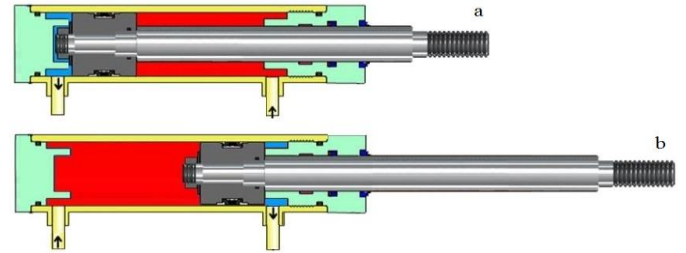
3. Montajlanan kovan-arka kapak ara ürünü SR2 robot kolu tarafından alınır ve M3 nihai montaj bölgesinde bir aparata yerleştirilir.

M3 nihai montaj alanı için:

1. Kovan-arka kapak ve mil-kep-piston ara ürünler M3 nihai montaj alanında yer alan aparatlar (Lineer hareket edebilen pnömatik mengener: (Ek 3) aracılığıyla KRM3 kartezyen robot sistemi tarafından sensörler vasıtasıyla sürekli eksenellik kontrolü yapılarak Şekil 12'de görüldüğü gibi montajlanır. Montaj sırasında sabit tutulan kovan-arka kapak ara ürünün içine mil-kep-piston ara ürünü sürülür ve vidalanır. Elde edilen nihai ürün Şekil 13'te sunulmaktadır.



Şekil 12 Ara ürünlerin montaj işleminin gösterimi



Şekil 13 Montaj hücreinde elde edilen nihai ürün olan hidrolik silindirin kapalı ve açık görünüşü (a) Kapalı, b) Açık)

Montajı tamamlanan hidrolik silindir, SR3 robot kolu ile M3 nihai montaj alanından alınır ve kalite kontrol birimine gitmek üzere rotalanmış nihai ürün sevk bölgesinde (ÜS) bekleyen AGV lere yerleştirilir.

IV. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Bildiri kapsamında yapılması öngörülen otomatik montaj hücresi akıllı fabrikaya geçişte ilk adımı oluşturmaktadır. Yeni

süreç çalışan işçileri üretim sürecinden tamamen çıkararak taşımalar ve tüm montaj işlemlerin tamamen otomatik yapılmasını hedeflemektedir. Böylece, insan kaynaklı olası hatalar ve eksiklikler önlenmiş ve tüm üretim kaynaklarının yüksek üretim hızında, en düşük hatayla sürekli çalışmaya gerçeleşmiş olmaktadır. Dha detaylı bakıldığında, insansız imalat üretim/ürün kalitesi süreklilik kazanmaktadır.

Montaj hücresinin otomasyonunun ardından diğer bölümlerin otomasyonu ve Akıllı Fabrika'nın diğer uygulamalarının devreye girmesi ile sistem insanın sağladığı esnekliği de kazanarak farklı ürün konfigürasyonlarına uyum sağlayabilecektir. Böylece, üretimin tamamen otomasyon sistemi ile düzenlenmesi, tasarım-simülasyon-üretim programlarının proseslerin her anında sistem ile etkileşim içinde olması, robotların yeni üretim modellerine programlama ve prosese uygun aparat tasarımları ile hızlıca adapte olup üretime başlayabilmesi olanaklı olacaktır. Ayrıca, akıllı fabrika sistematığının uygulanması ile tüm tezgah ve aparatlardan her aşamada sensörler aracılığıyla sürekli veriler alınmakta, bu veriler işlenmekte ve değerlendirilmektedir. Veri toplama, değerlendirme ve gerekli aksiyonların alınması kararları tamamen yapay zeka kontrolünde yapılmakta ve gerekli müdahaleler tam zamanında hatta kestirimci bakım metodları kullanılarak problem ortaya çıkmadan önce yapılmaktadır. Sistemden toplanan bu veriler Büyük Veri (Big Data) olarak isimlendirilmektedir ki günümüzde Büyük Veri Analizi kendi başına bir disiplini haline gelmiş durumdadır. Toplanan tüm veriler ve verilerden elde edilen tüm sonuçlar ve sonrasında alınan tüm aksiyonlar Büyük Veri'nin kapsamındadır ve bu veriler bütünü, Bulut (Cloud Technologies) adı verilen sanal veri depolarında saklanmakta ve uzun zaman sonra bile yeniden kullanılabilirlerdir.

Otomasyon ve ardından gelen diğer akıllı fabrika uygulamaları yüksek bir ilk yatırım maliyeti ve geçiş süresi gerektirir. Bu durum ilk başta bir dezavantaj gibi görünmesine rağmen üretim hızında, miktarında ve çeşitlilikteki artış ile birim maliyeti düşürecek ve müşterinin taleplerine daha çabuk adapte olmayı sağlayacaktır.

REFERANSLAR

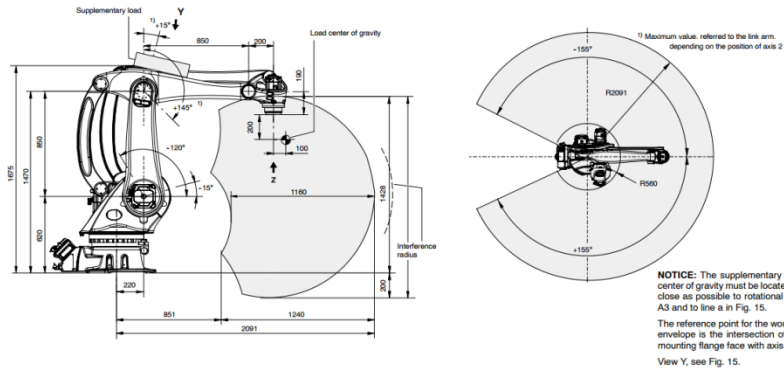
- [1] Tansan, B., Gökbulut A., Targotay Ç., Eren T., Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gereklik Olarak Endüstri 4.0, TÜSİAD, Mart 2016, Yayın no: TÜSİAD-T/2016-03/576
- [2] Alçın, S., 2016. Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Endüstri 4.0. Journal of Life Economics Dergisi, Sayı:8, Sayfa: 19-30
- [3] Yücel, F. 2004., Sürdürülebilir Kalkınmanın Sağlanmasında Çevre Korumanın ve Ekonomik Kalkınmanın Karşıtlığı ve Birlikteliği, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 11
- [4] Brettel, M., Friedrichsen, N., Keller, M., Rosenberg, M. 2014. How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Vol: 8, No:1
- [5] Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. 2013., Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0, Acatech. Page: 13-78.
- [6] Acatech. 2011. Cyber-Physical Systems: Driving Force for Innovation Imobility, Health, Energy and Production. Acatech (Ed.), Springer-Verlag, Berlin.

- [7] 23. Industrie 4.0 Working Group, 2013. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group. Frankfurt
- [8] Shrouf F., Ordieres J., Miragliotta G., Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm, 2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 9-12 Dec. 2014, Bandar Sunway
- [9] Jay, L., Kao, H., Yang, S. 2014. "Service Innovation and Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment," Procedia CIRP, Vol: 16, Page: 3-8
- [10] Martinez, V., Bastl, M., Kingston, J., Evans, S. 2010. "Challenges in Transforming Manufacturing Organisations into Product-Service Providers," Journal of Manufacturing Technology Management, Vol: 21 (4), Page: 449-469.
- [11] McAfee, A., Brynjolfsson, E. 2012. "Big Data: The Management Revolution," Harvard business review, Vol: 90 (10), Page: 60-68.
- [12] Lee, B. E., Michaloski, J., Proctor, F., Venkatesh, S., Bengtsson, N. 2010. MT Connect-Based Kaizen for Machine Tool Processes. ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, 15-18 August 2010, Montreal, Quebec, Canada. p. 1183-1190.
- [13] Imtiaz, J., Jasperneite, J. 2013., Scalability of OPC-UA Down to the Chip Level Enables Internet of Things., 11th IEEE International Conference on Industrial Informatics, Bochum, Page: 500-505.
- [14] Çeliktaş, M.S., Sonlu G., Özgel S., Atalay Y., Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası, Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt:56, Sayı:662
- [15] Internet: Robos, <http://robos.com.tr/agv-nedir/>, Son Erişim Tarihi: 10.12.2016
- [16] Internet: Robos, <http://robos.com.tr/projeler/>, Son Erişim Tarihi: 10.12.2016
- [17] Yumurtacı, Ş., Mert T., Robotik Kaynak Sistemleri ve Gelişme İstikametleri, Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt:44, Sayı:526
- [18] Internet: <http://www.mudirmakine.com/cnc+tezgahlari.html>, Son Erişim Tarihi: 10.12.2016
- [19] Kutup, N., 2011, Nesnelerin İnterneti; 4H, Her yerden, Herkesle, Her zaman, Her Nesne ile Bağlantı, 16. Türkiye'de İnternet Konferansı, inet-tr'11.
- [20] Internet: <https://burkanyilmz.wordpress.com/2015/10/12/internet-of-things-iot-nedir/>, Son Erişim Tarihi: 12.12.2016
- [21] Internet:<https://www.kuka.com/tr-tr/%C3%BCr%C3%BCnler-hizmetler/robot-sistemleri/end%C3%BCstriyel-robot>
- [22] Internet: <http://www.er-el.com.tr/tr-TR/Kategoriler/37/urunler/310/pnomatik-mengene-.aspx>
- [23] Internet: <http://www.olmec.it/portfolio/725-o/>

EKLER:

KR 40 PA

	KR 40 PA
Kategori	Orta taşıma kapasiteleri (30-60 kg)
Yapı şekli	Paletleyici
Yapı şekli, ek 1	Standard
Yapı şekli, ek 2	Standard
Ortam modeli	Standard
Çevre modeli, ek	Standard



Taşıma kapasitesi	40 kg
Nominal toplam yük	-
Maks. erişim mesafesi	2091 mm
Kontrol edilebilir eksen sayısı	4
Konumu tekrarlama hassasiyeti	$\pm 0,05$ mm
Ağırlık	695 kg

Ek 1 Sistemde kullanılan endüstriyel robot kollar (SR) VE spesifikasyon özellikleri [21]



KR 60-2 JET

Max. reach	2,002 mm
Rated payload	60 kg
Rated suppl. load, arm/link arm/rot. column	35 kg/-/-
Rated total load	95 kg
Pose repeatability	±0.15 mm
Number of axes	6
Mounting position	wall, ceiling
Robot footprint	-
Weight	435 kg

Axis data/ Range of motion

Speed with rated payload 60 kg

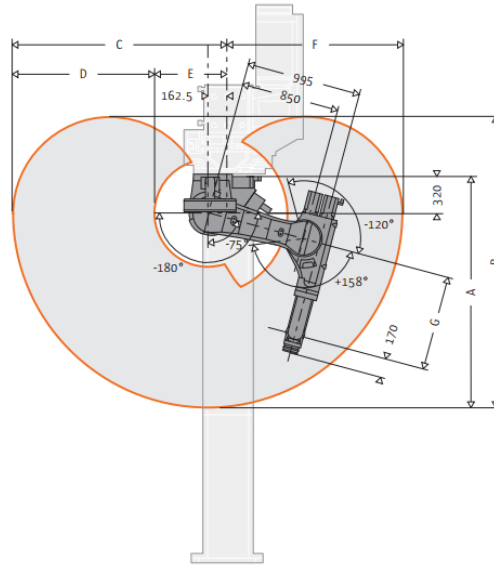
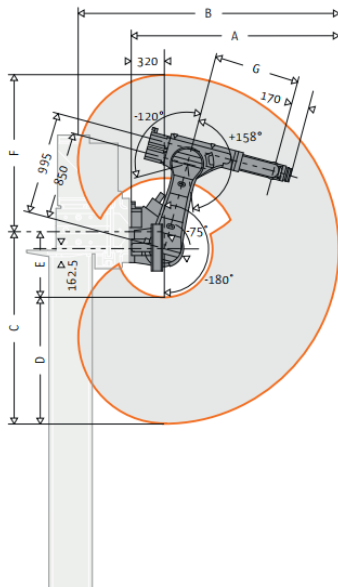
Axis 1 (A1)	1.5 to 30 m	3.1 m/s
Axis 2 (A2)	+0°/-180°	120°/s
Axis 3 (A3)	+158°/-120°	166°/s
Axis 4 (A4)	+/-350°	260°/s
Axis 5 (A5)	+/-119°	245°/s
Axis 6 (A6)	+/-350°	322°/s

Work envelope⁽¹⁾⁽²⁾

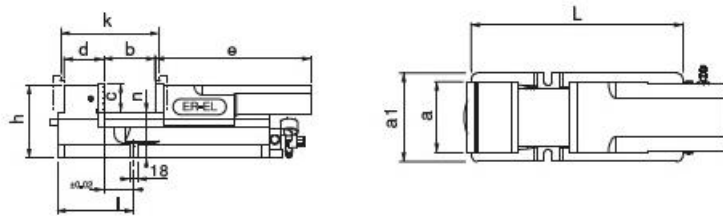
Work envelope ⁽¹⁾⁽²⁾	Dimensions A	Dimensions B	Dimensions C
KR 60-2 JET	2,002 mm	2,516 mm	1,845 mm

Dimensions D, E, F, G, Volume

Dimensions D	Dimensions E	Dimensions F	Dimensions G	Volume
1,218 mm	627 mm	1,520 mm	820 mm	5.7 m ³



Ek 2 Sistemde kullanılan kartezyen robotların spesifikasyonları (KRM) [21]



a	a1	b	c	k	L	d	e	h	i	n ±0.01	SIKMA KUMHIL damping force kgf	tarakan mesaseni Moving Distance Torque	kg
130	188	60	58	135	327	64	209	160	-	105	1100	4	37
130	185	140	63	225	400	69	300	160	173	105	2200	4	44
160	201	200	63	300	485	93	353	166	170	105	3300	4	63
200	240	250	63	360	530	93	410	166	185	105	4100	4	81

Ek 3 Pnömatik mengene [22]



Ek 4 Pnömatik sıkma silindiri [23]

Örnek bir merkezi desen üreticinin Raspberry Pi ile gerçekleştirilmesi

Vedat Burak Yücedağ¹, İlker Dalkıran¹

¹Elektrik – Elektronik Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Erciyes Üniversitesi

Melikgazi/Kayseri

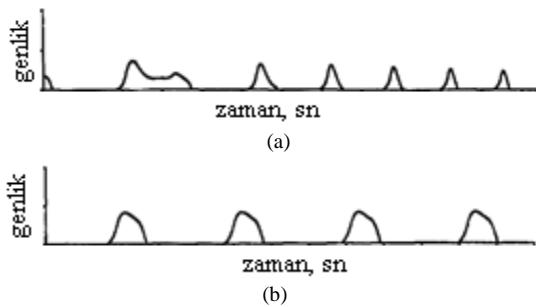
vedatburakyucedag@erciyes.edu.tr, ilkerd@erciyes.edu.tr

Özet— Merkezi Desen Üretici – MDÜ, (Central Pattern Generator - CPG) canlıların emekleme, yürüme ve koşma gibi temel hareketlerine ilaveten solunum, kalp atışı gibi ritmik olayları gerçekleştirmek için desen şekilleri üretirler. Bu üreteçler, robotik uygulamalarda kontrol biriminin tasarımında kullanılmaktadır. Bu çalışmada, en çok bilinen bir MDÜ modeli olan Matsuoka' nın sinir hücresine ait matematiksel modelin parametreleri incelenmiştir. Öncelikle MATLAB yardımıyla bu matematiksel modelin Runge–Kutta yöntemiyle sayısal analizi yapılmış ve daha sonra Raspberry Pi üzerinde gerçekleştirimi tamamlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile Matsuoka' nın sinir hücresine ait daha önceden yapılmış deneysel bir çalışma karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler— Merkezi Desen Üretici, Matsuoka, Raspberry Pi, MATLAB

I. GİRİŞ

Merkezi Desen Üreteçleri – MDÜ (Central Pattern Generator - CPG) canlıların vücudunda, sinir sisteminin alt mekanizmasında var olan karmaşık sistemlerdir. Biyolojik MDÜ' ler, ritmik şekiller üreterek canlıların kalp atışını, solunumunu, yürüme ve koşma gibi günlük aktivitelerini yönetirler [1]. Biyolojik MDÜ' ler birbirlerine bağlı sinir hücrelerinden meydana gelir. Bu sayede geri besleme sinyaline ihtiyaç duymadan ritmik çıkış üretebilirler [2]. Örnek çıkış desenleri Şkl. 1' de verilmiştir [3].

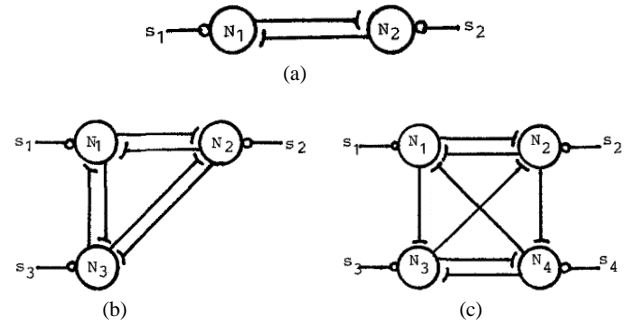


Şkl. 1 Örnek MDÜ çıkış desenleri a) ritmik olmayan, b) ritmik olan.

Biyolojik MDÜ' lardan esinlenerek ortaya konan yapay MDÜ' ler için farklı yapıda birçok sinir hücresi modeli olmasına rağmen her bir modelde var olan ortak özellik, bu sinir hücrelerinin karşılıklı etkileşim içinde olmalarıdır [3]. Her

bir sinir hücresi; tasarlanan bir robotun ayak, bacak, kol ve gövde gibi eklemelerini kontrol etmektedir [4].

MDÜ yapılarında, tek başına bir sinir hücresi ritmik sinyaller üretemezler. Dolayısıyla basit bir MDÜ yapısı dahi en az iki sinir hücresinden meydana gelir. Farklı sayıda sinir hücrelerinin bir araya gelmesiyle oluşan MDÜ yapıları Şkl. 2' de verilmiştir [3]. Diğer bir deyişle bir MDÜ yapısı robot üzerindeki hareketli bir parçanın hareketini kontrol eder.



Şkl. 2 Çeşitli sayıda sinir hücrelerinin oluşturduğu a) 2 sinir hücreli, b) 3 sinir hücreli c) 4 sinir hücreli MDÜ yapıları.

Literatürde birçok MDÜ yapısı olmasına rağmen robotik uygulamalara bakıldığında, geri besleme işaretinin kolay uygulanabilmesinden dolayı Matsuoka' nın sinir hücresi modeli ön plana çıkmaktadır. Bu model, insansı yürüyen robot [5], dört bacaklı robot [6] ve robotik balık hareketi [7, 8] gibi farklı robotik uygulamalarda tercih edilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümde Matsuoka' nın sinir hücresi modeli incelenmiş ve lineer olmayan matematiksel modelinin parametreleri verilmiştir. Üçüncü bölümde ilgili matematiksel modelin Runge – Kutta yöntemiyle analizi yapılmış ve sonrasında Raspberry Pi üzerinde fiziksel gerçekleştirimi tamamlanmıştır.

II. MATSUOKA' NIN SİNİR HÜCRESİ MODELİ

Daha önce de bahsedildiği üzere literatürde var olan ve en çok ilgi çeken yapay MDÜ modellerinden birisi Matsuoka' nın önerdiği modeldir. Bu modelin tercih edilme sebebi geri besleme işaretinin kolay uygulanabilmesidir. Matsuoka' nın sinir hücresine ait matematiksel modeli denklem takımı aşağıda görülmektedir [3].

$$\begin{aligned} T_r \dot{u}_i &= -u_i - \sum w_{ij} y_j - \beta v_i + s_i \\ T_a \dot{v}_i &= y_i - v_i \\ y_i &= \max(u_i, 0) \end{aligned} \quad (1)$$

Denklem 1' de, u_i , i. sinir hücresine ait zar potansiyelini, v_i , i. sinir hücresinin adaptasyon derecesini, y_i , i. sinir hücresinin çıkışını, T_r , yükselme zaman sabitini, T_a , adaptasyon zaman sabitini, s_i , i. sinir hücresinin harici giriş oranını, w_{ij} , j. sinir hücresi ile i. sinir hücresi arasındaki sinaptik bağlantı ağırlığını, β , sabit giriş için sürekli durum yanma oranını temsil etmektedir [3].

Herhangi bir MDÜ içerisindeki bir sinir hücresinin çıkış genliği (y_i), zar potansiyelinin genliğinin (u_i) sıfır veya sıfırdan küçük her değeri için sıfırdır. Zar potansiyelinin genliği pozitif olduğunda ise sinir hücresinin çıkış genliği, zar potansiyeli ile benzer şekilde değişmektedir [3]. Bu durum Denklem 2' de tarif edilmektedir.

$$y_i = \begin{cases} 0, & u_i \leq 0 \\ u_i, & u_i > 0 \end{cases} \quad (2)$$

III.MATSUOKA'NIN SINIR HÜCRESİ MODELİNİN ANALİZİ

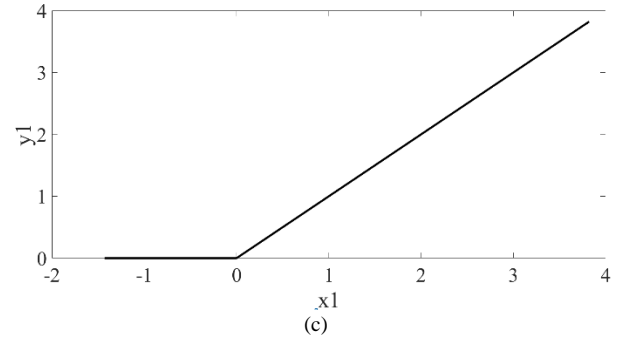
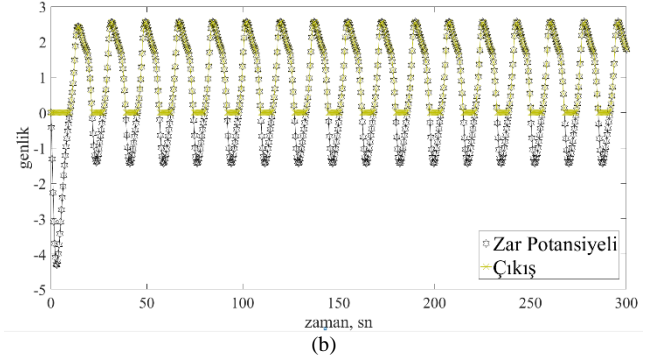
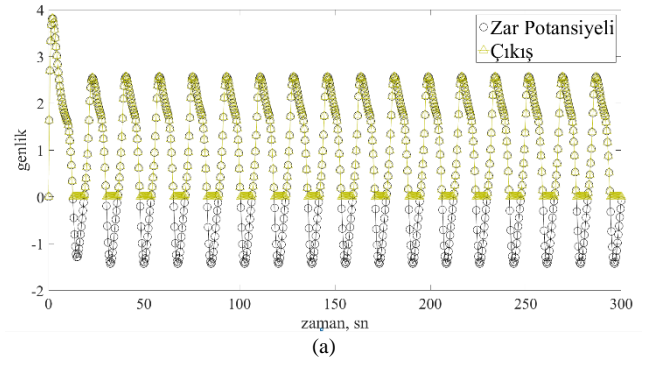
Doğrusal olmayan bir diferansiyel denklemin analitik çözümüne ulaşamayabilir. Bu durumda doğrusal olmayan diferansiyel denklemler, sayısal olarak çözülebilir. Bu aşamada kullanılabiliecek sayısal çözüm yöntemlerinden birisi, Runge – Kutta yöntemidir ve bu yöntemde, Taylor Serisi açılımı sıklıkla tercih edilir. Denklem 3' de genel ifadesi verilen Taylor Serisi, sayesinde a noktasındaki değeri bilinen g fonksiyonunun b noktasındaki değeri bulunabilir [9].

$$g(b) = g(a) + (b-a)g'(a) + \frac{(b-a)^2}{2!}g''(a) + \dots + \frac{(b-a)^n}{n!}g^{(n)}(a) + \dots \quad (3)$$

Bu çalışmada, Matsuoka' nın sinir hücresine ait matematiksel modelin sayısal olarak çözülebilmesi için 4. mertebeden Runge–Kutta yaklaşımı kullanılmıştır. Bu durumda Taylor serisi Denklem.4' deki gibi olacaktır.

$$g(b) = g(a) + (b-a)g^{(1)}(a) + \frac{(b-a)^2}{2!}g^{(2)}(a) + \frac{(b-a)^3}{3!}g^{(3)}(a) + \frac{(b-a)^4}{4!}g^{(4)}(a) \quad (4)$$

Yukarıdaki ifadede $g^{(n)}$, g fonksiyonun n. dereceden türevini belirtmektedir. Bundan sonra ilgili matematiksel modelin MATLAB ortamında benzetimi yapılmıştır. Parametrelerin sayısal değerleri, daha önceden literatüre sunulmuş olan Matsuoka' nın yaptığı çalışmadan alınmıştır [3]. Burada $i \neq j$ olmak üzere $T_r=1$, $T_a=12$, $\beta=2.5$, $s=5$, $w_{12}=1.5$ ve $w_{21}=1.5$ olarak belirlenmiştir. Seçilen parametreler ve 4. Mertebeden Runge-Kutta yöntemi kullanılarak, MATLAB ortamındaki benzetim yapılmış ve sinir hücresine ait matematiksel modelden elde edilen çıkış deseni Şkl. 3' te verilmiştir.



Şkl. 3 İki sinir hücresine sahip MDÜ yapısının zar potansiyelleri (u_i) ve çıkışlarının (y_i) zamana göre değişiminin Runge-Kutta yöntemi ile elde edilen benzetim sonuçları a) u_1, y_1 -zaman b) u_2, y_2 -zaman c) $u_1 - y_1$

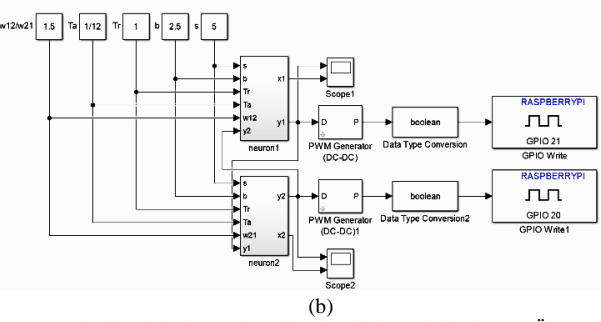
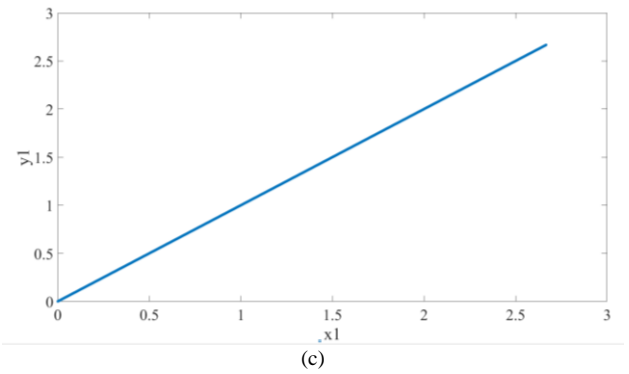
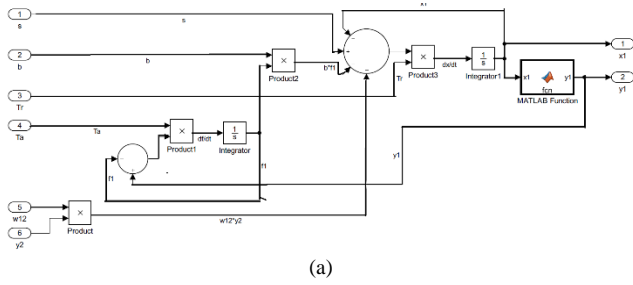
Taylor serisinde, sonucu etkileyen faktörlerden birisi değişkenlerin başlangıç değerleridir. Bu çalışmada $v_2(0)=2$, diğer değişkenlerin başlangıç değerleri 0 olarak seçilmiştir.

IV.MATSUOKA'NIN SINIR HÜCRESİ MODELİNİN RASPBERRY Pİ'DE BENZETİMİ

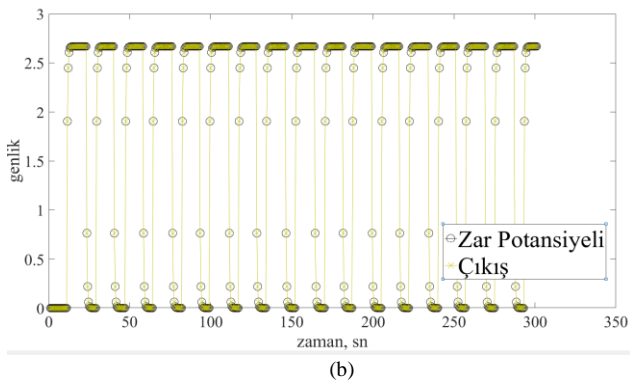
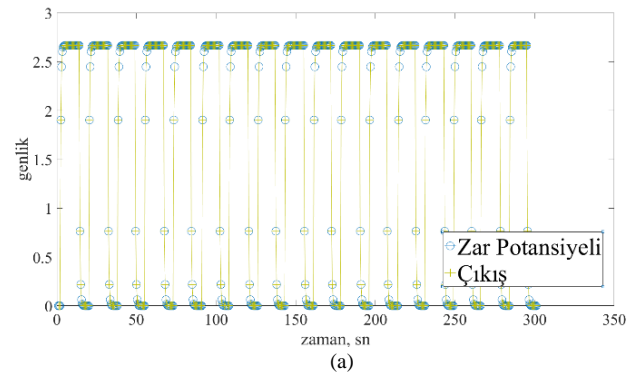
Raspberry Pi 3 Model B, genel amaçlı kullanılan giriş ve çıkış arabirimlerine (GPIO) sahiptir. Ancak bu giriş çıkış arabirimlerinin tamamı sayısal moddadır. Raspberry Pi ile bilgisayar arasındaki bağlantı ethernet kartı üzerinden sağlanmıştır. MATLAB Simulink içerisine Raspberry Pi yi tanıtmak için bir kütüphane dosyası eklenmiştir.

Matsuoka' nın sinir hücresine ait matematiksel modelinin benzetim sonuçları tamamlandıktan sonra MATLAB Simulink kullanılarak Raspberry Pi üzerinde de gerçekleştirimi yapılmıştır. Şkl. 4' te MATLAB Simulinkte oluşturulan ve Raspberry Pi üzerinde çalışan MDÜ modelinin blok şeması

verilmiştir. Bu gerçekleştirime ait sonuçlar ise Şkl. 5' te verilmiştir.



Şkl. 4 a) Tek bir sinir hücresine ait Simulink modeli. b) MDÜ yapısının oluşturduğu ve Raspberry Pi üzerinde benzetimi yapılan modelin blok diyagramı



Şkl. 5 İki sinir hücresine sahip MDÜ yapısının zar potansiyelleri (u_i) ve çıkışlarının (y_i) zamana göre değişiminin MATLAB Simulink ile elde edilen benzetim sonuçları a) u_1, y_1 -zaman b) u_2, y_2 -zaman c) $u_1 - y_1$

V.SONUÇLAR

Matsuoka'nın yaptığı çalışmada önerilen sinir hücresinin matematiksel modeline ait benzetim sonuçları ile bu çalışmada MATLAB'de gerçekleştirilen benzetim sonuçlarının benzerlik gösterdiği açıktır. Ayrıca Şkl. 3' te yer alan MATLAB üzerindeki benzetim sonuçları ile Şkl. 5' te yer alan ve Raspberry Pi'den alınan sonuçların da birbirleriyle örtüşüyor olması yapılan çalışmanın amacına ulaştığının göstergesidir. Burada vurgulanması gereken nokta, Raspberry Pi üzerinde zar potansiyelinin negatif değerleri sıfır kabul edilmektedir. Nitekim TABLO I' de verilen korelasyon katsayıları da benzetim sonuçları ile deneysel sonuçların örtüşüğünün bir başka göstergesidir. Yapılan bu çalışma ile literatürdeki MDÜ gerçekleştirmelerinde, uygulamaya özel tasarlanan FPGA veya FPAA benzeri donanımlar yerine standart bir yapıya sahip Raspberry Pi'nin de bir çözüm olabileceği ortaya konmuştur.

TABLO I
KORELASYON KATSAYILARI

	Raspberry Pi Üzerinde Gerçekleştirim Sonucu Bulunan Değişkenler			
Runge – Kutta Yöntemi ile Bulunan Değişkenler	u_1	u_2	y_1	y_2
	0,8311	0,8388	0,7709	0,7958

REFERANSLAR

- [1] F. Skinner, N. Kopell and E. Marder, "Mechanisms for Oscillation and Frequency Control in Reciprocally Inhibitory Model Neural Networks," Journal of Computational Neuroscience, vol. 1, pp.69-87, 1994.
- [2] K. Osaku, H. Minakata and S. Tadakuma, "A study of CPG based walking utilizing swing of arms," 9th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control, 10.1109/AMC,2006,paper 1631691, pp392-396.
- [3] K. Matsuoka, "Mechanisms of frequency and pattern control in the neural rhythm generators," Journal of Biological Cybernetics, vol. 56, pp 345-353, 1987.
- [4] H. Inada and K. Ishii, "Bipedal walk using a Central Pattern Generator," International Congress Series, vol. 1269, pp. 185-188, 2004.

- [5] W. Huang, C. M. Chew and G. S. Hong, "*Coordination in CPG and its Application on Bipedal Walking*," IEE conference on Robotics, Automation and Mechatronics, pp. 450-455, 2008.
- [6] H. Kimura, Y. Fukuoka and A. H. Cohen, "*Biologically inspired adaptive walking of a quadruped robot*," Philosophical Transactions of The Royal Society A, vol. 365, pp. 153-170, 2007.
- [7] M. Wang, J. Yu, M. Tan and G. Zhang, "*A CPG-based sensory feedback control method for robotic fish locomotion*," Proceedings of the 30th Chinese Control Conference, pp. 4115-4120, 2011.
- [8] A. R. Chowdhury and S. K. Panda, "*Finding Answer to Biological Control Methods Using Modulated Patterns: An Application to Bio-inspired Robotic Fish*," IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 3146-3153, 2015.
- [9] U. Arifoğlu, *MATLAB 9.1 Simulink ve Mühendislik Uygulamaları*, 1nd ed, pp. 13.1-13.4, İstanbul, Türkiye, 2016.

Emlak sektöründe bilişim teknolojilerinin kullanımını ve bir tahmin modellemesi

Onur Özcan, Taner Ersöz

Karabük Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük

onur.ozcn@outlook.com, tanerersoz@karabuk.edu.tr

Özet— Günümüzde dijital teknolojilerinin gelişmesiyle bilgiye ulaşmak oldukça kolaylaşmıştır. Dijitalleşen ve bilgi teknolojilerini kullanan işletmeler ise daha iyi ve optimum karar vermede diğerlerine göre stratejik bir avantaj yakalayacaklardır. Bilgi teknolojileri kabiliyetlerinin kullanımında veri bilimi öne çıkmaktadır. Veri bilimi; amaç ve hedefler doğrultusunda toplanıp, verinin dijital ortamlarda toplanması ve ihtiyaçlara yönelik olarak analiz edilerek doğru tahminler yapılmasına imkân sağlamaktadır. Geleceğe yönelik tahminlerin hesaplanması hizmet sektörlerinde rekabeti öngörebilmek için önemli bir araç olduğu değerlendirilmektedir. Bu çalışmada; dijitalleşme sürecinde emlak sektörü dikkate alınmış, bilgi teknolojileri kullanarak portföy oluşturma, uygun emlak özelliklerini belirleme, özellikle akıllı bina uygulamalarına ilişkin taleplerin görülmesi ve müşterinin doğru seçime yönlendirilmesinde bir tahmin modellemesi yapılmıştır. Bu amaçla büyük bir ilin önemli dört semtinin emlak portföyüne ilişkin bilgiler toplanmıştır. Elde edilen bilgilerle doğru politikaların oluşturulması ve geleceğe yönelik tahminlerin yapılabilmesi için tahmin yöntemlerinden Lojistik regresyon yöntemi kullanılmıştır. Bulunan model sonucunda, emlak satın alma konusunda hangi faktörlerin önemli olduğu ortaya konulmuştur. Gelecekte dijital dönüşümün emlak sektöründe yaygınlaştırılması, yatırımların planlanması ve bilişim teknolojilerinin sağladığı imkanlar ile iş modellerinin oluşturularak sürdürülebilirliğinin sağlanması gerektiği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler— Emlak Sektörü, Dijital Dönüşüm, Bilişim Teknolojileri, Veri Bilimi, Tahmin Modellemesi

I. GİRİŞ

Bilgi, bireyleri ve toplumları geleceğe taşıyacak değerli bir miras olarak görülmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte bilgiye ulaşmak, işlemek ve saklamak daha hızlı ve kolay hale gelmiştir.

Geldiği nokta itibarıyla bilişim sektörü bilgiye ulaşmayı kolaylaştırdığı gibi karmaşıklaşmasına da neden olabilmektedir. Yorumlanamayan ve amacına uygun kullanılamayan bilgi değersizdir. Bu nedenle, bilginin amaç ve hedefler doğrultusunda toplanıp, ihtiyaçlara yönelik olarak analizi oldukça önemlidir. Veri bilimi de ihtiyaçlar doğrultusunda bilgiden belirli disiplinler çerçevesinde en iyi şekilde faydalanmak amacıyla ortaya çıkmıştır.

Teknolojik gelişmelerin de etkisiyle farklı sektörlerde faaliyet gösteren kurumsal firmalar, stratejik ve operasyonel karar alma mekanizmalarını veri analizi üzerinde inşa etmeye başlamışlardır. Veri analizi, bu yönüyle değerlendirildiğinde, elde edilen verilerden yola çıkılarak geleceğe yönelik tahminlerin yapılması, fırsatların ve tehditlerin belirlenerek gerekli yol haritasının oluşturulması açısından önemli bir disiplindir.

Bilgi teknolojilerinin sağladığı avantajların kullanılmaması; zaman, işgücü kaybı, doğru çözümlerin kısa sürede sağlanamamasından kaynaklanan maliyetlerin en büyük nedenlerindedir. Özellikle sektörel alanda bilgi teknolojilerini etkin kullanmayan firmalar hizmet sürelerini uzatmakta, doğru müşteriye doğru ürünü ulaştırılmamakta ve belirsizleşen maliyetlere katlanmak zorunda kalmaktadırlar. Bu durum hizmet sektöründe faaliyet gösteren firmaların rekabet edebilme gücünü etkilemektedir.

Yeni teknolojiler inşaat sektöründe, ekonomik ve toplumsal açıdan ihtiyaç duyulan konutların yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ekonomik yönlendirmelerin de etkisiyle bilişim teknolojilerinin bu sektörde üretilen binalara entegre edilebilmesi, yenilikçi binalara olan talebe olumlu yönde ivme kazandırmıştır.

Dijital çağ ile farklı iş kolları ortaya çıkmış, insanların yaşam tarzında değişimler meydana gelmiş, enerji tüketimi artmış, doğal enerji kaynaklarının kullanımına özendirme ve ilgili ekonomik yönlendirmeler söz konusu olmuştur. Bu gelişmelerin ışığında sektörel anlamda “akıllı bina” kavramı ortaya çıkmıştır. Genel itibarıyla akıllı bina, binanın kaba yapısı, mekanları, servisleri ve bilgi sistemleri ile bina sahibi ve kullanıcı çevresinin ilk ve değişen taleplerine verimli bir şekilde cevap verebilmelidir[4].

Akıllı binaların en önemli hedefi enerjiyi etkin olarak kullanmaktır. Binanın yeri, diğer binalara göre konumu, yönü, bina kabuğu ve kullanılan teknolojiler enerji etkin bir akıllı bina için önemlidir. Bu parametrelerin değerlendirilmesi binaların yenilenebilir enerjileri kullanması yönünden oldukça önemlidir[7].

Akıllı bina teknolojilerinde; ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemleri kullanıcı konforunu sağladığı gibi en uygun enerji tüketimini de hedeflemektedir. Bütün dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmı binalarda gerçekleşmektedir. Toplam enerji tüketimi açısından ülkemiz incelendiğinde %30-35’lik tüketimin binalarda gerçekleştiği görülebilir. Gerekli özendirmeler yapıldığında, teknolojik gelişmeler ve yeşil enerji kullanımıyla birlikte %30-%50 seviyesinde enerji tasarruf potansiyeli akıllı bina teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla sağlanabilir[10].

Akıllı ev ve bina sistemleriyle; ısıtma sisteminin ev otomasyonu sistemiyle kontrol edilmesi sağlanır, ısı enerjisi tüketimi azaltılır, gereksiz yere yanan ocaklar otomatik olarak söndürülür, aydınlatma sisteminin %90 parlaklıkta yakılması ve kullanılan cihazların ucuz elektrik tarifesi programlarına uyum sağlayacak şekilde programlanmasına imkan sağlanarak enerji tüketimi azaltılabilir.

Akıllı ev sistemleri kullanıcıya; genişletilmiş multimedya sistemleri, konutun her bölgesinde gerekli ayarlamaları yapan güvenlik sistemleri, ısıtma ve soğutma sistemi, konut içerisinde gerekli ışık konforunu hazırlayan aydınlatma sistemi, kullanılan elektrik enerjisini kontrol eden ve tasarrufunu sağlayan sistem, elektronik cihazların (akıllı çamaşır makinesi, buzdolabı, ütü, kombi vb.) ve özellikle bütün sistemleri internet ile birleştiren ve entegrasyonunu sağlayan iletişim teknolojisi hizmetlerinin tamamını veya bir kısmını opsiyonel olarak sunabilmektedir[18].

İnşaat sektöründe yenilikçi bilişim ürünlerinin kullanılması emlak sektörünü doğrudan etkilemiştir. Bölgesel portföyde bulunan emlağın özelliklerine göre yeni parametrelerle kategorize edilmesi, yenilikçi konut teknolojilerinin uygun alıcılarla buluşturulması, emlak büroları için önem kazanmıştır. Portföy değerlendirme aşamasında en uygun fiyatla satış için, satışa etki eden; konutun iç - dış çevre özelliklerini değerlendirerek en uygun müşteriye ulaştırılması gerekmektedir. Geleceğe yönelik portföy oluşturma ve uygun müşteriye ulaşma faaliyetleri çoğu firma tarafından doğru yönetilememektedir. Bu sorunun en büyük nedeni, sektörde kurumsallaşmamış emlak bürolarının bilgi teknolojilerini etkin kullanmamasıdır.

Yapılan satışların belirli değişkenlerle değerlendirilmesi, potansiyel satışlara yönelik çalışmaların yapılması ve uygun portföyün oluşturulması açısından emlak sektöründe geçmişe yönelik verilerin bilişim teknolojileri kullanılarak dijital ortama aktarılması, depolanması ve analiz edilmesi başarı için oldukça önemlidir. Dijital dönüşümün sağlanması halinde firmalar, bina teknolojileri ile ilgili gelişimleri yakından takip edebilecek, portföylerini ve ilişkin satışlarını kendi satış modelleriyle daha kısa sürede yapabileceklerdir.

Bu çalışmada; bilgi teknolojileri kullanarak portföy oluşturma, uygun emlak özelliklerini belirleme, özellikle akıllı bina uygulamalarına ilişkin taleplerin görülmesi ve müşterinin doğru seçime yönlendirilmesinde bir tahmin modellemesi yapılmıştır. Bu amaçla büyük bir ilin önemli dört semtinin emlak portföyüne ilişkin bilgiler toplanmıştır. Elde edilen bilgilerle doğru politikaların oluşturulması ve geleceğe yönelik tahminlerin yapılabilmesi için tahmin yöntemlerinden Lojistik regresyon yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, akıllı bina teknolojileri incelenmiş ve Endüstri 4.0 kapsamında yaygınlaşması beklenen teknolojilere değinilmiştir.

II. AKILLI BİNA UYGULAMALARI

Literatür tanımıyla akıllı bina, binanın kaba yapısı, mekanları, servisleri ve bilgi sistemleriyle bina sahibi ve kullanıcı çevresinin ilk ve değişen taleplerine verimli bir şekilde cevap verebilmelidir. Bu sistemler tüm dairelere aynı hizmeti verebilmektedir. Ayrıca, opsiyonel olarak her kullanıcı için farklı hizmetler de sunulmaktadır[4].

Kullanılan teknolojilere göre akıllı evler; kontrol edilebilir evler, programlanabilir evler, yapay zekaya sahip evler ve otomasyona dayalı evler olarak sınıflandırılabilir[17].

Kontrol Edilebilen Sistemler: Mevcut cihazların kumanda sistemleriyle kontrol edilebildiği evlerdir. Kontrol sistemleri kumanda imkanı bulunan tüm cihazları tek bir üniteye toplayabildiği gibi, ayrı ayrı sistemlerden de oluşabilir.

Programlanabilen Evler: Evlerde kullanılan program sayesinde kullanıcıların eylemleri incelenir, bir sonraki eyleme göre sistem devreye girer. Bu sistemlerde farklı senaryolarda sisteme yeni girişlerin yapılmasına gerek duyulur. Bu sistemler belirli bir zaman ve koşula dayalı eylemlerin yerine getirildiği sistemlerdir. Güvenilir yazılım kullanılması oldukça önemlidir.

Akıllı Ev Otomasyonu: Endüstriyel alanda kullanılan kontrol sistemlerinin ev sistemlerine gündelik hayata ilişkin ihtiyaçlara cevap verecek şekilde uyarlanmasıdır.

Yapay Zekaya Sahip Evler: Sistem, Geleceğin akıllı ev teknolojisi olarak değerlendirilmektedir.. Programlanabilen evlere göre daha gelişmiş sistemleri barındırır. Bu evlerin öğrenme yeteneği vardır. Kullanıcı farklı senaryolara ilişkin komut (zaman, koşul) girmek zorunda değildir. Sistem, evdeki gidişata göre kendi senaryolarını oluşturabilmektedir. Güvenilir bir sistem oluşturulana kadar Türkiye ve diğer ülkelerde kullanımı mümkün olmayan bir akıllı ev sistemi olarak gelecekte karşımıza çıkması muhtemel bir sistemdir.

Akıllı ev otomasyonunda kullanılan yazılımsal ve donanımsal teknolojiler: Bulanık mantık, telemetri, X-10 teknolojisi, CAT 5 (Altyapıya dayalı özel kablolu sistem), sistemin uyarıcılarla bağlantı kurduğu sistemler (RF sistemleri), Bluetooth teknolojisi (kısa mesafede kablosuz veri alışverişi), Zigbee Teknolojisi (düşük güç tüketimi odaklı teknoloji) olarak özetlenebilir.

Sistemde kullanılan Bulanık mantık, makina dilinde verilen kararları neden sonuç ilişkisi içerisinde inceleyerek belirli kararların verilmesinde rol oynamaktadır. Bu disiplin sayesinde, bir insanın düşünerek verebileceği kararların bilgisayar destekli bir makine tarafından verilmesi sağlanır.

Zigbee teknolojisi, ev otomasyonunun kontrol panelini oluşturan teknolojidir. Bir monitor aracılığıyla kablosuz/kablolu sistemleri kullanarak sistem içerisinde bulunan cihazların kontrol edilmesini sağlar[18].

Telemetri, cihazların kablosuz veya dahili ağ sistemlerine uzaktan izlenebilmesi ve kontrol edilebilmesini kapsamaktadır. GSM, GPRS tabanlı sistemlerin kullanılmasıyla alışveriş sağlanır. Bu teknolojiyle cihaza uzaktan komutlar göndermek, cihazla kullanıcı/merkez arasında bilgi alışverişini sağlamak mümkündür.

Kullanılan X-10 teknolojileri aydınlatma sistemlerinin ve cihazların kullanımının; kablolu vasıtasıyla dolaşan 220 V elektrik enerjisinin kontrolünü sağlamaktadır. CAT 5 kablolu sisteminde X-10'dan farklı olarak kablolarda elektrik sinyali yerine data transferi olmaktadır. Cihazlar kullanacakları enerjiyi güç hatlarından alırken, iletişim için data kablolarından faydalanırlar.

Akıllı bina ve ev sistemlerinde bulunan teknolojilerin sağlanması ve sistem entegrasyonu günümüz şartlarında oldukça pahalıdır. Bu sebeple akıllı ev sistemleri ülkemizde

bina, çevre entegrasyonu sağlanmamış tekil evlerde ve fazla kullanıcıya sahip olan sitelerde kullanılabilir. Akıllı sistemlere çeşitli gelir düzeyine sahip olan kullanıcılara hitap edecek şekilde çeşitlendirme uygulanırsa, sisteme olan talep te kuşkusuz artacaktır. Gelişmeler gösteriyor ki bu yüzyılın sonunda akıllı ev teknolojileri özellikle tekil kullanıcıların vazgeçilmez olacaktır.

III. LİTERATÜR ÖZETİ

Çalışma ile ilgili literatürde emlak satınalma davranışlarında etkin rol oynayan faktörler(bina iç-dış özellikleri) incelenmiş ve fiyatlandırılmasını amaçlayan çalışmalar verilmiştir. Daha sonra tahmin modellerinden lojistik regresyon modeli ile ilgili uygulamalar verilerek incelenmiştir.

Ural vd. çalışmalarında Borsa İstanbul'da faaliyet gösteren gıda, içki ve tütün şirketlerinin finansal başarısızlık tahminini lojistik regresyon modeli kurarak yapmayı amaçlamışlardır.2005-2012 Borsa İstanbul verileri dikkate alınarak yapılan çalışmada başarısızlık riskini üç yıl öncesinden tahmin etmek hedeflenmiştir. Geliştirilen modelin; işletme yönetimine, yatırımcılara, potansiyel yatırımcılara yapacakları değerlendirmeler için fayda sağladığı öne sürülmüştür [15].

Konut ve finansal birikim yapma sürecinde hane halkının yatırım kararlarını inceleyen Hochguertel ve Soest çalışmalarında, Hollanda'da hane halkının konut alma davranışında finansal birikim yapma alışkanlığını belirlemeyi amaçlamışlardır. Çalışmada iki değişkenli regresyon modeli kullanılmıştır. Sonuç, Hollanda'da bir ailenin konut almadan önce finansal birikim yaptığı ve sonra satınalma eylemini gerçekleştirdiği sonucuna ulaşılmıştır [8].

Çubukçu ve Çetintahra İzmir'in Karşıyaka ilçesinde yaptılar çalışmada, 18 emlakçı ile anketler yapmış, 52 satınalmış 48 kiralanan portföy verisi elde edilmiştir (Binanın yaşı, fiyatı gibi betimsel özellik bilgisi). Model hem kiralanan hem de satılan konutlar için ayrı ayrı uygulanmıştır. Sonuç olarak, mekânsal estetiğin konuta sahip olma isteğinin konuta sahip olma fiyatını etkilediği, konutu kiralama fiyatının ise, çevresinin karmaşık veya düzenli olması durumuna bağlı olduğu belirlenmiştir [13].

Aktürk ve Tekman yaptıkları çalışmada tüketicilerin Erzurum ilindeki konut edinme kararlarını etkileyen faktörlerin önem düzeyleriyle belirlenmesini amaçlamışlardır. Veri analizinde tanımlayıcı istatistikler, ilişki testleri, ANOVA ve t testinden faydalanılmıştır. Elde edilen sonuçlar konut satın alma davranışlarında; fiyat, müteahhit firmanın güvenilirliği, konutun sitede olması, büyüklüğü, kullanılan malzemenin kalitesi, merkeze yakınlığı, sağlamlığı ve ferah olması gibi faktörlerin önemli olduğuna ulaşılmıştır [16].

Tezcan çalışmasında sigorta sektöründe lojistik regresyon analizi uygulaması yapmıştır. Çalışmada, sigorta sektöründe faaliyet gösteren 46 şirketin 2004-2005 bilançoları; toplan üretimleri, poliçe sayıları, Pazar payları ile yangın, nakliyat, mühendislik, tarım, kasko, trafik, zorunlu sigortalar, ferdi

kaza, sağlık ve hayat ürünleri verileri dikkate alarak lojistik regresyon analizi ile gözlemler gruplara ayırarak, veriler sınıflandırmıştır. Şirketler başarılı- başarısız biçimde gruplandırılmıştır. Böylece ileriye dönük tahminlerde kullanılacak modeller de oluşturulmuştur. Çalışmada ayrıca, benzer özelliklerin diskriminant analiziyle de değerlendirilmiştir [6].

Taç, TS-ISO 14000 standartlarının uygulanmasında işletme kararlarına etki eden faktörlerin belirlenmesinde lojistik regresyon analizini kullanmıştır. Araştırmada işletmeler ISO 14000 Çevre Yönetimi Sistemleri Standartlarını uygulayan ve uygulamayan olmak üzere iki grupta incelenmiştir. TS EN ISO ÇYS belgesine sahip 150 işletme ve TS EN ISO ÇYS belgesine sahip olmayan 350 işletmeye tesadüfi olarak anket uygulanmıştır. Veriler Ki-kare testi ile analiz edilerek işletmelerin standartları uygulama kararına etki eden istatistiksel olarak anlamlı faktörler belirlenmiş ve lojistik regresyon modelinde uygulanmıştır [5].

Girginer ve Cankuş Eskişehir tramvay sistemini temel alan toplu taşıma araçlarında yolcu memnuniyeti konusunda bir çalışma yapmıştır. Eskişehir'de bulunan iki üniversiteden tesadüfi olarak seçilen 300 öğrenci üzerinde gerçekleştirilen çalışmayı İkili Lojistik Regresyon Analizi ile incelemişlerdir. Analiz sonucunda modele dahil edilen tüm bağımsız değişkenlerin negatif etkilerinin olduğu belirlenmiştir [9].

Dong vd. lojistik regresyon modeli kullanarak bankacılık sektöründe kredi notlarının değerlendirilmesine ilişkin bir sorunu değerlendirmişlerdir. Çalışma ile kredi notu değerlendirme sistemine katkıda bulunmak istenmiştir. Öneri olarak yapılan modelde yapılan tahminlerin doğruluğunu geliştirmek için modelin rastgele katsayılarla analiz edilmesi ileri sürülerek sonuçlar değerlendirilmiştir [12].

Şenel ve Alathı çalışmalarında 2007-2012 yılları arasında lojistik regresyon analizi kullanılan yayımlanmış 10 Türkçe makaleyi; uygulama alanı, probleme göre yöntem uygulaması, sonuçların yeterliliği ve yorumlanması gibi kriterlerle içerik analizi tekniği kullanarak değerlendirmiştir. Araştırmacıların lojistik regresyon analizinin varsayımları, sonuçların raporlaştırılması ve yorumlanması dikkate alınarak makaleler incelenmiş ve bir kodlama listesi oluşturulmuştur. Araştırma sonucu çalışmaların bir kısmında Lojistik Regresyon Analizinin araştırma amacına uygunluğu, varsayımların incelenmesi, bulguların raporlaştırılması ve yorumlanması konusunda büyük eksiklik ve yanlışlıklar olduğu gözlenmiştir [14].

IV. YÖNTEM VE VERİ SETİ

Bu kısımda çalışmada kullanılan veri seti ve yöntemine değinilmiştir. Araştırma kapsamında kullanılan veriler İzmir ilinin önemli dört semtinin emlak portföyüne ilişkin bilgiler toplanmasıyla elde edilmiştir. Bu kapsamda belirlenen emlak bürosu ve ortaklarının 2015 Ocak – 2016 Aralık tarih aralığında yapmış oldukları daire satışları incelenmiştir. Müşterilere geleceğe yönelik doğru önerilerde bulunabilmek

için, satış sonrası dairelerle ilgili genel memnuniyet olgusu dikkate alınmıştır. Veriler emlak bürosuyla ortak yürütülen çalışmayla; satışlar ve daire sahipleri ile yapılan görüşmelerden elde edilmiştir. Tahmin yöntemi olarak, Lojistik regresyon yöntemi kullanılmıştır. Yapılan modelleme; portföy oluşturma, uygun emlak özelliklerini belirleme, özellikle akıllı bina uygulamalarına ilişkin taleplerin görülmesi ve müşterinin doğru seçime yönlendirilmesi açısından önemlidir.

Çalışmada Binary Lojistik Regresyon Modeli kullanılmış ve modelde bir bağımlı değişken ve birden çok ta bağımsız değişken bulunmaktadır. Bağımlı değişken Satış sonrası memnuniyet (0-1) olarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler ise dairenin; karanlık odaya sahip olma durumu, kaçınıcı katta olduğu, bulunduğu semt, güneşi görme durumu (cephe) gibi fiziksel özelliklerin yanı sıra satış fiyatı ve ilanın bekleme süresi değişkenleri şeklinde belirlenmiştir.

Anketlerden elde edilen veriler SPSS programına girilmiş daha sonra Lojistik Regresyon Modeli analizi uygulanmıştır. Analiz ile satınalma sonrası memnuniyete etkili olan faktörler ve bu faktörlerin etki dereceleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Modeli açıklayıcı Lojistik dağılım fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$P_i = E(Y_i = 1/X_i) = \frac{1}{1+e^{-(\beta_1+\beta_2X_i\cdots)}}$$

Lojistik regresyon modelinde kategorik, sürekli ve kesikli verileri de bir arada kullanmak mümkündür. Bu açıdan kuvvetli ve daha açıklayıcı bir regresyon modeli olarak karşımıza çıkar. Ayrıca, ileri parametrik olmayan bir istatistiksel metottur.

Analiz kullanım alanı olarak sosyal bilimlerde karşımıza sıklıkla çıkan bir yöntemdir. Lojistik regresyon analizinde neden sonuç ilişkilerinin ortaya konulması amacıyla, incelenen değişkenlerden bazıları; evet-hayır olumlu-olumsuz, memnun-memnun değil şeklinde iki düzeyli verilerden oluşmaktadır. Bu türde bağımlı değişkenin iki düzeyli ya da çok düzeyli kategorik verilerden oluşması durumunda; bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisinin incelenmesinde, Lojistik Regresyon Analizi önemli bir yere sahiptir [1].

Başka bir ifade ile lojistik regresyon analizinde bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerine etkileri, bağımlı değişken iki düzeyinden birisine karşı diğerinin olma olasılığı ve bu olasılıktan yararlanarak bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerine olan etkileri belirlenmeye çalışılmaktadır [2].

Temelinde Regresyon Analizi olan Lojistik Regresyon Analizinin, Regresyon Analizinden ayrılan üç temel özelliği bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde açıklanabilir [3]:

Lojistik Regresyon analizinde bağımlı değişken kesikli bir değerdir. Hâlbuki regresyon analizinde bağımlı değişken sayısaldır.

Lojistik Regresyon 'da bağımlı değişkenin alabileceği değerlerden sadece birisinin gerçekleşme olasılığı kestirilebilmekte iken regresyona bağımlı değişkenin değeri kestirilebilmektedir.

Lojistik Regresyon Analizinin uygulanabilmesinde bağımsız değişkenlerin dağılımıyla alakalı hiçbir şart olmazken, regresyon analizinde bağımsız değişkenlerin çoklu normal dağılım gösterme şartı bulunmaktadır.

Lojistik regresyon analizi, kümeleme analizi ve diskriminant analizi gibi gözlemlerin gruplara atanmasında kullanılmaktadır. Diskriminant ve lojistik regresyon analizleriyle kümeleme analizleri arasında önemli bir fark bulunmaktadır. Diskriminant ve lojistik regresyon analizinde grup sayısı bilinmemektedir. Ancak, kümeleme analizinde gözlemlerin atanacağı küme sayısı tam olarak bilinmemektedir. Mevcut veriler kullanılarak bir ayrımsama modeli oluşturulabilmekte ve böylelikle veri kümesine eklenen yeni gözlemler gruplara atanabilmektedir [3].

V. VERİLERİN ANALİZİ

Bu çalışmada İzmir'de bir emlak bürosunun daire satışları sonrası müşteri tatmininde; binanın fiziki ve yapı özelliklerinin etkileri araştırılarak uygun model önerisinde bulunulmuştur. Bu amaçla öncelikle modelde kullanılacak bağımlı değişken ve etki eden bağımsız değişkenlerin bir kısmının (Kategorik) tanımlayıcı istatistik değerleri ve değişkenlere dair kısaltmalar; Tablo 1 ve Tablo 2'de verilerek incelenmiştir.

A. Tanımlayıcı İstatistikler ve Lojistik Regresyon Analizi

Araştırmaya ait bağımlı değişken ve bağımlı değişken ile ilişkili olabileceği düşünülen çok sayıda bağımsız değişkene ait kısaltmalar, ortalama değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca bu değişkenler arasından modele etkileyebilecek kategori değişkenler olarak belirlenen değişkenlere dair frekans değerleri ve kategorilerin yüzdelik dağılımları Tablo 2'de verilmiştir.

Bağımlı değişken Kategorik ve iki sonuçlu (şıklı) olup memnun olma ve olmama durumunu ayrı ayrı temsil etmektedir. Bağımsız değişkenlerin bazıları nominal ölçekte, Bazıları ordinal ve scale ölçekte değerlendirilmiştir. Ana kütle dört ilçede satışta/satılmış (Ocak 2015-Aralık 2016) olan toplam emlak portföyüdür. Dairenin tercih edilmesine etki eden faktörlere(kriterler) bağlı olarak daireyi alan müşteriler memnun olma(ma) durumu "0" Memnun olmama, "1" Memnun olacak şekilde kodlanarak ikiye ayrılmıştır.

TABLO 1 DEĞİŞKEN KISALTMALARI VE İSTATİSTİKSEL ORTALAMALARI

	Kısaltmalar	Ortalama
Memnuniyet (0=m. Değil; 1=Memnun)	MEM	,649
Dairenin İlanda Beklediği Süre (Gün)	DİBS	66,230
Binanın Yaşı (Yıl)	BY	7,081
Binadaki Kat Sayısı	BKS	7,554
Dairenin Bulunduğu Kat	DBK	3,730
Asansör (0=Yok" AS0"; 1=Var "AS1")	AS	,824

Mülkün M2 değeri	M2	137,757
Cephesi (1=Kuzey "CP0"; 2=Güney"CP1"; 3=Batı"CP2"; 4=Doğu"CP3")	CP	2,324
Kredi/nakit Durumu(1=Kredi ; 2=Nakit)	KND	1,189
Görüntülü Diyafon (0=Yok"GD0"; 1=Var"GD1")	GD	,703
Oda Sayısı	OS	2,662
Banyo Sayısı	BAS	1,662
Kalorifer (0=Yok"KF0"; 1=Var"KF1")	KF	,892
Karanlık Oda (0=Yok"KO0"; 1=Var"KO1")	KO	,108
Otopark (0=Yok"OOD0"; 1=Var"OOD1")	OOD	,743
Dairenin Bulunduğu Semt (1=Bornova"DBS1"; 2=Karşıyaka"DBS2"; 3= Bayraklı"DBS3"; 4= Konak"DBS4")	DBS	2,122
Toplu Taşımaya Yakınlık (1="0-200m"TTY1; 2="201-500m"TTY2; 3=">500m"TTY3)	TTY	1,432
Manzara (1= Deniz"M1"; 2= Doğa"M2"; 3= Şehir"M3")	M	2,595
Balkon Sayısı	BALS	1,635

Kodlamalara Tablo 1’de değinilmiştir. Lojistik regresyonun bağımlı değişkeni aşağıdaki şekilde sembolize edilmiştir.

$$Y_m = \begin{cases} 1, & \text{Memnun olma durumu,} \\ 0, & \text{Memnun olmama durumu} \end{cases}$$

Araştırmada 74 tane satışı gerçekleştirilen dairelerin belirli özelliklerini içeren veriler kullanılmıştır. Bu verilere ilişkin tanımlayıcı verilerin bir kısmı Tablo 2’de belirtilmiştir.

Satınalma işleminde müşterilerin %81,1’i kredi kullanmış (değerin en az %30’luk kısmı kredi) ve %18,9’u ödemenin tamamını nakit olarak karşılamıştır. Satış sonrası satışa ve bina özelliklerine bağlı olarak genel memnuniyet düzeyleri %64,9 dur.

Satışı sağlanan dairelerin %55,4’ünün güneş gören kısmı güney cephesidir. Bunu %16 ile Batı, %14,9 ile Doğu ve %13,5 ile Kuzey cephesine bakan daireler izlemektedir. Dairelerin %70,3’ü şehirle iç içe (şehir manzaralı), %18,9’u doğa (yeşil alan, dağ, ferah görüş) manzaralı, %10,8’i ise deniz manzaralıdır. Manzara faktörünün yanı sıra memnuniyeti ve fiyatı önemli ölçüde etkileyeceği düşünülen semt değişkeni dört farklı kategoriden oluşmaktadır. Satılan dairelerin %39,2’si Bornova %24,3’ü Bayraklı %23’ü Karşıyaka, %13,5’i ise Konak semtinde bulunmaktadır.

TABLO 2 BAĞIMLI DEĞİŞKEN VE ETKİSİ OLDUĞU DÜŞÜNÜLEN BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLERİN TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ

Memnuniyet	Frekans	%	Kümülatif %	Kalorifer	Frekans	%	Kümülatif %
Memnun değil	26	35,1	35,1	Kalorifer Yok	8	10,8	10,8
Memnun	48	64,9	100,0	Kalorifer Var	66	89,2	100,0
Asansör				Karanlık Oda			
Asansör yok	13	17,6	17,6	Karanlık Oda Yok	66	89,2	89,2
Asansör var	61	82,4	100,0	Karanlık Oda Var	8	10,8	100,0
Cephesi				Otopark			
Kuzey	10	13,5	13,5	Otopark Yok	19	25,7	25,7
Güney	41	55,4	68,9	Otopark Var	55	74,3	100,0
Batı	12	16,2	85,1	Semt			
Doğu	11	14,9	100,0	Bornova	29	39,2	39,2
Kredi/Nakit Satınalma				Karşıyaka	17	23,0	62,2
Kredi Kullandı	60	81,1	81,1	Bayraklı	18	24,3	86,5
Kredi Kullanmadı	14	18,9	100,0	Konak	10	13,5	100,0
Görüntülü Diyafon				Toplu Taşımaya Yakınlık			
Görüntülü Diyafon Yok	22	29,7	29,7	0-200 Metre Uzaklıkta	46	62,2	62,2
Görüntülü Diyafon Var	52	70,3	100,0	201-500 Metre Uzaklıkta	24	32,4	94,6
Manzara				500 Metreden daha uzak	4	5,4	100,0
Deniz	8	10,8	10,8				
Doğa	14	18,9	29,7				

Şehir	52	70,3	100,0				
TOPLAM	Frekans						
	74			% 100			

Dairenin iç özellikleri ve bulunduğu bina açısından özellikleri de memnuniyeti önemli derecede etkileyebilecek unsurlardandır. Dairelerin bulunduğu binaların %70,3'ünde görüntülü diyafon güvenlik sistemi bulunmaktadır. Ayrıca asansör sistemi bulunan daireler satılan tüm dairelerin %82'sini oluşturmaktadır. Dairelerin hepsinde salon mevcut olup %10'u 1 odalı, %19'u 2 odalı ve %71'i ise 3 odalıdır. Karanlık oda varlığı memnuniyeti düşürebileceği gibi satınalma arzusunun da olumlu ölçüde etkilemektedir. Satışı gerçekleştirilen dairelerin %11'inde karanlık oda mevcuttur.

Binanın dış özelliklerine ek olarak ulaşım faktörü de dairenin tercih edilmesinde etkili bir sebeptir. Satılan apartman dairelerinin bulunduğu binaların %74,3'ünün kendine ait otoparkı bulunmaktadır. Binaların %62,2'si toplu taşımaya (Dolmuş, Otobüs, Metro, "Taksi Dolmuş" vb.) en fazla 200 metre uzaklıkta, %32,4'ü en fazla 500 metre uzaklıkta ve %5,4'ü ise 500 metreden daha uzak mevkide bulunmaktadır.

Değişkenlerin bağımlı değişkene olan (memnuniyete) etkisinin ölçülmesi aşamasında Enter Metodu uygulanmıştır. B parametreleri ve etkiye ilişkin Wald istatistik değerleri, serbestlik derecesi, önem düzeyleri ve ODDS (Bahis Değeri) Tablo 3'te verilerek incelenmiştir.

Tablo 3'teki regresyon sonuçlarına göre memnuniyeti etkileyen özelliklerin önem düzeyine göre anlamlılıkları; %5 önem düzeyinde OP Otopark Olmama durumu anlamlı bir etkiye sahipken %10 önem düzeyinde Binanın Asansörünün olması, KAF(0), BANS, OS(1), CP(1) anlamlı (önemli) olarak bulunmuştur.

Anlamlı bulunan OP değişkeni şartlar sabitken OP(0) Binanın otoparkının olmasından ziyade olmamasının memnun olma (1= memnun) durumuna etkisi bahis oranına göre "%0" dır. Bu durumda otoparka sahip olmayan bir bina dairelerinde oturanların memnuniyeti model fonksiyonunda -7,632 değerine sahiptir.

Binanın asansöre sahip olması, asansöre sahip olmamasına oranla memnuniyeti 199,95 kat arttıracaktır. Dairenin bulunduğu binada asansör varsa fonksiyona 14,507 katsayısıyla etki edecektir.

KALP(0) değişkeni kalorifer olmaması durumunun, olması durumuna göre 0,001 bahis oranında memnuniyeti olumlu yönde etkileyeceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca Dairede kalorifer bulunmama durumu memnuniyeti -7,015 katsayısıyla etkilemiştir.

BANS dairedeki banyo sayısının artması memnuniyeti 0,004 bahsiyle olumlu yönde etkileyecektir. Bu durum banyo sayısı arttıkça müşterilerin memnuniyet düzeyinin olumsuz etkilendiğini göstermektedir.

OS(1) daireler arasında 1 oda ve salona sahip dairelerin diğer dairelere göre satınalma sonrası memnuniyetini

olumsuz yönde etkileyeceği sonucuna varılmıştır. Bir odalı daireler modelde -9,341 katsayısı ile değerlendirilerek memnuniyeti olumsuz yönde etkilemektedir.

CP(1) Dairenin kuzey cephede olması diğer cephelerde olmasına göre memnuniyeti 458,559 oranında etkilemektedir. Dairenin Kuzeye bakan cephede olması durumunda fonksiyondaki katsayısı 8,431 olarak bulunmuştur. Satış fiyatı değerleri çok yüksek olduğu için modelin memnuniyet ile ilgili kararlarında katsayısı 0,000 olarak değerlendirilmiştir. Kısacası, modelde kullanılması memnuniyet sonucunu değiştirmeyecektir. Emlak özelliklerine göre müşteri memnuniyeti tahmin modeli;

$$\text{logit}_m = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = (9,569 - 0,20iBS - 0,399BY - 0,168BKS + 0,21DBK + 0,46M + 8,431CP(1) + 4,076CP(2) + 1,635CP(3) - 0,139KND - 0,191GD + 1,615BALS - 5,495BANS - 9,341OS(1) - 4,853OS(2) - 7,0515KALF(0) + 3,924KARO - 7,632OP(0) - 1,306DBS(1) - 1,442DBS(2) - 4,506DBS(3) - 1,935TTY(1) - 3,124TTY(2) + 25,366M(1) - 1,451(2) + 14,507AS)$$

olarak elde edilmiştir. Böylece oluşturulan model kullanılarak ilgili özellikleri bilinen bir daireyi satın alan bir müşterinin; konutun yapısal, çevresel ve diğer satış özelliklerine bağlı olarak memnun olma olasılığı aşağıdaki eşitliğe bakılarak değerlendirilebilir.

$$P_{\text{Memnuniyet}} = \frac{1}{1 + e^{-(9,569 - 0,20iBS - 0,399BY - 0,168BKS + 0,21DBK + 0,46M + 8,431CP(1) + 4,076CP(2) + 1,635CP(3) - 0,139KND - 0,191GD + 1,615BALS - 5,495BANS - 9,341OS(1) - 4,853OS(2) - 7,0515KALF(0) + 3,924KARO - 7,632OP(0) - 1,306DBS(1) - 1,442DBS(2) - 4,506DBS(3) - 1,935TTY(1) - 3,124TTY(2) + 25,366M(1) - 1,451(2) + 14,507AS)}}$$

Tahmin modelinde müşterinin memnuniyetindeki en önemli göstergenin dairenin deniz manzarasının olması durumu olduğu tespit edilmiştir. İkinci önemli gösterge ise, binada asansörün bulunmasıdır. Örneğin; deniz manzarası olan tek banyolu, otoparkı, görüntülü diyafonu bulunmayan 6 katlı bir binanın 5. katında bulunan ve binada asansörün bulunduğu bir dairenin diğer değişkenler sabitken satıldığı düşünüldüğünde, modeldeki memnuniyet olasılığı 0,99'dur.

Bornova'dan 18 katlı asansörü olan bir binanın 2. katından 132 m2 iki oda bir salon, ebeveyni banyolu, görüntülü diyafonu olan, şehir manzaralı, çoğunlukla güney cepheye bakan, kaloriferli, toplu taşımaya yakın(200m), otoparkı olmayan bir daireyi satın alan bir müşteri diğer değişkenler sabit olmak üzere 0,487 olasılıkla memnundur. Olasılık değeri 0,5'ten küçük olduğu için, tahmin sonucu müşterinin memnun olmadığı sonucuna ulaşılır.

Yapılan çalışma genel fiziki özellik ve satış memnuniyeti olduğu için bazı kriterler memnuniyete göre anlamlı bulunmamıştır. Bu durum müşterilerin sadece memnun olma ve memnun olmama durumu sorgulanmasından dolayı normal bulunmuştur. Lojistik Regresyon Analizi sonucunda

elde edilen tahmin etme odaklı modelin yorumlanması için modelin uyum iyiliği testinin yapılarak sonuçların değerlendirilmesi gerekmektedir.

TABLO 3 MEMNUNİYETE DAİR LOJİSTİK REGRESYON SONUÇLARI

Değişken	Katsayı	Standart Hata	Wald Testi	Serbestlik Derecesi	Önem Düzeyi	Bahis Oranı
Satış Fiyatı	,000	,000	,029	1	,865	1,000
İBS	-,020	,017	1,473	1	,225	,980
BY	-,399	,255	2,437	1	,118	,671
BKS	-,168	,173	,940	1	,332	,846
DBK	,021	,170	,015	1	,902	1,021
M	,046	,037	1,552	1	,213	1,047
CP(1)*	8,431	4,723	3,186	1	,074	458,559
CP(2)	4,076	2,518	2,620	1	,106	58,898
CP(3)	1,635	1,721	,903	1	,342	5,130
KND1	-,139	1,395	,010	1	,921	,870
GD1	-,191	3,604	,003	1	,958	,826
BALS	1,615	1,978	,667	1	,414	5,029
BANS*	-5,493	2,974	3,411	1	,065	,004
OS(1)*	-9,341	4,873	3,675	1	,055	,000
OS(2)	-4,863	4,710	1,066	1	,302	,008
KALF(0)*	-7,015	4,025	3,038	1	,081	,001
KARO(0)	3,924	2,947	1,774	1	,183	50,606
OP(0)*	-7,632	3,806	4,020	1	,045	,000
DBS(1)	-1,306	5,204	,063	1	,802	,271
DBS(2)	-1,442	4,812	,090	1	,764	,236
DBS(3)	-4,506	5,567	,655	1	,418	,011
TTY(2)	-1,935	4,010	,233	1	,629	,144
TTY (3)	-3,124	3,675	,722	1	,395	,044
M(1)	25,366	97,393	,000	1	,998	10,803
M(2)	-1,451	1,735	,700	1	,403	,234
AS (1)*	14,507	8,372	3,002	1	,083	199,953
Sabit	9,569	6,274	2,326	1	,127	1431,247

* İstatistiksel olarak anlamlılığı göstermektedir.

B. Modelin Uyum İyiliği Ve Modelin Uygunluğunun Değerlendirilmesi

Parametrelerin anlamlılığının sınanmasında birçok test çeşidi kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; Omnibus, Wald istatistikleri Hosmer ve Lemeshow testleridir. Wald test istatistiğine göre anlamlı bulunan değerlerin Tablo 3'te belirtildiği gibi %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı oldukları söylenebilir.

TABLO 4 MEMNUNİYETE İLİŞKİN MODELE DAİR SINIFLANDIRMA TABLOSU

Gözlenen		Beklenen		
		Memnuniyet		Doğruluk Yüzdesi
		Memnun değil	Memnun	
Memnuniyet	Memnun değil	20	6	76,9
	Memnun	2	46	95,8
Ortalama Yüzde				89,2

Tablo 4'e göre Memnuniyet modelinde satış sonrası binanın iç ve dış özelliklerinden ve satışa dair diğer etkiler sonucunda satınalınan daireden müşterinin memnun olmama durumunu doğru tahmin edebilme ihtimali %76,9 dur. Memnun olmayı doğru tahmin etme oranı ise %95,8'dir. Modelin doğru sınıflandırma yapabilme oranı ise %89,2' olduğu söylenebilir.

TABLO 5 MODEL KATSAYILARININ OMNİBUS TESTİ

		Ki+kare (X ²)	Serbestlik Derecesi (df)	Önem Düzeyi (p)
1	Step	57,780	26	,000
	Block	57,780	26	,000
	Model	57,780	26	,000

Omnibus Testine göre 0,01 önem düzeyinde modelin anlamlı olduğu Tablo 5'te görülmektedir. Tabloya göre serbestlik derecesi 26, Ki- kare değeri 57,780 olarak hesaplanmıştır.

Modelin uyum iyiliğinin test edilmesinde kullanılan bir diğer test ise Hosmer ve Lemeshow testidir. Bu istatistik, sabit terimin dışındaki tüm logit katsayılarının sıfıra eşit olup olmadığını sınamaktadır. Hosmer-Lemeshow testi regresyon analizindeki F testine benzemektedir [11]. Bu istatistiğe yönelik hipotez şu şekilde kurulabilir;

H0: Parametreler belirleyicilik açısından iyi bir ayrımcılığa sahiptir,

H1: Parametreler belirleyicilik açısından iyi bir ayrımcılığa sahip değildir.

Hipotezlere ilişkin Hosmer-Lemeshow test istatistiğine ilişkin Ki- kare değerleri Tablo 6'da belirtilmiştir.

TABLO 6 HOSMER-LEMESHOW TESTİ

	Chi-square	Serbestlik Derecesi	Önem Düzeyi (p)
Hosmer-Lemeshow	10,576	8	,227

Model 8 serbestlik derecesinde 10,576 Ki-kare değeriyle $P=0,227 > \alpha=0,05$ olduğundan H0 hipotezi kabul edilmiştir. Parametreler belirleyicilik açısından iyi bir ayrımcılığa sahiptir.

TABLO 7 HOSMER-LEMESHOW TESTİ İLE İLGİLİ GÖZLENEN VE BEKLENEN FREKANSLAR

	Memnuniyet = Memnun değil		Memnuniyet = Memnun		Toplam
	Gözlenen	Beklenen	Gözlenen	Beklenen	
1	7	6,991	0	,009	7
2	7	6,602	0	,398	7
3	6	5,506	1	1,494	7
4	3	3,119	4	3,881	7
5	1	2,139	6	4,861	7
6	0	1,138	7	5,862	7
7	2	,371	5	6,629	7
8	0	,127	7	6,873	7
9	0	,008	7	6,992	7
10	0	,000	11	11,000	11

Lojistik Regresyon Modeli ile memnun olma ve memnun olmama durumunun gruplara ayrılabilirdiği, neticede yeterli bir modeldir.

Lojistik Regresyon Modelinin uygunluğu değerlendirilirken, bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi literatürde en çok kullanılan istatistikler olan; Cox-Snell ve Nagelkerke R² testleri kullanılmıştır. Test sonuçları Tablo 9'da belirtilmiştir.

TABLO 8 MODELE AİT R² TABLOSU

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	38,165 ^a	,542	,746

Nagel Kerke R2 istatistiği tabloda 0,746 olarak bulunmuştur. Bu da lojistik modelde kullanılan değişkenlerin modeli %74,6 oranında açıkladığını göstermektedir. Değişkenlerin modeli açıklaması açısından lojistik regresyon modelimiz oldukça iyi bir yüzdeye sahiptir. Ayrıca Cox ve Snell R2 değeri 0,542 olarak bulunmuştur. Açıklama oranları oldukça yüksektir ve kurulan modelin anlamlı olduğu söylenebilir.

VI. DİSKRİMİNANT ANALİZİ

Diskriminant analizin iki temel varsayımı; verilerin çok değişkenli olarak normal dağılımı ve grupların ortak varyans-kovaryans matrisli olmasıdır. Bu varsayımlar uygulamalarda sağlanmadığı durumlarda kullanılan özel diskriminant fonksiyonları devreye girmektedir [6].

Lojistik regresyon analizi yorum ve sonuçların kestirilmesi açısından kolaylığı nedeniyle araştırmalarda daha çok yer bulan bir analizdir. Lojistik regresyon analiziyle elde edilen sonuçların etkinliğinin değerlendirilmesi ve karşılaştırma yapılması amacıyla diskriminant analizi yapılmıştır. Aşağıda uygulamayla ilgili sınıflandırmalar diskriminant analiziyle yapılacak ve analizin lojistik regresyon analiziyle arasındaki fark ortaya konulacaktır.

TABLO 9 BOX'S M TESTİ

Box's M		505,325
F	Approx.	1,569
	df1	210
	df2	8414,267
	Sig.	,000

Box's M testi sonuçlarına bakıldığında (,05) anlamlılık düzeyinde "grupların kovaryans matrisleri eşittir" sıfır hipotezinin reddedildiği görülmüştür. Analize devam edebilmek için değişkenlerin anlamlılık düzeyi aşağıdaki tabloda incelenmiştir.

TABLO 10 ANLAMLILIK TESTİ

	Wilks' Lambda	F	Serbestlik derecesi(1)	Anlamlılık
İlan Bekleme Süresi	,998	,178	1	,674
Binanın Yaşı	,971	2,172	1	,145
Binadaki Kat Sayısı	,989	,765	1	,385
Dairenin Bulunduğu Kat	,979	1,554	1	,217
Binada Asansör Var	,998	,129	1	,721
Mülkün M2 değeri	,979	1,579	1	,213
Cephesi	,987	,946	1	,334
Satınalma(Nakt, Krd)	,977	1,667	1	,201
Görüntülü Diyafon	,980	1,452	1	,232

Balkon Sayısı	,999	,044	1	,835
Banyo Sayısı	,970	2,215	1	,141
Oda Sayısı	,991	,641	1	,426
Kalorifer	,960	2,987	1	,088
Ankastre Mutfak	,977	1,667	1	,201
Karanlık Oda	,915	6,648	1	,012
Otopark	,921	6,135	1	,016
Dairenin Senti	,998	,168	1	,683
Toplu Taşımaya Yakınlık	,949	3,892	1	,052
Manzara	,946	4,093	1	,047
Satış Fiyatı	,990	,705	1	,404

Değişkenlerin anlamlılık düzeyine bakıldığında anlamlılık değeri 0,05'ten büyük olanlar göze çarpmaktadır. Bu durum ortalamaların ortalamalarının eşit olduğunu varsayan hipotezin reddedilmesine neden olmuştur. Böylece analizin anlamlılığı ortaya çıkar ve analize devam edilir.

TABLO 11 MODELİN AÇIKLANMA ORANI

Fonksiyon	Özdeğer	% Varyans	Kümülatif %	Korelasyon
1	,707 ^a	100,0	100,0	,644

Tablo 11'de hesaplanan korelasyon değeri diskriminant skorlarını ve gruplar arasındaki ilişkiyi ölçerek açıklanan toplam varyansı gösterir. Korelasyon değerinin karesini alarak bağımlı değişkendeki varyansın yüzdelik olarak açıklanması hesaplanarak 0,42 değeri bulunmuştur. Literatürde % 40'tan büyük olan özdeğerler iyi olarak kabul gördüğünden hesaplanan (0,707) değer uygun olarak nitelendirilmiştir.

TABLO 12 WILKS' LAMBDA TESTİ

Test Fonksiyonu	Wilks' Lambda	Ki-Kare	Serbestlik Derecesi	Anlamlılık
1	,586	33,169	20	,032

Tablodan ayırma skorlarındaki toplam varyansın %59'luk kısmının gruplar arası farklar tarafından açıklanamadığı görülmüştür. Bunun yanı sıra oluşturulan diskriminant fonksiyonunun özdeğer istatistiğinin (0,32) anlamlı olduğu görülmüştür.

Analizde sadece 1 fonksiyon kullanılmıştır. Fonksiyon ile ilgili varyans yüzdesi %100 olarak aşağıdaki özdeğerler tablosunda hesaplanmıştır.

Kullanılan fonksiyon aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$Y = 0,415X_1 + 1,211X_2 + 0,205X_3 - 0,209X_4 + 1,241X_5 - 0,435X_6 + 0,131X_7 + 0,183X_8 - 0,362X_9 + 0,210X_{10} + 0,345X_{11} + 0,02X_{12} - 0,281X_{13} + 0,592X_{14} + 0,399X_{15} - 654X_{16} + 0,283X_{17} + 0,408X_{18} + 0,393X_{19}$$

TABLO 13 SONUÇ SINIFLANDIRMA TABLOSU

	Memnuniyet	Tahmin Edilen Grup Üyeliği		Total
		Memnun değil	Memnun	
Diskriminant Analizi	Memnun değil	18	8	26
	Memnun	4	44	48
	% Memnun değil	69,2	30,8	100,0
	% Memnun	8,3	91,7	100,0
Lojistik Regresyon Analizi	Memnun değil	20	6	26
	Memnun	2	46	48
	% Memnun değil	76,9	23,1	100
	% Memnun	4,3	95,7	100
a %83,8 Diskriminant analizi kullanılarak doğru sınıflandırma oranı				
b %89,2 Lojistik regresyon analizi doğru sınıflandırma oranı				

İki analiz incelendiğinde diskriminant analizinin doğru sınıflandırma oranının %83 olduğunda lojistik regresyon analizinin doğru sınıflandırma oranının %89,2 olarak daha uygun sonuç verdiği görülmüştür. Ayrıca diskriminant analizinin gruplar arası farkı açıklama düzeyinin lojistik regresyon analizine göre düşük olması (%41 - %75) diskriminant analizinin kullanılmasını güçleştirmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde en uygun sonucu lojistik regresyon analizinin verdiği söylenebilir.

VII. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada; dijitalleşme sürecinde emlak sektörü dikkate alınmış, bilgi teknolojileri kullanarak portföy oluşturma, uygun emlak özelliklerini belirleme, özellikle akıllı bina uygulamalarına ilişkin taleplerin görülmesi ve müşterinin doğru seçime yönlendirilmesinde bir tahmin modellemesi yapılmıştır. Bu kapsamda satılan dairelerin özellikleri ve belirlenen satış faktörlerinin etkisi ortaya konulmuştur.

Çalışma sonrası önemli bulunan faktörler; binanın asansörünün olması, KAF(0), BANS, OS(1), CP(1) ve OP değişkenleri anlamlı (önemli) olarak bulunmuştur. Anlamlı değişkenlerden yola çıkarak; tek odalı (ek olarak salon) dairelerin belirtilen semtlerde uygun alıcıyla bulunmadığı, kaloriferi bulunmayan dairelerin alıcılar tarafından tercih edilmediği, binaya ait otoparkın olmaması durumunun konut güvenliği ve kullanım kısıtlamasına neden olması yönüyle olumsuz etkiye neden olduğu görülmüştür. Bunların dışında, Kuzey cephede bulunan dairelerin diğer cephelerde bulunan dairelere göre daha çok tercih sebebi olduğu görülmüştür. Kuzey, kuzey- güney cephe tercihi İzmir ilinde yaz aylarının çok sıcak, kış aylarının ılık/serin olması nedeniyle gerçekleştiği düşünülmektedir. Bu durum, yaz aylarında klima kullanımını azaltılması ve rüzgardan faydalanılması; kış aylarında ısıtma sistemlerine ihtiyacın sınırlı olmasını sağlayacaktır. Böylece, konut sahibinin enerji tasarrufunda bulunabileceği öngörülebilir.

İzmir, yapısı itibarıyla kentsel dönüşüme adapte olmaya çalışan bir şehirdir. Eski binalardaki yüksek enerji kullanımı, güvenlik zaafiyetleri ve ilgili yönetmelik uyumsuzlukları; sektörü olumsuz yönde etkilemektedir. Akıllı bina projelerinin yaygınlaşması satış kolaylığı, yenilikçi kullanıcı konforu, güvenliği ve enerji tasarrufu açısından oldukça önemlidir.

Akıllı ev sistemlerine çeşitli gelir düzeyine sahip olan kullanıcılara hitap edecek şekilde çeşitlendirme uygulanırsa, sisteme olan talep artacaktır.

Ülkemizde emlak sektörünün daha etkin olabilmesi için; sektörel dijital dönüşüm yaygınlaştırılmalı, bilişim teknolojilerinin sağladığı imkanlar yatırım planları, yeni iş modellerinin oluşturulmasında kullanılmalı ve tüm çalışma alanlarında sürdürülebilirlik sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Agresti, A., "An Introduction to Categorical Data Analysis", John Wiley and Sons, Inc, 1996.
- [2] Arabacı, Ö., "Lojistik Regresyon Analizi ve Bir Uygulama Denemesi", Uludağ Üniversitesi Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, 2002.
- [3] Coşkun, S., Kartal, M., Coşkun, A. ve Bircan, H., "Lojistik Regresyon Analizinin İncelenmesi ve Diş Hekimliğinde Bir Uygulaması", Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 7(1): 42-50, 2004.
- [4] Yılmaz Z., "Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji", 7. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 2005.
- [5] Taç, H. K., "İşletmelerin Ts- Iso 14000 Standartlarını Uygulama Kararlarına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2006.
- [6] Tezcan, B., "Lojistik Regresyon Analizi ve Sigortacılık Sektöründe Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- [7] Mangan, S., "Akıllı Binalarda Alt Sistem Değerlendirmesi: İstanbul Örneği", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı, İstanbul, 2006.
- [8] Hochguertel, S., Soest, A. V., "The Relation between Financial and Housing Wealth of Dutch", Journal of Urban Economics, 49, pp. 374-403, 2008.
- [9] Girginer N. ve CankuĖ, B., "Tramvay Yolcu Memnuniyetinin Lojistik Regresyon Analiziyle Ölçülmesi: Etram Örneği", Celal Bayar Üniversitesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 15(1): 181-193, 2008.
- [10] Özyurt, G., Karabalık, K., "Enerji Verimliliği, Binaların Enerji Performansı ve Türkiye'deki Durum", TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, TMH 457 (5), 2009.

- [11] Kalaycı, Ş., “SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri”, 5.Baskı, Asil Yayın Dağıtım, Ankara, 2010.
- [12] Dong, G., Lai, K. K. ve Yen, J., “Credit Scorecard Based on Logistic Regression with Random Coefficients”, *Procedia Computer Science* 1, s.2457-2462, 2010.
- [13] Çubukçu, E., ve Çetintahra, E.G., “Çevre Estetiğinin Konut Fiyatlarına Etkisi”, *İTÜ Dergisi*, 10(1): 3-12, 2011.
- [14] Şenel S., Alatlı B., “Lojistik Regresyon Analizinin Kullanıldığı Makaleler Üzerine Bir İnceleme”, *Eğitimde ve Psikolojide Ölçme ve Değerlendirme Dergisi*, 5(1): 35-52, 2014.
- [15] Ural, K., Gürarda, Ş., Önemli, M.B., “Lojistik Regresyon Modeli İle Finansal Başarısızlık Tahminlemesi: Borsa İstanbul’da Faaliyet Gösteren Gıda, İçki Ve Tütün Şirketlerinde Uygulama”, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 2015.
- [16] Aktürk E., Tekman N., “Konut Talebi Ve Erzurum Kent Merkezinde Tüketicilerin Konut Edinme Kararlarını Etkileyen Faktörler”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30(2): 423-440, 2016.
- [17] Akıllı Ev Sistemleri, Bilgi Çağı Web Sayfası, Erişim Tarihi 01.09.2017 <http://bilgicagi.com/akilli-ev-sistemleri-otomasyonlari>
- [18] Uğuz S., Kılıç B., Şişeci M., “Akıllı Ev Otomasyonu Sistemlerinde Zigbee Tabanlı Ağ Uygulamaları”, Erişim Tarihi: 17.09.2017, http://www.emo.org.tr/ekler/dac6390eb52d424_ek.pdf

Lojistik sektöründe benzetim modeli ile süreç iyileştirme

Deniz Merdin*, Derya Sultan Pektaş*, Gizem Şahin*, Filiz Ersöz*

*Karabük Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü

dnzmrdrn@gmail.com, ds.pektaş@hotmail.com, gizemm-sahinn@hotmail.com, fersoz@karabuk.edu.tr

Özet— İşletmelerin rekabet üstünlüğü sağlayabilmesi için en önemli unsurlardan birisi de teknolojiye ayak uydurabilme ve mevcut sistemin iyi analiz edilerek gerekli iyileştirmelerin yapılabilmesidir. Bu çalışmada, Demir Çelik sektöründeki işletmelere demir tozu taşıyan bir lojistik işletmesinin, Arena paket programı aracılığıyla benzetim modellemesi yapılmıştır. Çalışmada sonucunda; sistemin belirli saatler arasında çok yoğun olduğu, tırların sistemde çok zaman harcadıkları, yakıt tanklarının doluluk oranlarının fazla olduğu mevcut durum analiziyle tespit edilmiş ve alternatif bir senaryo geliştirilmiştir. Bu senaryoların gerçek sistem üzerinde faaliyete geçirilmesi ile sistemdeki ortalama kuyruk uzunluğunun azaltılabileceği, sistemden günlük çıkış yapan tır sayısının artırılacağı ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler— benzetim, modelleme, lojistik, kesikli olay simülasyonu, arena

I. GİRİŞ

Lojistik sistemleri, tedarikçiden başlayarak müşteriye ulaşmaya kadar müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tasarlanan, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içinde her iki yöne doğru taşınması ve depolanmasını sağlayan sistemlerdir [1]. Lojistiğin faaliyet alanları arasında nakliye, stok yönetimi, depolama, paketleme, malzeme yönetimi, satın alma bulunmaktadır [2]. Lojistik sistemlerinin etkin bir şekilde işletilmesiyle üretim devamlılığı ve müşteri tatmini sağlandığı için işletmeler açısından önemli bir yer tutmaktadır. Lojistik faaliyetlerinin geniş çaplı olması, süreçlerin takibini ve denetimini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle süreçlerin yönetilmesi ve gerekli stratejik kararların alınmasında benzetim modelleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Benzetim modellerinde, incelenen sistem veya süreç bilgisayar ortamına aktararak taklit edilir. Sistemler deney yapmaya uygun olmadığı durumlarda veya henüz tasarım aşamasındayken benzetim modeli kurmak da işletmelere avantaj sağlamaktadır. Karmaşık problemleri çözmeye büyük katkı sağlayan benzetim modelleri, sistemlerin davranışlarını analiz etmeye yardımcı olur. Sistem genellikle yeni tasarımlar veya kuralların uygulanmasına geçmeden önce modellenir [3].

Benzetim modellemenin en önemli avantajları, incelenen sistemi istenilen zamanda hızlandırıp yavaşlatabilmesi ve sistemdeki gecikme nedenlerinin belirlenerek darboğaz analizi yapılabilmesidir [4]. Benzetim modellerini kurmanın belli bir bilgi birikimi gerektirdiği, sonuçların yorumlanmasında zorlanılabileceği ve zaman alıcı modelleme ve analizler

yapılması bu yöntemin tercih edilmesi önündeki engellerdendir [5]. Tasarlanan modelin bilgisayar diline çevrilmesi konusunda Arena, Promodel, ProcessModel ve Delmia paket programları yaygın olarak kullanılmaktadır [6].

II. LİTERATÜR TARAMASI

Akad M. ve Gedizlioğlu E., (2007) çalışmasında toplu taşıma araçlarının bölgelere göre seçimini modellemiştir. Ulaştırma yatırımları ve özellikle de kent içi koridorlarda gerçekleştirilecek olan toplu taşıma yatırımlarında hangi ulaştırma türünün tercih edileceğinin seçimi önemli bir konudur. Çalışmada bir kent içi koridorda, hangi toplu taşıma sisteminin uygulanması gerektiğine karar vermek için analitik hiyerarşi yöntemi uygulanmıştır. Değişen yolcu talebi ile durak aralıkları, ödeme türü ve buna bağlı olarak ödeme süresi, taşıt hızı, yolcuların taşıtlara biniş ve iniş süresi gibi koşullara göre toplu taşıma sistemlerinin performanslarının değişimini görebilmek için İstanbul kenti içerisindeki iki koridorda “otobüs yolu” ve “tramvay” seçenekleri benzetim modeli analitik hiyerarşi prosesi yöntemi ile değerlendirilmiştir [7].

Özkök M. v.d. (2011) gemi inşa sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın ürün imalat sürelerinin kısaltılması, tersanelerin yıllık üretim kapasitelerinin ve pazar payının artmasını sağlamak amacıyla arena simülasyon programı aracılığıyla mevcut sistem modellenerek görselleştirilmiş ve sistem üzerinde iyileştirmeler yapılmıştır. Bu doğrultuda çalışmada öncelikli olarak iyileştirme süreci modeli belirlenmiştir ve ele alınan bir çift dip bloğunun teçhiz ve boru montaj işlemlerinin tamamının blok montaj istasyonunda değil, kısmen daha önceki istasyonlarda yapılması durumunda sistemin çıktı miktarının nasıl değiştiği izlenmiştir. İyileştirme süreci için model, sürekli iyileştirme, darboğaz teorisi ve Arena simülasyon gibi süreçleri içermektedir. Çalışmanın sonunda, teçhiz ve boru montaj işlemlerinin sistem akışında daha önceki istasyonlarda yapılması ile sistemin belirli bir sürede ürettiği çıktı miktarının arttığı görülmüştür. Ön teçhiz ve ön boru montaj işlemlerinin tersane üretim sisteminin performansını artırdığı kurulan simülasyon modeli ile teorik olarak gösterilmiştir [8].

Sütçü A. vd. (2006) çalışmasında orman ürünleri endüstrisinde büyük ölçekli bir masif sandalye imalat atölyesinin mevcut durumu benzetim modelleme ile ortaya konulmuş ve mevcut sistem üzerinde iyileştirmeler yapılmıştır. İyileştirmeler ile geliştirilen sistem üzerinde çalışan ve iş organizasyonu açısından değişiklikler yapılarak performansının arttığı gözlemlenmiştir. Geliştirilen sistem

sayesinde daha az çalışan ile (45~35) daha yüksek termin karşılama oranına (%59,2~%64,3) ulaşılmıştır [11].

Akbel Y. (2010) yaptığı çalışmada, yedek parça imalatı gerçekleştiren, İzmir'de kurulu bir Makine Sanayi firmasında fabrika üretim hattının benzetim modellenmesi ProModel yazılımı yardımıyla yapılmıştır. Üretim sisteminde 19 iş istasyonu ve tezgâh bulunmaktadır. Model firma tarafından en çok üretilen iki çeşit ürün için kurulmuştur. Fabrikadaki üretim süreci ikişer haftalık parti üretimi şeklinde yapılmaktadır. Bilgisayar tabanlı simülasyon modeli on kere tekrar edecek şekilde çalıştırılarak sonuçlar elde edilmiştir. Böylece mevcut imalat hattındaki iş istasyonlarının kapasite kullanımı vb. istatistikler bulunarak kritik iş istasyonları ve makineler tespit edilmiştir [12].

Özcan B. v.d. (2017) yaptıkları çalışmada boya rulosu üretimi yapan bir işletmede makine yatırım kararının verilebilmesi için simülasyon yöntemi kullanmışlardır. Veri toplama aşamasından sonra Promodel programı ile gerçek sistem modellenmiştir. Tasarlanan model ile çalışmanın gerçekleştirildiği işletme, sahip olduğu kaynakları kullanarak üretim miktarını arttırmak yerine yeni bir makine olarak hem üretimi, hem de üretim kapasitesinin artırılması amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen modelleme sonucunda, işletmede kurulması planlanan yeni makine, üretim ortamında uygulaması yapılmadan önce sonuçlar elde edilmiş ve öneriler sunulmuştur. Sonuç olarak planlanan yeni yatırımın işletmenin üretim kapasitesini arttırdığı gözlenmiştir [13].

Sağlam B.B. (2013) yaptığı çalışmada proje aşamasındaki konteyner terminallerinde yük operasyonlarını değerlendirmek amacıyla ve oluşabilecek darboğazları belirleyebilmek için benzetim yönteminin karar destek sistemi olarak kullanılabilirliği bir olay üzerinden değerlendirilmiştir. Ayrıca liman yönetimi, yük operasyonları, limanlarda performans ölçümü ve liman benzetimine dair literatür çalışmaları derlenmiştir [14].

Kara S. vd. (2015) yaptıkları çalışma kapsamında Arena simülasyon programı kullanılarak sistemin modellenmiş ve farklı senaryolar ile analiz yaparak sistemin çalışması değerlendirilmiştir. Benzetim çalışmasının yapılabilmesi için gerekli olan veriler; gelişler arası süre, duraklar arası süre, otobüs kapasiteleri vb. gözlemlene yöntemle toplanmış ve dağılımları belirlenmiştir. Geliştirilen senaryolar sayesinde ideal bir çizelgeleme oluşturulması ile metrobüs güzergahında hizmet alan yolcular için gerekli kapasitenin karşılanması sağlanmıştır. [15].

Brenner S. vd.. (2009) tarafından yürütülen çalışmada Kentucky Chandler Üniversitesi Hastanesi Acil Servis bölümünde darboğazları belirlemek, optimum insan (hemşire, doktor ve radyoloji teknisyeni) ve malzeme ihtiyacını saptamak amacıyla simülasyon uygulaması yapılmıştır [16].

Oliveria L.K. v.d. (2014) çalışmasında Bela Horizonte bölgesinde kentsel lojistik alanının lojistik süreçlerine etkisini simülasyon ve optimizasyon araçları kullanarak araştırmış ve sistem üzerinde iyileştirmeler yapılmıştır. Yapılan iyileştirmeler sonucunda yükleme ve boşaltma için ortalama bekleme süresi, ana caddelerde hareket halinde olan araçların

sayısı, yük vagonlarının şehir merkezine nakliye sayısı azaltılmıştır [17].

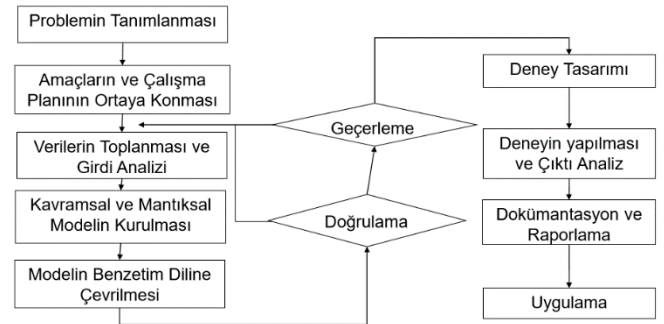
Karakikes I. v.d. (2017) çalışmasında akıllı lojistik süreçlerini modelleyerek, mal taşımacılığının kentsel alanlardaki olumsuz etkisini hafifletilmesi hedeflenmiştir. Lojistik süreçleri için benzetim modelleme yardımıyla bir rota oluşturulmuş ve kentsel yük taşımacılığının kentin işleyişine etkisi azaltılmıştır [18].

III. MATERYAL VE METOT

Çalışmanın yapıldığı lojistik şirketi Batı Karadeniz bölgesinde bulunan iki şehir arası demir tozu taşınmaktadır. Taşıma işlemi bittikten sonra sisteme giren tırlara yakıt dolumu yapılmaktadır. İncelenen veriler neticesinde tırların yakıt tankında uzun süre beklediği görülmüştür. Bu bekleme süresini minimuma indirmek amacı ile sistem parametreleri belirlenerek benzetim yöntemi yardımıyla mevcut sistem ortaya konulmuştur. Sistem iyileştirmesi için benzetim modelleme uygulamalarından Arena simülasyon programı kullanılmıştır.

Firmada faaliyet gösteren 40 tırın bir günlük tır sefer sayıları ve tırların sisteme giriş sürelerine ilişkin alınan bilgiler doğrultusunda tırların; sistemde geçirdikleri ortalama süre, tank dolumu sırasındaki bekleme süreleri ve kuyruk uzunlukları tasarlanan model yardımıyla hesaplanmıştır.

Bir sistem modeli tasarlanırken değerlendirilmesi gereken aşamalar Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil1 Benzetim Modelleme Aşamaları

Şekil 1'de görüldüğü gibi bir sistem tasarlanması, problemin tanımlanması ile başlayarak modelin doğruluğu ve geçerliliği ile ilgili gerekli kontrollerin yapılmasından sonra sistem eksikliklerinin ve çözüm önerilerinin sunulduğu aşamalardan oluşan bir modeldir. Ele alınan problem ve çalışmanın yapılaş amacı, problemin tanımlanması aşamasında açık bir şekilde tanımlanır. Bu aşama alternatif sistem tasarımlarında farklı kriterlerin değerlendirilmesi açısından önemlidir [9]. Gerekli tanımlamalar yapıldıktan sonra benzetim modelinin hedeflenen ve aranan cevaplar ortaya çıkarak performans ölçütlerini belirlemek için çalışmanın amaçları ve çalışma planı ortaya konur. Belirlenen amaçlar doğrultusunda modelin kurulması için gerekli veriler toplanır ve istatistiksel analizi yapılır. Toplanan verilerin sistem içindeki yerini, sistem parçalarının birbiriyle etkileşimini ve sistemin akışını gösteren

matematiksel modeli göstermek amacıyla mantıksal model kurulur. Söz konusu modelin bilgisayar diline çevrilmesi ise kavramsal modelin kurulmasıyla gerçekleşir [9]. Bu aşamalardan sonra oluşturulan mevcut durumun sistemin gereksinimleri karşılayıp karşılamadığı ve amaçlanan, kuruluşun hedeflerini ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayan fonksiyonların gerçekleştirilme durumunu belirlemek amacı ile doğrulama yönteminden faydalanılır. Sistemin kabul edilebilir olduğundan emin olmak için proje sırasında iş adımları ve ara çıktılar gözden geçirilmesi ise geçişlemlerle yapılmaktadır [10]. Tasarlanan modelin gerçek modelin bilgisayar ortamındaki yansımaları olduğuna emin olduktan sonra modelin çalıştırılma uzunluğunu ve rastsal sayılar kullanılarak gereken tekrar sayısını belirleyen deney tasarımı yapılır ve sistem simülasyon uzunluğu boyunca çalıştırılarak sistem çıktılarına ilişkin sonuçlar elde edilir. Daha sonra elde edilen bu sonuçlar raporlanarak incelenen sistem üzerinde uygulanır [9].

IV. BULGULAR

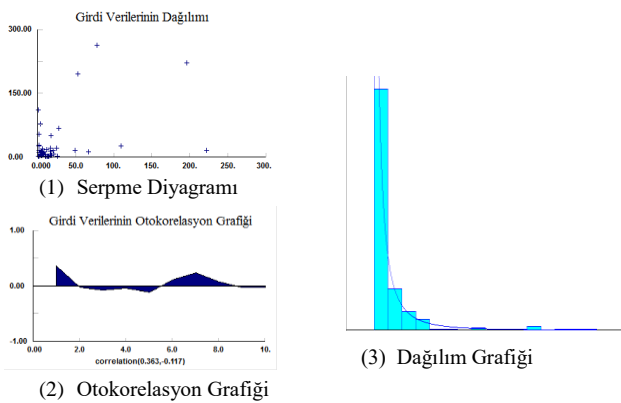
A. Problemin Tanımlanması ve Amaçların Ortaya Konulması

Günlük seferlerinin benzetiminin yapıldığı lojistik firmasında, günde ortalama 50 tır seferi yapılmaktadır ve tırların firmaya geliş frekansı yüksek olması ve firmaya ait iki yakıt dolmuş tankının yetersiz olması nedeniyle tırların yakıt dolmuş sırasında oluşan kuyruklar oluşmaktadır. Bu kuyrukta bekleme durumu 2. sefere çıkacak tırlar için fazla zaman kaybı oluşturmakta ve tırların sefer hazırlık sürelerini artırmaktadır.

Belirlenen bu sebeplerden dolayı tırların sistemde geçirdiği ortalama sürenin, tırların kuyrukta bekleme sürelerinin ve kuyrukta bekleyen tır sayısının azaltılması amaçlanmıştır.

B. Verilerin Analizi

Sistemin modellenmesi için toplanan verilerin beklenen dağılıma uygunluğunun belirlenmesi gereklidir. Ayrıca verilerin birbiriyle arasındaki ilişkinin yönü ve kuvveti otokorelasyon ve serpilme diyagramları yardımıyla gösterilir. Firmaya geliş yapan tırların seferleri arasındaki geliş sürelerine ait dağılım ve otokorelasyon grafikleri ile serpilme diyagramı Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2 Gelişler Arası Zaman Grafikleri

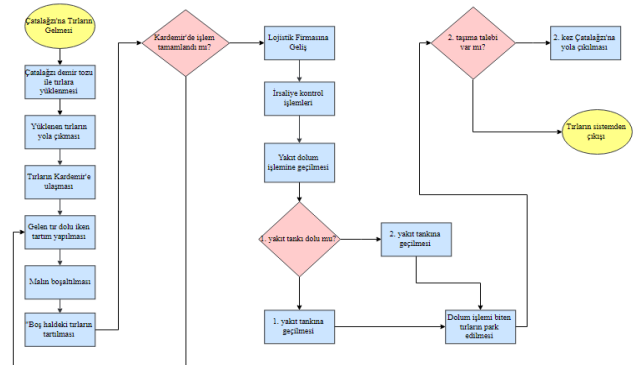
Şekil 2 incelendiğinde tırların gelişler arası süreleri arasında doğrusal bir ilişkinin bulunmadığı ve verilerin birbirinden bağımsız olduğu görülmüştür. Ayrıca tırların gelişler arası sürelerinin Lognormal dağılıma uyduğu, standart hatasının 0.01'den küçük olduğu, serbestlik derecesinin 2 olduğu ve önem değerinin 0.05'ten küçük olduğu tespit edilmiştir.

Diğer proseslere ilişkin dağılım parametreleri aşağıdaki gibidir:

- Çatalağzı dolmuş prosesi Uniform (10,30) şeklinde dağılım göstermektedir.
- Kardemir'de gerçekleşen tartım1 prosesi Uniform (5,15) şeklinde dağılım göstermektedir.
- Kardemir'de gerçekleşen boşaltım prosesi Uniform (5,10) şeklinde dağılım göstermektedir.
- Kardemir'de gerçekleşen tartım2 prosesi Uniform (5,15) şeklinde dağılım göstermektedir.
- Kardemir'de gerçekleşen tartım2 prosesi Uniform (5,15) şeklinde dağılım göstermektedir.
- Dez Lojistik'te gerçekleşen irsaliye kontrol prosesi Uniform (1,3) şeklinde dağılım göstermektedir.
- Dez Lojistik'te mevcut durumda gerçekleşen yakıt dolmuş 1 prosesi Lognormal 37 + LOGN(23.8, 66.4) şeklinde dağılım göstermektedir.
- Dez Lojistik'te mevcut durumda gerçekleşen yakıt dolmuş 2 prosesi Lognormal 36 + LOGN(23.8, 66.4) şeklinde dağılım göstermektedir.
- Dez Lojistik'te iyileştirilmiş durumda gerçekleşen yakıt dolmuş 1 prosesi Lognormal 35 + LOGN(23.8, 66.4) şeklinde dağılım göstermektedir.
- Dez Lojistik'te iyileştirilmiş durumda gerçekleşen yakıt dolmuş 2 prosesi Lognormal 35 + LOGN(23.8, 66.4) şeklinde dağılım göstermektedir.
- Dez Lojistik'te iyileştirilmiş durumda gerçekleşen yakıt dolmuş 3 prosesi Lognormal 36 + LOGN(23.8, 66.4) şeklinde dağılım göstermektedir.

C. Mantıksal ve Kavramsal Model Kurulması

Benzetim modelinin temelini oluşturan kavramsal ve mantıksal model kurulması aşaması sistemi temsil eden ilk aşamadır. Kavramsal modelde, sistemdeki gezinen varlıklar, kaynaklar, sistem elemanları, rotaları ve yapılacak işlemler tanımlanırken, mantıksal modelde ise sürecin akışı ve mevcut



Şekil 4 Benzetimin Mantıksal Modellemesi

sistemin işleyişi gösterilir. Sistemin işleyişini gösteren mantıksal model Şekil 4'te gösterilmiştir.

Şekil 4'te gösterilen modelde sistem Çatalağzı'na gelen tırın demir tozu yüklenmesi ile başlayıp, tırların taşıma işlemini gerçekleştirdikten sonra Demir Çelik fabrikasına varması ile devam etmektedir. Daha sonra tırların fabrikada tartım boşaltım ve tekrar tartım işlemlerine tabi tutulmasının ardından lojistik şirketine yol alması ile devam etmektedir. Lojistik şirketine gelen tırların irsaliye kontrolünün yapılmasının ardından tırlar yakıt dolum tanklarında yakıt depo dolum işlemlerini gerçekleştirmektedir. Günlük taşınması gereken mal talebi karşılanmadığı durumlarda tırlar 2. taşıma işlemi için yola çıkmaktadır. İşlemi biten tırlar tır parkında bir sonraki taşıma işlemi için beklemeye alınır.

Kurulan sisteme ait kavramsal model Tablo 1'de ayrıntılı bir şekilde tanımlanmış ve sistemdeki karşılıkları yazılmıştır.

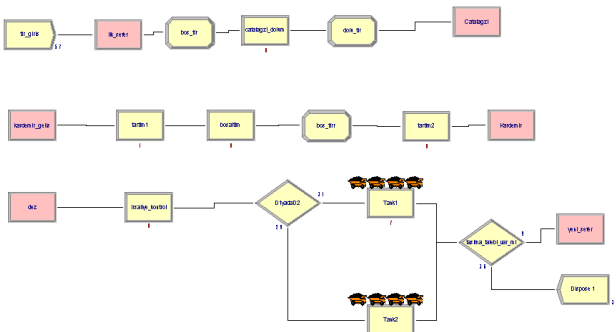
TABLO XLI
SISTEMİN KAVRAMSAL MODELİ

Kavramlar	Tanım	Modeldeki Karşılığı
Entities	Sistemde dolaşan varlıklardır.	Tırlar
Process	İşlemin yapılacağı yeri temsil eder.	Çatalağzı'nda dolum, Tartım1, Boşaltım, Tartım2, İrsaliye Kontrol, Yakıt Dolum1, Yakıt Dolum2, Yakıt Dolum3
Arrivals	Sisteme yapılan giriş sayısıdır.	Talebe göre yola çıkan tırlar
Dispose	varlıkların sistemden çıkışıdır.	Tırların firmadan ayrılışı
Resources	Kaynaklara ilişkin bilgilerin girildiği modüldür.	Çatalağzı işçisi, Demir Çelik fabrikası işçisi, tır şoförü, yakıt dolum işçisi

D. Mevcut Durum

Lojistik firmasından alınan veriler dahilinde Arena simülasyon paket programı ile kurulan modelin belirlenen proseslerinde kuyruk oluşumları görülmektedir. Bu nedenle kuyruk oluşum noktalarında iyileştirmeler yapılması amaçlanmıştır.

Mevcut durum benzetim modeli Şekil 3'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3 Mevcut Durum Benzetim Modeli

Mevcut sistem incelendiğinde, ortalama 12 tırın dolum işlemi için beklediği görülmüştür.

E. Modelin Doğrulaması

Lojistik firmasında yapılan benzetim modelinin çalıştırılması sonucunda 1 günde 48 tır seferinin gerçekleştiği görülmüştür. Lojistik şirketinde çalışan uzmanlardan 50 tır seferinin yapıldığı bilgisi alınmıştır. Buna göre yapılan modelin başarısı %96 olarak bulunmuş ve modelin doğruluğu kanıtlanmıştır.

F. Modelin Geçerlemesi

Geçerleme tasarlanan modelin, önceden belirlenen problemi temsil edip etmediğini görmek amacıyla yapılır. Duyarlılık analizi de en yaygın olarak kullanılan geçerleme teknikleri arasında gösterilebilir. Tasarlanan modelin geçerliliğini test etmek amacıyla duyarlılık analizi için tank dolum süreleri iki katına çıkarılarak sistem on kere çalıştırılmıştır. Tablo 2'de mevcut sistem ile duyarlılık analizi verilerinin sistem çıktıları verilmektedir.

TABLO XLIII
DUYARLILIK ANALİZİ VE MEVCUT SİSTEM ÇIKTILARI

Tekrar	Tır Seferi Sayısı	
	Mevcut	Duyarlılık
1	54	29
2	52	25
3	46	21
4	55	25
5	39	23
6	47	29
7	45	23
8	46	24
9	48	22
10	52	27
Ortalama	48,40	24,80

Tablo 2'de elde edilen sonuçlara göre, duyarlılık analizi verilerinde tır sefer sayılarının mevcut duruma göre yarı yarıya azaldığı yani sistemin yapılan değişime duyarlı olduğu görülmüştür. Bu durumda tasarlanan model geçerlidir.

G. İyileştirilmiş Durum

Mevcut durumdan farklı olarak yapılan benzetim çalışması ile sisteme 3. tankın eklenmesi uygun görülmüştür.

İyileştirilmiş durum Şekil 5'de görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Atilla Yıldıztekin (2002) "ODTU Uluslararası Ekonomi Kongresi"
- [2] İbrahim YEL (2009) "Yüksek Lisans Tezi"
- [3] <http://www.nedir.com/simulasyon>.
- [4] <http://www.yildiz.edu.tr/~smyavuz/Ders2.pdf>.
- [5] Ahmet AKSOY - <http://www.ahmetaksoy.com.tr>.
- [6] <http://endustrimuhendisligi.blogspot.com.tr/2012/12/arena-programi-ile-simulasyon.html>.
- [7] Murat AKAD, Ergun GEDİZLİOĞLU (Şubat 2007) "itüdergisi/d mühendislik Cilt:6, Sayı:1, 88-98"
- [8] Murat ÖZKÖK , Metin TAYLAN, İsmail H. HELVACIOĞLU (Şubat 2011) "itüdergisi/d mühendislik Cilt:10, Sayı:1, 93-102 "
- [9] Filiz ERSÖZ (Endüstri Mühendisliği Ders Notları).
- [10] Erdem Yıldırım, Mehmet Umut Pişken "Orta Ölçekli Yazılım Firmaları İçin İdeal Bağımsız Doğrulama ve Geçerleme Organizasyon Yaklaşımı"
- [11] Abdullah SÜTÇÜ (2006) Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı:2, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 141-155
- [12] Yıldız AKBEL (2010) "Yüksek Lisans Tezi Benzetim Modellemesi ile Üretim Sistemlerinde Süreç Optimizasyonu ve Bir Uygulama Çalışması"
- [13] Burcu ÖZCAN (2017) "Journal of Current Researches on Business and Economics ISSN: 2547-9628"
- [14] Bayram Bilge SAĞLAM (2013) "Konteyner Terminali Projelerinde Yük Operasyonlarının Simülasyon Yöntemi İle Değerlendirilmesi"
- [15] Selin Soner KARA (2015) "A Simulation Based Scheduling İn Bus Rapid Transit System"
- [16] Stuart Brenner (2009) " Modelleme ve Analiz Acil servise Üniversitesi Kentucky Chandler Hastane Kullanılarak Simülasyonları"
- [17] Oliveria L.K., Oliveria B.R.P. ve Correria V.A. (2014) " Simulation of an Urban Logistic Space for the Distrubition of Goods in Belo Horizonte, Brazil". 8. Internationa Conference on City Logistics.
- [18] Karakikes I. ve Nathanail E. (2017) "Simulation Techniques for Evaluating Smart Logistics Solutions for Sustainable Urban Distribution".16th Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication, RelStat'2016, 19-22 October, 2016, Riga, Latvia.

Yeni bir köfte yapma makinasının kavramsal tasarımı

Hüseyin R. Börklü^a, Nurullah Yüksel^a, Kadir Çavdar^b

^aDepartment of Industrial Design Engineering, Gazi University, 06500 Ankara, Turkey
rborklu@gazi.edu.tr, etmnurullah@gmail.com

^bDepartment of Mechanical Engineering, Uludağ University, 16059 Bursa, Turkey
cavdar@uludag.edu.tr

Özet— Köfte, Türk ve Dünya Mutfaklarının en önemli yemekleri arasındadır. Kırmızı etten yapılan ve Kasap, Akçaabat, İnegöl, Adana, İzmir vb. gibi adlandırılan köfteler ülkemizde çok tüketilmektedir. Bunların büyük parti talebi/tüketimi durumunda ise geleneksel imalat yöntemleri yetersiz kalmakta ve otomasyon gerekmektedir. Piyasada mevcut ticari köfte yapma makinaları çok yönlü değil ve milli ihtiyaçlara cevap verebilecek niteliklerden uzaktır. Böylece, bu tebliğ kapsamında yeni bir köfte yapma makinasının kavramsal tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım işlemi Pahl ve Beitz'in sistematik tasarım yaklaşımına dayanmaktadır. İşlem; problem tanımlama, formüle etme (fonksiyon şeması), seçenekler oluşturma ve seçim şeklindedir. Kavramsal tasarımı yapılan makine hem köfte harcı hazırlama hem de köfte şekillendirmeyi mümkün kılacaktır.

Anahtar kelimeler— Köfte yapma makinası, Sistematik tasarım yaklaşımı, Kavramsal tasarım.

I. GİRİŞ

Son bir asırlık dönemde bilim ve teknoloji alanında yaşanan gelişmeler baş döndürücü bir hızla sürmektedir. Sanayi devrimi sonrası; motorlu taşıtlar ve ulaşım, elektronik, nükleer, uzay ve havacılık, bilişim ve iletişim, savunma, imalat ve malzemeler, genetik, tıp, nano-teknoloji, 3B yazıcılar vb. gibi alanlarda büyük gelişmeler yaşanmıştır [1]. Bu süreçte dünya nüfusu hızla artmış, şehirlere akın olmuş (tarımdan sanayi toplumuna dönüşüm), toplumsal hayat ve alışkanlıklar değişmiş, bir kurum veya firmada birçok insan birlikte çalışmaya başlamıştır. Bu durum insanların dışarıda beslenme veya kurumlarda çalışanların yemek ihtiyacını karşılamayı gerekli kılmıştır. Böylece temiz ve hızlı gıda üretimi için makineleşme ve otomasyon kullanılmaya başlanmıştır [2]. Büyük sayıdaki insan gruplarına yemek hazırlama amaçlı; modern yemek kazanları, fırınlar, patates/soğan soyucuları, doğrayıcılar, karıştırıcılar gibi bazı endüstriyel aygıt/sistemler geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. Ayrıca, özellikle sanayileşmiş ülkelerde, hızlı yemek/yiyecek (fast food) adlı yeni bir yemek hazırlama ve tüketme anlayış ve alışkanlığı oluşmuştur. Bu hızlı yemek alışkanlığına; hamburger, köfte, döner, tost, patates kızartması gibi yiyecekler örnek olarak verilebilir. Bu yemeklerden burada köfte yapımı ve otomasyonu ele alınacaktır [3].

Çeşitli tür ve özelliklerdeki köfte yemekleri Türk ve Dünya mutfaklarında çok önemli bir yer işgal eder. Örneğin; Akçaabat, İnegöl, Adana, İzmir, Sivas,

Tekirdağ, Kadınbudu, Balaban, Fırında, Rosto, Patates, Sulu (Misket, Topak) gibi birçok yerel köfte çeşitleri vardır [4]. Bunlara çiğ ve içli köfte gibi eklemeler yapılabilir. Dünya mutfaklarından bazı köfte örnekleri ise; İtalyan, Japon (Tsukune), Soslu Amerikan, İsveç, İspanyol, Polonya, Hollanda, Bangladeş vb. gibi gösterilebilir [5]. Aslında temelde tüm Ortadoğu bölgesinin en yaygın/meşhur yemeklerinden biri olan köftenin dünya çapındaki diğer iki özgün örneği: Amerikan Hamburgeri ve Endonezya Köftesidir (Bakso) [6, 7]. Köftenin ana malzemesi, genelde; kırmızı et, tavuk, sebze veya bunların karışımı (ve hatta balık) olur. Pişirilme şekilleri ise; közde (ateşte), kızartma, fırında, haşlama vb. gibi olabilir. Burada genelde kasap veya et (sokak) köftesi olarak anılan vb. gibi köfteler üzerinde durulacaktır.

Geleneksel köfte yapma işlemi oldukça zor ve zaman alıcı bir süreçtir. Genelde evde bayanlar tarafından yapılır. Malzeme olarak; kıyma (kırmızı et), ekmek içi, soğan/sarımsak, tuz, çeşitli baharatlar kullanılır. İşlem; bu malzemeleri belirli oranlarda karıştırma, uygun kıvama gelene dek yoğurma, küçük parçalara ayırma ve şekillendirmeyi içerir [8]. Büyük parti köfte yapma durumunda ise bu işte birçok elemanın çalışması gerekir. Ayrıca, istenilen köfte kalitesi ve temizlik (hijyen) şartları sağlamada bazı sorunlar da yaşanabilir. Bir de talep edilen veya ihtiyaç duyulan köfte miktarına zamanında ulaşılamayabilir. Tüm bu ve benzeri gerekçelerle talep ve tüketimin fazla olduğu özellikle büyük kurum/işletmelerde köfte yapımında otomasyona ihtiyaç vardır. Bu amaçla da piyasada bazı köfte yapma makinası ve köfte hazırlama teçhizatları mevcuttur. Ama genelde bunlar milli özgün tasarımlar olmadığı gibi hamburger yapma makinelerinden adapte edilmişlerdir [9, 10]. Dolayısı ile yeni, inovatif, özgün, modüler ve çeşitli boyut/tiplerde tasarlanabilecek bir köfte yapma/şekillendirme makinası çok önemlidir. Bu tebliğ kapsamında kavramsal tasarımı tanıtılacak bu yeni makine sadece köfte yapma (şekillendirme) değil aynı zamanda köfte harcını hazırlama işleminde de otomasyon sağlayacaktır.

II. İNOVATİF BİR KÖFTE YAPMA MAKİNASI TASARIMI

Bu bölümde Sistematik tasarım yaklaşımı kullanılarak yapılan yeni ve inovatif bir köfte yapma

makinasının kavramsal tasarımı tanıtılacaktır [11]. Özellikle büyük gıda endüstrilerinde hızlı üretim yapmak amaçlı çeşitli köfte yapma makineleri kullanılmaktadır. Bu makineler ihtiyaca göre istenilen biçimde köfte yapabilirler. Bunların kendi içinde karıştırma haznesi olan ve olmayan (malzemeyi hazır alan) türleri vardır. Ayrıca bu makinelerde temizlik (hijyen) kurallarına çok dikkat edilmelidir. Yani, bu makinadaki işlemler el değmeden ve otomatik yapılmalıdır.

Bu çalışma, endüstriyel mutfaklarda kullanılacak yeni bir köfte yapma makinası kavramsal tasarımını kapsamaktadır. İşlem şu yedi aşamadan oluşmaktadır [11, 12]: (1) İhtiyaç listesi, (2) Fonksiyon şeması, (3) Alt ve genel tasarımlar, (4) Ön değerlendirme, (5) Önemli tasarımlar, (6) Ek seçim işlemleri ve (7) Değerlendirme ve son karar. Yapılan tasarım bu başlıklar altında aşağıda ayrıntılı ele alınacak ve tanıtılacaktır.

A. İhtiyaç listesi

Köfte yapma makinası kavramsal tasarımı için hazırlanmış örnek bir ihtiyaç listesi (tasarım şartnamesi) Tablo 1'de görülmektedir. Bu ihtiyaç listesinde tasarlanacak köfte yapma makinasının; geometrik büyüklüğü, çalışma hızı, işlevini düzgün icra etmesi, enerji kaynağı, köfte harcını makina kaynaklı olumsuz etkilerden korunması, bu amaçla seçilecek malzemeler ve koruyucu önlemler, hijyen, bakımı ve maliyeti gibi özellikler yer almaktadır. Bu aşamada genelde kavramsal tasarım süreci için gerekli ihtiyaçlar vardır ve gerekirse bu ihtiyaçlar tasarımın gelişmesine bağlı olarak esnetilebilir / değiştirilebilir. İhtiyaç listesinde yer alan özellikler, İhtiyaç ve Arzu (A) şeklinde düzenlenmiştir [11]. Bunlardan ihtiyaçlar tasarım çözümü tarafından mutlak surette karşılanması ve arzular ise teknolojik ve ekonomik şartlar elverdiği ölçüde karşılanması gerekir.

TABLO 1
TASARLANACAK KÖFTE YAPMA MAKINASI İHTİYAÇ LİSTESİ (ARZULAR (A) İLE GÖSTERİLMİŞTİR)

Sıra No	İstenilen özellikler / ihtiyaçlar (İstek veya Arzu)
1	Köfte yapma makinası; ≤ 30 kg ağırlık, ≤ 1 m yükseklik ve $\leq 0,8$ m ² alana sahip olmalı.
2	Köfte yapma makinası kolay monte edilebilir ve sabitlenebilir olmalı.
3	Köfte yapma makinası en az 90 adet/dk köfte üretmeli
4	(A) Ayarlanabilir çalışma hızı ve 3 kademeli hız değiştirme sistemi olmalı
5	(A) Min. çalışma enerji gereksinimi olmalı
6	(A) Acil durum butonu ile sistem durdurulabilmeli
7	(A) Kolay ulaşılabilen enerji çeşidi kullanılmalı
8	Gövde Al, taşıyıcı sistem kompozit malzemeden yapılmalı.
9	Köfte harcı ile temas eden kısımlar olası zararlı etkilere karşı koruyucu bir malzeme ile kaplanmalı
10	(A) kolay temizlenebilmeli ve parçalar sudan etkilenmemeli
11	(A) Köfte yapma makinası, köfte harcına ait sıcaklık vb. değerleri ölçebilmeli.
12	Sistem kullanıcı ve çevreye zarar vermeden çalışabilmeli
13	(A) Köfte yapma makinası kullanım ve kontrolü kolay olmalı, bilgisayar ile kontrolü sağlanmalı
14	Standart parçalar içermeli ve üretimi kolay olmalı.
15	(A) Karıştırma kanatları 2 yılda bir değiştirilmeli.
16	Üretim maliyeti ≤ 15 bin TL olmalı.

B. Fonksiyon şeması

Teknik sistemlerde fonksiyon girdi/çıkış(lar) arası bir ilişkidir [11]. Tüm (sistemin tamamı) ve alt (sistemi oluşturan aksam) fonksiyonlara ayrılabilir. Burada tüm fonksiyon, köfte malzemelerini istenilen biçim ve boyuta getirmek olacaktır. Bu tüm fonksiyonu karşılamak için: "Enerjiyi dönüştür, Sistemi kontrol et, Köfte harcını karıştır / yoğur, Harcı şekillendir, Köfteyi kes, Paketle ve depola, Hatalı ürünleri ayır" şeklinde alt fonksiyonlara ihtiyaç vardır. Tablo 1'de verilen ihtiyaç listesine uygun köfte yapma makinası için örnek bir fonksiyon şeması Şekil 2'de görülmektedir.

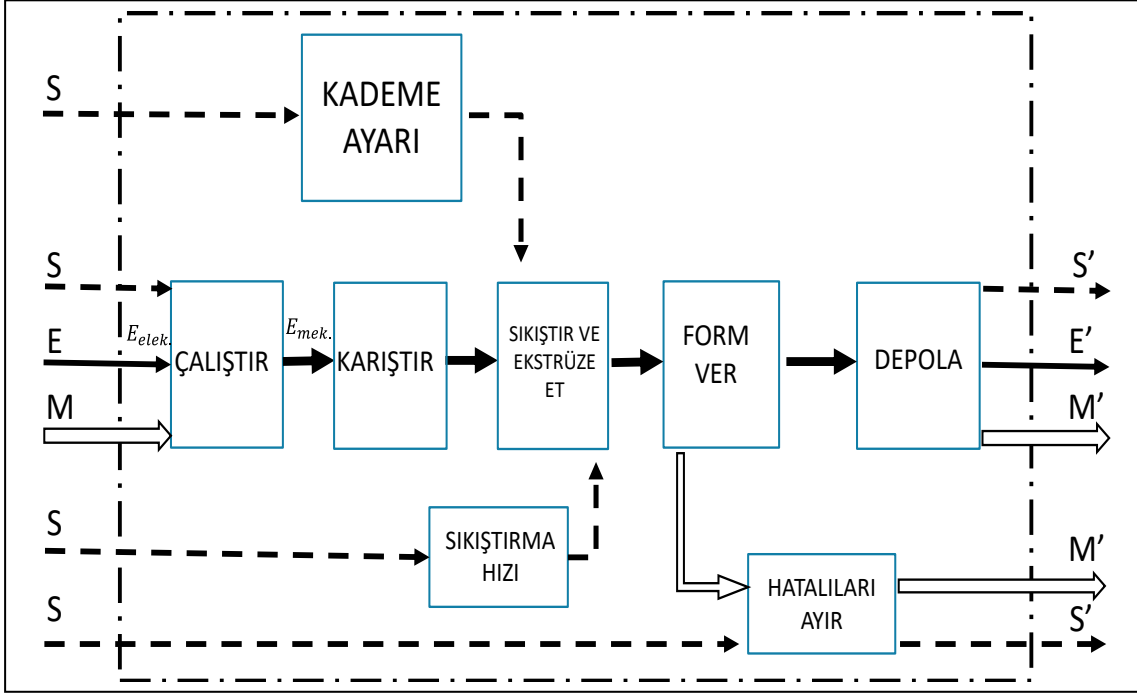
C. Alt ve genel tasarımlar

Burada Şekil 2'de görünen fonksiyon şemasında yer alan önemli alt fonksiyonlar seçilerek bir matrisin ilk sütununa yerleştirilmiştir. Daha sonra bunların olası çözümleri de hizalarına girilmek sureti ile alt tasarımlar

elde edilmiştir (morfolojik kart/matris ile). Yani, önce problem küçük işlevsel parçalara bölünmüş, bunlara çözümler aranmış ve bu alt çözümlerin muhtelif birleşimleri ile tüm sisteme ait alternatif çözümler elde edilmiştir [11]. Bu esnada alt çözümlerin uyumu ve E, S, M akışı da gözetilmiştir. Köfte yapma makinası için gerekli enerji elektrik enerjisinden elde edilen mekanik enerji ve kas gücü olarak belirlenebilir. Bu seçenekler artırılabilir. Sistemi kontrol için; kontrol ünitesi, kablolu kumanda ve el ile kontrol seçenekleri olabilir. Köfte yapımında köfte harcı hazırlamak çok önemlidir. Burada makinada köfte şekillendirme işlemleri başlamadan önce harcın hazır olduğu kabul edilmiştir. Buna karşın endüstriyel köfte şekillendirme makineleri içinde (ve köfte yapma işleminin bir parçası olarak) köfte harcı yapılması zaman ve enerji tasarruf sağlar. Bu işlemde karıştırıcı veya tokmak kullanılır. Köfte şekillendirme amaçlı bazı seçenekler mevcuttur. Burada bu yöntemlerden gıda hazırlamak için en uygun olanlar seçilmiştir. Köfte harcı kapalı bir kapta sıkıştırıldıktan

sonra uygun bir şekilde çıkartılarak istenilen biçim verilebilir. Ayrıca modüler tasarlanan çıkış formları ile köfte şekli ve boyutları değiştirilebilir. Köftelere şekil verme işlemi sonrası bozuklar ayıklanmalı ve uygun olanlar paketlenmeli veya üretim sürecine devam etmelidir. Bu işlemi makine operatörü gerçekleştirebilir. Otomasyon istenirse robotik kollar, kılavuzlar ve özel konveyörler kullanılabilir.

Şekil 3'teki morfolojik karttaki alt çözümlerin uygun/uyumlu birleştirilmesi ile elde edilen çözüm seçenekleri: (ÇS₁) 1.2 – 2.2 – 3.2 – 4.3 – 5.2 – 6.1, (ÇS₂) 1.1 – 2.3 – 3.1 – 4.4 – 5.1 – 6.1, (ÇS₃) 1.1 – 2.1 – 3.2 – 4.1 – 5.3 – 6.2, (ÇS₄) 1.1 – 2.1 – 3.3 – 4.4 – 5.1 – 6.2 ve (ÇS₅) 1.1 – 2.1 – 3.2 – 4.2 – 5.1 – 6.2 şeklinde olmuştur.



Şekil 2. Köfte yapma makinasına ait fonksiyon şeması.

ÇÖZÜM YOLU	1	2	3	4
ALT FONKSİYON				
ENERJİYİ DÖNÜŞTÜR	ELEKTRİK MOTORU			
SİSTEMİ KONTROL ET				
KÖFTE HARCINI KARIŞTIR/YOĞUR				
HARCI ŞEKİLLENDİR VE KÖFTEYİ KES				
PAKETLE VE DEPOLA				
HATALI ÜRÜNLERİ AYIR	OPERATÖR HATALI ÜRÜNLERİ AYIRSIN	KLAVUZ İLE AYIR		

Şekil 3. Köfte yapma makinasına ait morfolojik kart (alt tasarım çözümleri).

D. Ön değerlendirme

Köfte yapma makinası tasarımı için; ihtiyaç listesi (problem tanımı), fonksiyon şeması (tasarım formüle etme ve küçük alt işlevsel parçaları), morfolojik matris (alt parça çözümleri ve birleşim varyantları) hazırlanmıştır. Böylece tüm sisteme ait 5 farklı alternatif tasarım çözümü yapılmıştır. Bu alternatif çözüm

önerileri köfte yapma makinası için en uygun tasarım seçenekleridir. Ama, bunlar arasından, optimum tasarımı bulmak için bu çözümleri bazı kriterlere göre değerlendirmek gerekir [11]. Bu bağlamda seçim kartı kullanılmış ve optimum çözüme en uygun olan üç tasarım seçeneği belirlenmiş ve diğer iki seçenek ise elenmiştir (Şekil 4'te de görüldüğü gibi).

SEÇİM KARTI										
Çözüm varyantlarını gir	Çözüm seçeneklerini değerlendirilir								KARAR	
	(+) Evet (-) Hayır (?) Bilgi yetersiz (!) Tanımı kontrol et								Çözüm seçeneklerini işaretle (+) Çözümü sürdür (-) Çözümü elimine et (?) Bilgi topla çözümü tekrar değerlendir	
ÇÖZÜMLER	Tüm işlemlerle uyumlu								Karar	
	Şartname isteklerini karşıla Üretilebilirlik Müsaade edilebilir maliyet Emniyet şartlarını doğrudan karşılar Kolay tasarım Yeterli bilgi									
	A	B	C	D	E	F	G	İşaretler (niyetler, sebepler)		
Ç ₁	1	+	-	+	+	+	-	+	Hedeflenen işi tam olarak yapamıyor	-
Ç ₂	2	+	-	+	+	?	+	?	Uzaktan kumanda işlevi zorlaştırabilir	-
Ç ₃	3	+	+	?	-	+	+	+	Robotik kol hakkında yeterli bilgi yok	+
Ç ₄	4	+	+	?	?	+	+	?	Geleneksel üretime uygun	+
Ç ₅	5	+	+	?	+	+	+	?	Üretilebilir	+

Şekil 4. Köfte yapma makinası kavramsal tasarım ön değerlendirmesi (seçim kartı) [11].

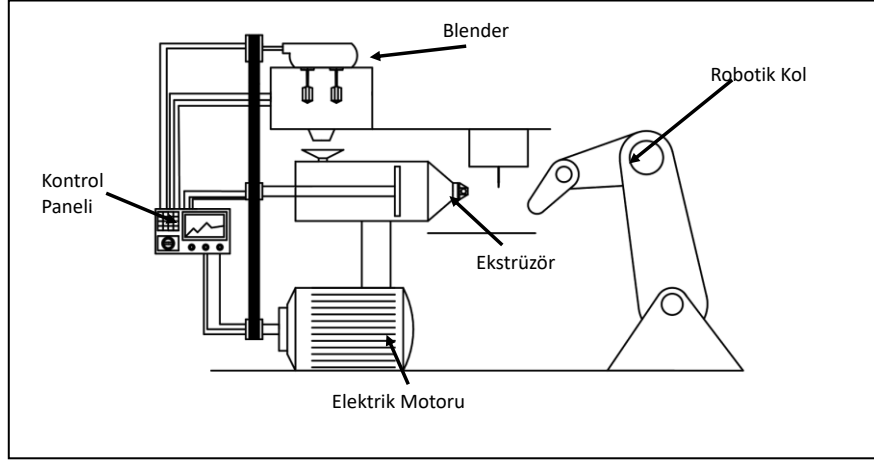
E. Önemli tasarımlar

Şekil 4'ye görünen ön değerlendirme işlemi sonucu belirlenen ilk 5 kavram seçeneği 3'e düşürülmüştür. Nispeten daha iyi ve gelecek vadeden bu 3 kavram seçeneklerinin kaba şematik gösterimleri Şekiller 5-7'ye görülmektedir. Bu önemli kavramsal tasarımlardan Şekil 5'te olan diğerlerinden ayıran en önemli özelliği, paketleme ve depolama için robot kol kullanmasıdır. Ayrıca hatalı ürünlerin ayrılması için de burada robot kol kullanılır. Şekil 6'da görünen seçenekte ise sistem harcı karıştırmak için eksantrik mile bağlı tokmakları kullanır. Değiştirilebilir Ekstrüzör kafaları ile de istenilen form köfteye verilebilir. Son olarak Şekil 7'deki kontrol ünitesine bağlı sistem köfteleri karıştırmak için karıştırıcı (blender) kullanır. Ekstrüzörden çıkan ürün uygun kalıplarda sıkıştırma sonrası istenilen form verilir.

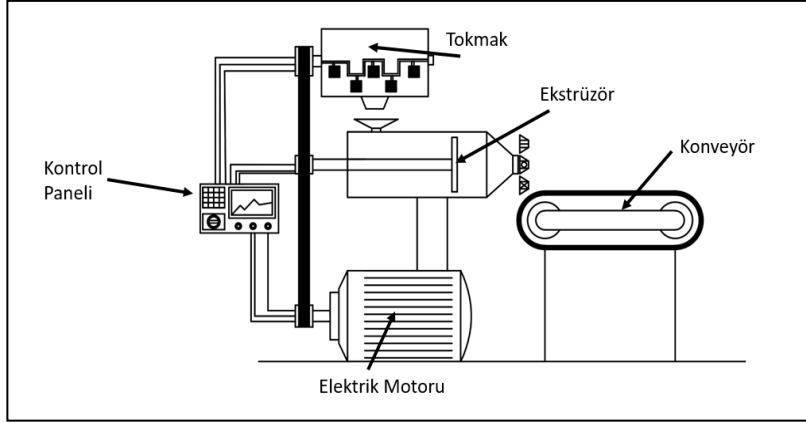
F. Ek seçim işlemleri

Yukarıda "Ön değerlendirme" kapsamında yapılan çalışmalar neticesinde oluşturulan 5 farklı tasarım seçeneği 3'e düşürülmüştü. Ama buradaki tasarım sayısı hâlâ fazladır ve bunlardan hangisinin daha iyi/optimum olduğu belirlenmelidir. Bu amaçla da ek seçim işlemleri yapmak gerekir. Anılan ek seçim işlemleri: (1) Amaçlar ağacı (tasarımın karşılayacağı kriter ve önemlerini belirleme/uygulama), (2) Değer profil diyagramı (kriterleri karşılamada dengeli dağılım) şeklinde iki çeşittir. Bu seçim işlemleri ile mevcut 3 tasarım seçeneği sırayla önce 2 ve sonra da 1'e düşürülerek aralarındaki en iyi olan belirlenir. Şekil 8'de görünen amaçlar ağacı, köfte yapma makinası tasarımını daha hassas değerlendirecek kriterleri düzenleme ve önemlerini belirleme sağlar. Amaçlar ağacında her kriterin bir ağırlık değeri (yüzde oranı) vardır. Bu ağırlık değerler hiyerarşik yapı dikkate alınarak belirlenir. En tepede sistemin tümü için tam değer (1 veya 100) alınır. Bir alt basamakta bu tüm değer kriterlere paylaştırılır. Bu işlem

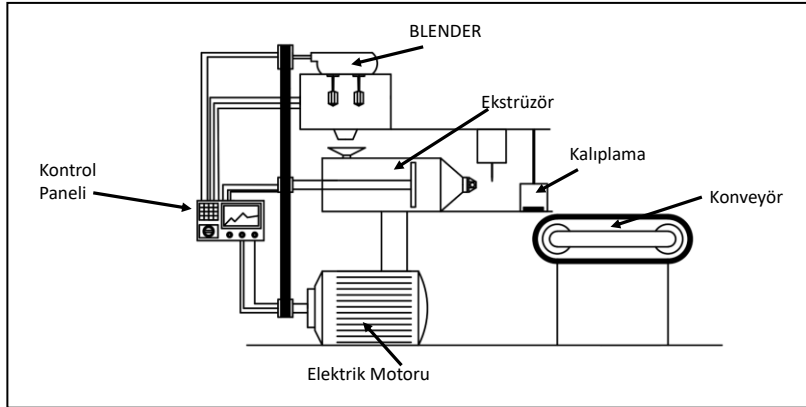
en alt basamağa kadar devam eder. En alt düzeyde kriter değerlerinin toplamı 1'e (veya 100'e) eşit olur [11].



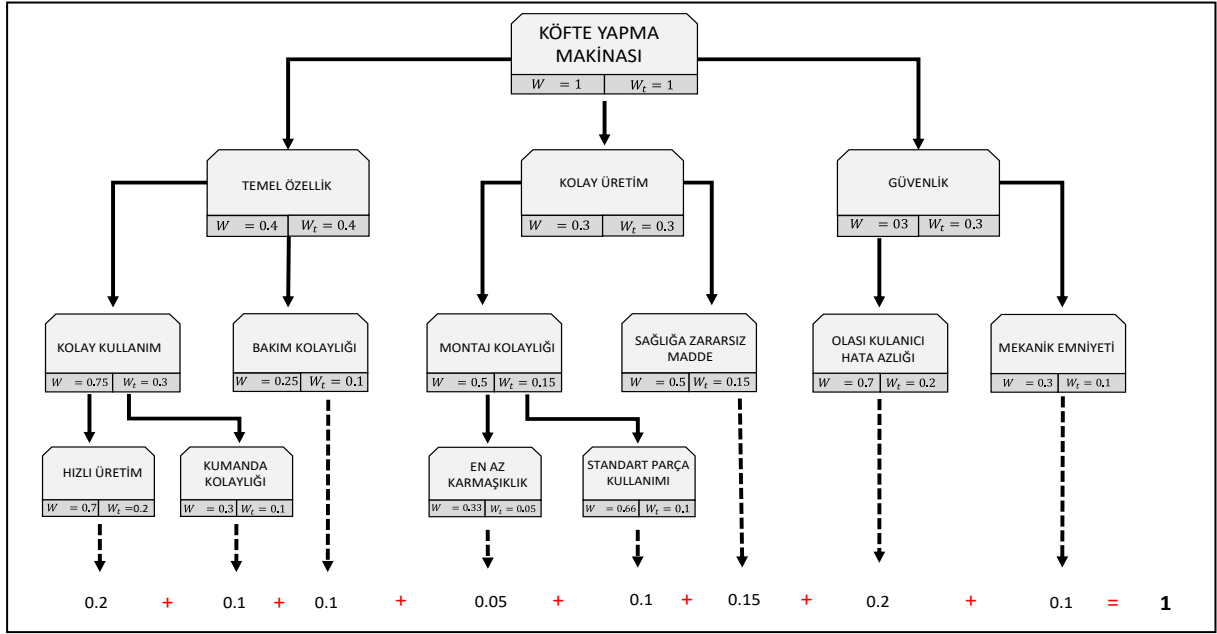
Şekil 5. Robotik kol ve karıştırıcı kullanan tasarım (Seçenek 3)



Şekil 6. Tokmak ve konveyör bant kullanan tasarım (Seçenek 4)



Şekil 7. Sıkıştırma kalıbı ve konveyör bant kullanan (Seçenek 5)



Şekil 8. Amaçlar ağacı oluşturma

Amaçlar ağacı ile tasarımı değerlendirmede kullanılacak kriterleri düzenleme ve ağırlıklarının belirlenmesi sonrası bunlar bazı parametrelere dönüştürülür (teknik terimlerle ifade edilir). Ayrıca, mümkünse, bunlara ilişkin birimler de belirlenmelidir.

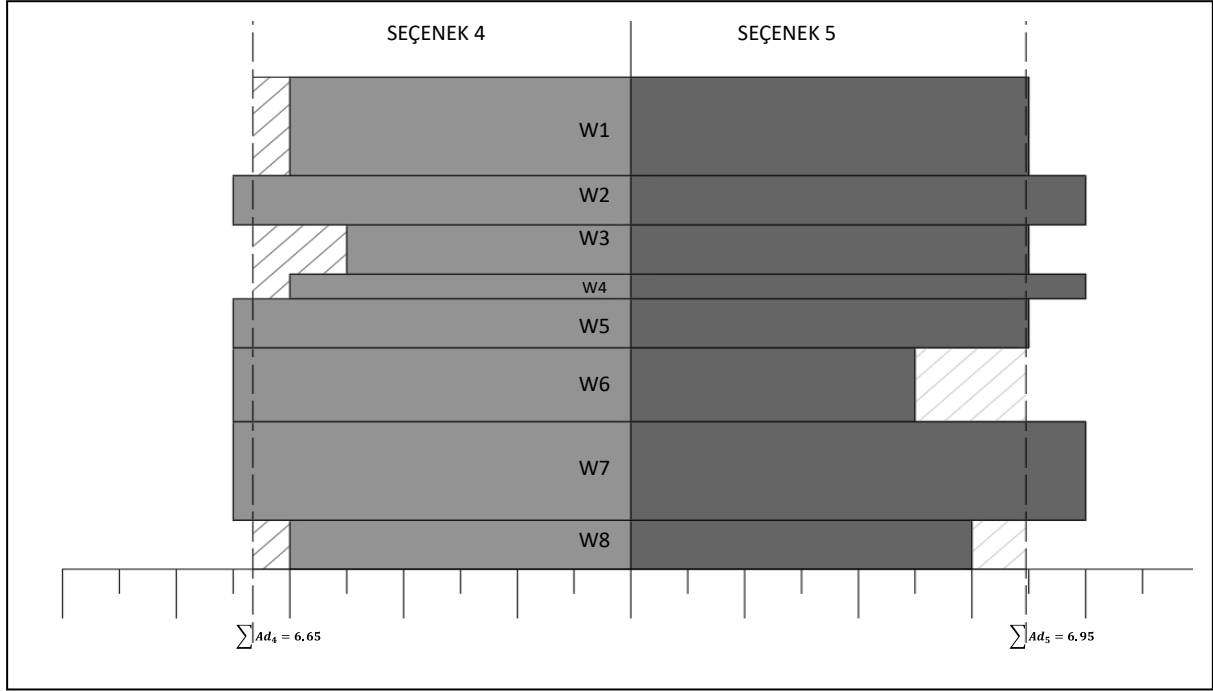
Arkasından da bu parametrelere göre mevcut 3 tasarım seçeneği için bir puanlama ve değerlendirme yapılmalıdır (Tablo 2). Son olarak bu 3 seçeneğinden en az puanı alan tasarım elenir ve diğer 2'si (4, 5) ise bir sonraki aşamaya aktarılır.

TABLE 2
DEĞERLENDİRME ÇİZELGESİ [11]

	W	PARAMETRE	SEÇENEK 3			SEÇENEK 4			SEÇENEK 5		
			ORAN	DEĞER	AĞIRLIĞI DEĞER	ORAN	DEĞER	AĞIRLIĞI DEĞER	ORAN	DEĞER	AĞIRLIĞI DEĞER
1	0.2	ÜRETİLEN KÖFTE ADEDİ	ORTA	5	1	ORTA	6	1.2	ORTA	7	1.4
2	0.1	KARMAŞIKLIK	FAZLA	8	0.8	ORTA	7	0.7	FAZLA	8	0.8
3	0.1	SİSTEM DÜZENİ	ORTA	7	0.7	ORTA	5	0.5	ORTA	7	0.7
4	0.05	SİSTEM KARMAŞIĞI	AZ	5	0.25	ORTA	6	0.3	FAZLA	8	0.4
5	0.1	SİSTEM KARMAŞIĞI	ORTA	7	0.7	ORTA	7	0.7	ORTA	7	0.7
6	0.15	ÜRETİM KOLAYLIĞI	ORTA	6	0.9	ORTA	7	1.05	ORTA	5	0.75
7	0.2	OLASI HATA	FAZLA	8	1.6	ORTA	7	1.6	FAZLA	8	1.6
8	0.1	EMNİYET	ORTA	6	0.6	ORTA	6	0.6	ORTA	6	0.6
$\sum W_t = 1$			$\sum d_3 = 52$ $\sum Ad_3 = 6.55$			$\sum d_4 = 51$ $\sum Ad_4 = 6.65$			$\sum d_5 = 56$ $\sum Ad_5 = 6.95$		

Geriye kalan son 2 seçenek arasında da bir seçim yapmak gerekir. Bu seçim yapılırken de amaçlar ağacı ve değerlendirme çizelgesinden faydalanılır. Yani, daha önceki tüm değerlendirme ve seçim işlemlerini geçen 4 ve 5 nolu seçeneklerin tasarım kriterlerini dengeli karşılama durumu araştırılır. Bu amaçla da değer profili diye adlandırılan (Şekil 10'da görülen) bir grafik kullanılır. Burada her iki seçenek için oluşturulan

dikdörtgen kalınlıkları kriterin ağırlığını (yüzde oranını) ve uzunluğu ise her bir seçeneğin bu kriterden aldığı puanı gösterir. Şekilde tarama çizgileri ile görünen alanlar zayıf noktalar ve bu alanları fazla olan seçenek (4 nolu) elenir. Sonuç olarak; tüm bu işlemler sonucu en iyi/optimum köfte yapma makinası kavramsal tasarımı olarak 5 nolu seçenek olur.

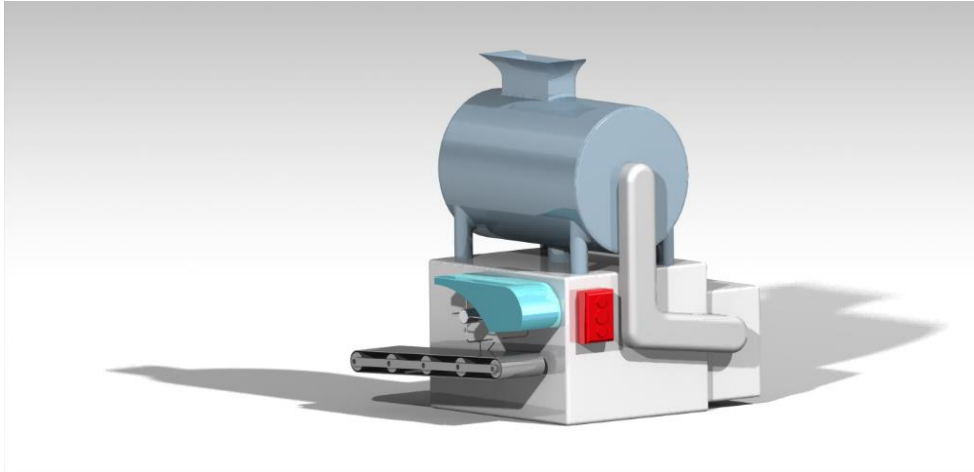


Şekil 10. Değer profil diyagramı [11].

G. Değerlendirme ve son karar

Ölçüm ve seçim işlemleri sonucu 5 nolu seçenek en iyi köfte yapma makine tasarımı olarak belirlenmiştir. Bu sistem, elektrik motorundan aldığı hareketi kayış-kasnak mekanizması ile karıştırma tankı ve ekstrüzyöre iletir. Mikser ile karıştırılan harç yeteri kıvama geldikten

sonra ekstrüzyöre aktarılır. Burada sıkıştırılan köfte harcı istenilen forma sahip bir kalıptan köfte biçiminde çıkar. Hemen ekstrüzyör çıkışında bulunan döner bıçaklar uygun boyutlarda köfteleri keserek konveyöre düşürür. Konveyör taşıdığı köfteleri saklama kaplarına boşaltarak depolar.



Şekil 11. Karar verilen tasarım (Seçenek 5)

III. SONUÇ

Kavramsal tasarım işlemi bir ihtiyaç listesi belirleme ile başlar. Sınırlayıcı ve istekleri karşılayacak bir çözümle son bulur. Çözüm seçenekleri çoksa bir seçim işlemi uygulanarak en uygun çözüme ulaşılır. Kavramsal tasarım; yaratıcı, optimum ve doğru çözümler bulmayı amaçlar. Problemi küçük parçalara ayırır ve bunlara çözüm ilkeleri geliştirir. Soyutlaştırmalar yapılarak mevcut çözümlerden farklı yaratıcı çözüm önerileri sunar. Bu çözüm önerileri, değerlendirme yöntemleri (seçim kartı, amaçlar ağacı, değer profili vb.) kullanılarak en doğru tasarıma karar verilir.

Bu çalışmada, kavramsal tasarım kullanılarak inovatif bir köfte makinası tasarımının işlem adımları açıklanmıştır. Bu işlem adımları çok farklı makinelerin tasarımında da kullanılabilir. Köfte yapma makinasının özellikleri ve ihtiyaçları listelenmiş tablo haline getirilmiştir. Tasarım bu istekler rehberliğinde geliştirilmiştir. İhtiyaçların tam ve doğru olarak belirlenmesi ideal çözüme ulaşmada büyük katkı sağlayacaktır. Köfte yapma makinesi için en önemli parametreler üretim hızı, üretim miktarı ve kolay bakımdır. Soyutlaştırma yapılarak temel fonksiyon ve alt fonksiyonlar belirlenmiştir. Her alt fonksiyona uygun çözüm önerileri geliştirilmiştir. Örneğin; sistemin kontrol edilmesi için 3 seçenek belirlenmiştir. Bunlar; kontrol paneli, kumanda ve elle kontrol olarak sınıflandırılmıştır. Çözüm önerileri bir morfolojik kartta birleştirilerek yaratıcı çözüm seçenekleri bulmak hedeflenmiştir. Bu kart kullanılarak köfte yapma makinesine uygun seçenekler belirlenerek değerlendirmeye alınmıştır. Çözüm seçenekleri; ihtiyaç listesi ve temel fonksiyona uygun olması için seçim kartı, değerlendirme çizelgesi ve değerlendirme profili ile değerlendirilir ve ideal çözüme ulaşılır.

KAYNAKLAR

- [1] Bunch, B. and Hellemas, A., The History of Science and Technology, Houghton Mifflin Com., Boston, USA, 2004.
- [2] http://www.ics.ul.pt/rdonweb-docs/ICS_MTruninger_Historical_CLI_postprint.pdf
- [3] <http://ye-mek.net/tag/degisik-kofte-tarifleri>
- [4] <https://www.ustayemektarifleri.com/tag/kofte-cesitleri>
- [5] <http://www.seriousseats.com/2015/01/meatball-style-guide-varieties-around-the-world.html>
- [6] <https://www.chowhound.com/food-news/172283/9-globally-inspired-meatballs-that-rule-the-world/>
- [7] Purnomo, H. and Rahardyan, D., Review Article Indonesian Traditional Meatball, International Food Research Journal 15(2): 101-108(2008).
- [8] <http://yemek.com/tarif/izgara-kofte/>
- [9] <http://www.deightonmanufacturing.co.uk/portfolio/formatic-machines-r-series-180/>
- [10] <http://nilma.com/eng/prodotti/scheda.jsp?gruppo=15 #artundefined>
- [11] Börklü, H.R. (Türkçeye Çeviren), Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, G., Grote, K.H., Mühendislik Tasarımı: Sistemik Yaklaşım Hatiboğlu Yayınları:152, Ankara, 2010.
- [12] Mayda, M., ve Börklü, H.R., An integration of TRIZ and the systematic approach of Pahl and Beitz for innovative conceptual design process, J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng., 36:859–870, 2014.
- [13] Mayda, M., ve Börklü, H.R., Development of an innovative conceptual design process by using Pahl and Beitz's systematic design, TRIZ and QFD, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.8, No.3 (2014).

Yeni bir elektrikli tıraş makinesinin kavramsal tasarımı

Hüseyin R. Börklü, Gülseren Avcı, Veysel Özdemir

Department of Industrial Design Engineering, Gazi University, 06500 Ankara, Turkey
rborklu@gazi.edu.tr, gulseren3702@gmail.com, vozdemir@gazi.edu.tr

Özet— Çevreye hoş görünmek, beğenilmek, temizlik ve kendine saygı gibi nedenlerle insanlar bakıma ihtiyaç duyarlar. Genelde erkeler için bu ihtiyaçlar arasında günlük sakal tıraşı da vardır. Çok eski çağlardan beri bu amaçla bazı yardımcı araçlar geliştirilmiştir. Ayrıca bu tıraş işlemi, ıslak (sakal ve yüzü ıslatma/yumuşatma), kuru ve bunların karışımı şeklinde yapılır. Bu tebliğ kapsamında kuru tıraş işlemine hitap eden yeni bir elektrikli tıraş makinesinin kavramsal tasarımı tanıtılmaktadır. Bu tasarım işlemi Pahl ve Beitz'in sistematik tasarım yaklaşımına dayanmaktadır. İşlem; problem tanımlama, formüle etme (fonksiyon şeması), seçenekler oluşturma ve seçim şeklindedir. Kavramsal tasarımı yapılan makine insanların kolay ve rahat tıraş olmaları mümkün kılacaktır.

Anahtar kelimeler— Elektrikli tıraş makinesi, Sistematik tasarım yaklaşımı, Kavramsal tasarım.

I.GİRİŞ

Genelde insanlar çevreye daha hoş görünmek ve başkaları tarafından beğenilmek isterler. İnsan doğasının bir sonucu olan bu durum modernleşme ve teknolojik gelişmelere paralel her geçen gün artmaktadır. Böylece kadın / erkek tüm insanlar her gün ve/veya belirli aralıklar ile rutin bazı bakımlara ihtiyaç duymaktadırlar (-ki bu bakım beğeni dışında temizlik ve sağlık açısından da önemlidir). Bu bağlamda, örneğin, bayanlar hemen her gün makyaj yaparken; erkekler de sakal tıraşı olurlar. Dolayısı ile çok eski çağlardan beri bayan ve erkeklerin bu tür bakım işlerini kolaylaştıracak çeşitli ticari ürünler geliştirilmiş, yapılmış ve piyasaya sürülmüştür. Burada ve tebliğ kapsamında bu tür ürünlerden elektrikli tıraş makinesi ve tasarımı ele alınacaktır.

Çeşitli arkeolojik bulgular, 30 bin yıl önce bile insanların midye kabuğundan yaptıkları cımbızlar ile saç ve sakallarını aldıklarını göstermiştir. Daha sonra midye kabuğu, köpek balığı dişi, doğal cam veya çakmak taşları kullanarak ilk usturaları yapmışlardır [3]. Bunu; bakır, bronz, demir ve çelik malzemeden yapılan usturalar izlemiştir. 1847'de ise W. S. Henson, acemilerin de kolayca kullanabileceği, T şeklinde ilk tıraş makinesini icat etmiştir. Bu alandaki bir diğer gelişme 1901'de ABD'li mucit K. C. Gillette'nin jiletli (bıçağı değişebilen) tıraş makinesini icadı ile yaşanmıştır. I. Dünya Savaşı esnasında Amerikan ordusu için bu makine ve jiletlerden çok miktarda alınması sektörü inkişaf ettirmiştir [1, 2]. 1928 yılında yine ABD'de J. Schick, ilk elektrikli tıraş makinesini yapmıştır. Bunu 1937'de Remington firmasının elektrikli tıraş makinesini satışa sunması izlemiştir. Akabinde

Philips firması ilk döner başlıklı elektrikli tıraş makinesi geliştirmiş ve piyasaya sürmüştür. 1950'li yıllardan itibaren ise bu makineler yaygınlaşmıştır [4, 5]. Yine bu yıllarda Alman Brown firması folyo (foil) çalışıma sistemine dayalı tıraş makinesi geliştirmiştir.

Sakal tıraş yöntemleri ile tıraş makineleri geliştirme/kullanım mantığı arasında yakın bir ilişki vardır. Yani tıraş yöntemleri: (1) Islak, yüzü sabun benzeri bir madde ve su ile ıslatma, deriyi kaygan hale getirme, sakalı yumuşatma ve keskin bir bıçak ile kılları kesmeyi içerir. Burada kesici, usturadan jilet ve modern kartuş jiletli makinelere kadar değişir. (2) Kuru, buradaki işlem elektrikle çalıştırılan kesicilerin dönme veya salınım ile sakalı ıslatmadan kesmesini kapsar. Ama bu ikinci grupta da, bazı uygulamalarda, belirli jeller ile yüz/sakal nemlendirilip daha hassas tıraş yapılabilir [6-8]. Bu tebliğde ele alınana elektrikli tıraş makineleri genelde şu iki temel çalışma sistemine dayanır [9-12]: (1) Dönel başlıklı (tek/çok bıçaklı), yüksek hızda dönen başlıklar içerir. Bunlar; seyrek tıraş, kaba/kalın/düzensiz sakal ve kaba tıraş için uygundur. Çıkan başlıklı olanları da vardır. Seyrek temizlenebilir. (2) Folyo (foil), ince ve folyo şeklindeki bıçakların salınması ve titreşimi ile çalışır. Bunlar ise; sık/günlük, ince/düzgün sakal ve ince tıraş için uygundur. Hassastırlar ve her tıraştan sonra temizlemek gerekir. Ayrıca bu iki tür makinelerin de kablolulu/kablosuz tipleri vardır. Bu bildiri kapsamında yeni bir elektrikli tıraş makinesinin kavramsal tasarımı tanıtılacaktır. Bu yeni makine ile insanların kolay ve rahat tıraş olmaları amaçlanmaktadır.

II. İNOVATIF BİR TIRAŞ MAKİNESİ TASARIMI

Bu bölümde, Sistematik tasarım yaklaşımı kullanılarak yapılan, yeni ve inovatif bir tıraş makinesinin kavramsal tasarımı tanıtılacaktır [13, 14]. Bu makineler günümüzde daha çok erkeklerin en önemli yardımcılarından biri olup, kullanıcıların günlük tıraş olma ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tasarlanmıştır. Günümüzde jilet kullanımına alternatif olarak üretilen yeni nesil tıraş makineleriyle cilde zarar vermeden kolay ve hassas bir şekilde tıraş olmak mümkündür. Ayrıca tıraş makinelerinin kolaylıkla değiştirilebilen ek aparatları sayesinde saç, sakal ve bıyıklara da şekil verilebilir. Bu çalışma, tıraş etmede kullanılacak yeni/inovatif bir tıraş makinesi kavramsal tasarımını içermektedir. İşlem şu altı aşamadan oluşmaktadır [13-15]: (1) ihtiyaç listesi, (2) Fonksiyon şeması, (3) Alt ve genel tasarımlar, (4) Ön değerlendirme, (5) Önemli tasarımlar ve (6) Ek

seçim işlemleri. Yapılan tasarım bu başlıklar altında aşağıda tanıtılacaktır.

A. İhtiyaç Listesi

Tıraş makinesi kavramsal tasarımı için hazırlanmış örnek bir ihtiyaç listesi (tasarım şartnamesi) Tablo 1’de görülmektedir. Bu ihtiyaç listesinde tasarlanacak tıraş makinesinin; geometrik büyüklüğünün taşımaya müsait olması, portatif olması, kullanıcıya zarar vermeden işlevini düzgün icra etmesi, güç kullanımı,

bakımı ve maliyeti gibi özellikler yer almaktadır. Bu aşamada genelde kavramsal tasarım süreci için gerekli ihtiyaçlar vardır ve gerekirse bu ihtiyaçlar tasarımın gelişmesine bağlı olarak esnetilebilir / değiştirilebilir. İhtiyaç listesinde yer alan özellikler, İhtiyaç ve Arzu (A) şeklinde düzenlenmiştir. Bunlardan ihtiyaçlar tasarım çözümü tarafından mutlak surette karşılanması ve arzular ise teknolojik ve ekonomik şartlar elverdiği ölçüde karşılanması gerekir [13].

TABLO 1
TASARLANACAK TIRAŞ MAKİNESİ İHTİYAÇ LİSTESİ (ARZULAR (A) İLE GÖSTERİLMİŞTİR.)

Sıra	İstenilen özellikler / ihtiyaçlar (İstekler veya Arzular)
1	Makine mümkün olduğunca hafif ve taşınabilir olsun.
2	Olabildiğince küçük olsun.
3	Enerji tüketimi 0,3 – 3,5W arası olsun. Makine olabildiğince az enerji tüketsin.
4	(A) Tıraş bıçaklarının ömrü en az 2 yıl olsun. Bu süreçte kullanım performansı korunsun.
5	Makina hem kablolu hem kablosuz kullanım sağlasın.
6	(A) Makine ıslak ve kuru kullanıma uyum gösterebilir.
7	(A) Çalışma – durdurma ve diğer kontroller tek düğme ile yapılsın.
8	Tıraş makinesi, sakal durumuna göre, 5 farklı modda çalışsın.
9	Çalışma esnasında kullanıcıya zarar vermesin.
10	Çevre dostu tasarım ilkesine uygun olsun.
11	Rahat kullanım için kaymaz kaplama özelliği olsun.
12	Makinenin temizliği kolay yapılabilir.
13	Üretim sırasında parçalar kolay temin edilmeli ve seri üretime uygun olmalı.
14	(A) Tıraş makinesi maliyeti minimum düzeyde olsun.

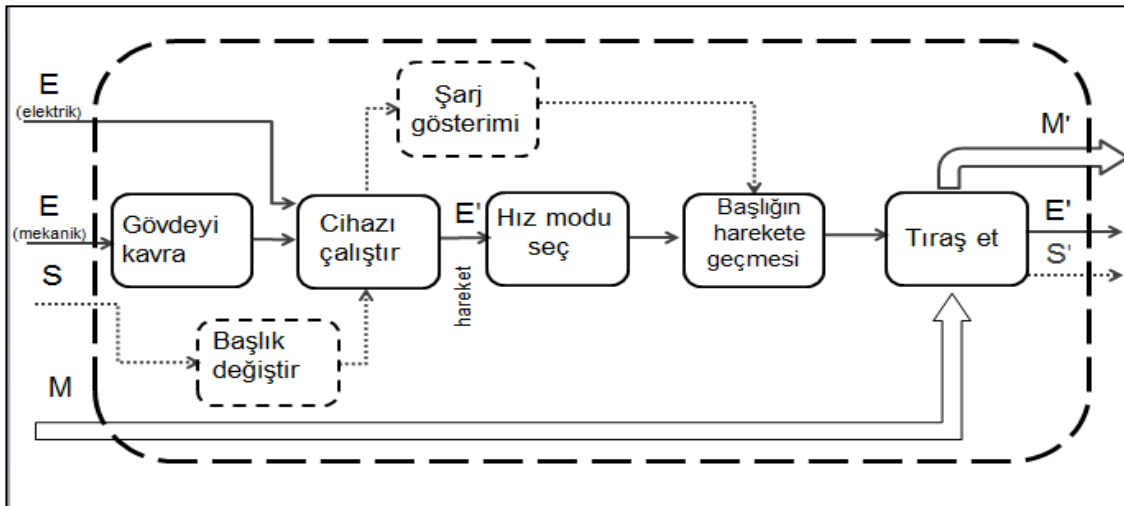
B. Fonksiyon Şeması

Burada; sisteme E(nerji) (elektrik ve mekanik), S(inyale) ve M(alzeme) girmekte ve makinenin işlevini yapması sonucu dışarı çıkmaktadır. İşlem sonucu; insan yüzündeki sakal/bıyık kesilecek (tırış edilecek) ve makinenin haznesine aktarılacaktır. Tablo 1’de verilen ihtiyaç listesine uygun bir tıraş makinesine ait hazırlanan bir fonksiyon şeması Şekil 2’de görülmektedir. Bu şemalar birden fazla hazırlanmış olmakla birlikte burada bunlardan sadece biri (optimumu) gösterilmiştir. Şemada yer alan ana fonksiyon blokları (alt fonksiyonlar); gövdeyi kavra, cihazı çalıştır, hız modu seç, başlığın harekete geçmesi, tıraş et, başlık değiştir, şarj gösterimi ve tıraş et bloklarıdır. Yardımcı fonksiyonlar

ise; şarj gösterimi ve başlık değiştir olarak belirlenmiştir. Şekil 2’deki fonksiyon şeması ve buradaki alt fonksiyonlar bir sonraki aşamada alt çözümlerin bulunmasında kullanılacaktır [13].

C. Alt ve Genel Tasarımlar

Şekil 2’de yer alan fonksiyon şeması, kavramsal tasarımı yapılan tıraş makinesini işlevsel alt parçalara bölmektedir. Ayrıca bu parçalar arası ilişkiler ve veri akışları da (E, S ve M cinsinden) bu şemada görülmektedir. Fonksiyon şemasındaki önemli/ana fonksiyonlar Şekil 3’te görülen matriste satırlara ve bunların olası çözümleri de hizalarına girilmek sureti ile alt tasarımlar elde edilmiştir. Bunlar sırayla; gövde tasarımı, motor (enerji dönüştürme), güç iletme,



Şekil 2. Tıraş makinesine ait fonksiyon şeması

başlık tasarımı, başlık hareketi ve şarj gösterimi şeklindedir. Daha sonra bu fonksiyonlara uygun olası alt çözümler aynı satırdaki hücrelerde gösterilmiştir.

Son olarak bu çözüm ilkeleri arasında tercihler yapılarak tüm sisteme ait 6 farklı çözüm seçeneği oluşturulmuştur (Şekil 4).

Çözüm İlkeleri		1	2	3	4
Alt Fonksiyonlar					
1	Gövde Tasarımı				
2	Motor	AC Elektrik Motoru (M)	DC Elektrik Motoru (M)	Fırçasız DA Motoru (FDAM)	Elektromagnatis
3	Güç İletme	Redüktör (R)	Varyatör (V)	Kayış Kasnak	Doğrudan Bağlantı
4	Başlık tasarımı				
5	Başlık hareketi	Dairesel	Sabit	Folyolu	Titreşimli
6	Şarj gösterimi	LCD	LED Gösterge Tekli 	LED Gösterge Çoklu 	Sinyal Gösterge

Şekil 3. Tıraş makinesine ait morfolojik kart.

Çözüm İlkeleri		1	2	3	4
Alt Fonksiyonlar					
1	Gövde Tasarımı				
2	Motor	AC Elektrik Motoru (M)	DC Elektrik Motoru (M)	Fırçasız DA Motoru (FDAM)	Elektromagnatis
3	Güç İletme	Redüktör (R)	Varyatör (V)	Kayış Kasnak	Doğrudan Bağlantı
4	Başlık tasarımı				
5	Başlık hareketi	Dairesel	Sabit	Folyolu	Titreşimli
6	Şarj gösterimi	LCD	LED Gösterge Tekli 	LED Gösterge Çoklu 	Sinyal Gösterge

- Seçim1: 1.1-2.1-3.2-4.2-5.3-6.2
- Seçim2: 1.2-2.3-3.2-4.3-5.4-6.3
- Seçim3: 1.4-2.2-3.3-4.1-5.1-6.2
- Seçim4: 1.1-2.4-3.4-4.3-5.4-6.4
- Seçim5: 1.3-2.2-3.1-4.2-5.2-6.3
- Seçim6: 1.3-2.2-3.1-4.2-5.3-6.1

Şekil 4. İlişkili kavramsal tasarım seçenekleri.

D. Ön Değerlendirme

Şekil 4'de bulunan kavramsal tasarım seçeneklerinin sayısının azaltmak için bir ön değerlendirme işlemi yapılır. Bu amaçla seçim kartı kullanılacaktır (Şekil 5). Bu aşamada; uyum güvencesi, ihtiyaç listesini karşılama, ilke olarak gerçekleştirilebilir, makul maliyette, doğrudan emniyet

önlemleri sağlar, tasarımcı şirketince tercih edilir ve yeterli bilgi ölçütleri sırayla her tasarım seçeneğine uygulanır (+, -, ?, ! gibi) ve son satırda ise bir karar verilir. Bu işlem sonucu Şekil 5'te de görülen + ile işaretli V1, V3 ve V6 uygun (önemli) tasarımlar olarak seçilmiştir. Bu ön değerlendirme, tasarım seçenek sayısını azaltma sağlar ve arkasından kavramsal tasarım işlemine devam edilir [13].

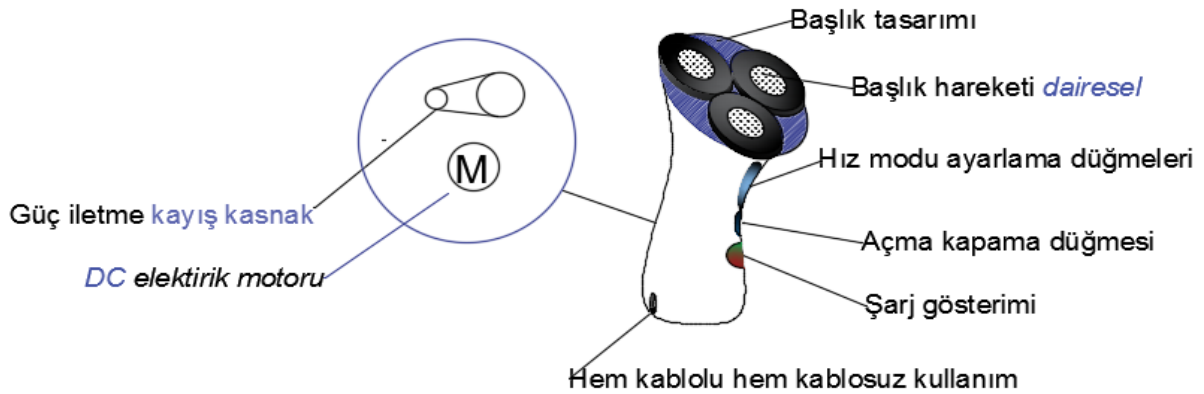
Çözüm seçeneğini (Sv) gir :	Şunlarla değerlendirilen çözüm seçenekleri (Sv)							KARAR		
	SEÇİM ÖLÇÜTLERİ (+) EVET (-) HAYIR (?) İhtiyaç listesini kontrol et							Çözüm seçeneklerini İfade et (Sv) (+) Çözümü sürdür (-) Çözümü iptal et (?) Bilgi topla (çözümü tekrar değerlendir) (!) Değişiklikler için İhtiyaç listesini kontrol et		
Sv	Uyum Güvencesi							KARAR		
	A	B	C	D	E	F	G			
V1	1	+	+	?	-	+	+	!	Maliyeti yüksek, yeterli bilgi yok	+
V2	2	-	+	+	-	-	-	+	Emniyetli değil	-
V3	3	+	+	+	+	+	+	+		+
V4	4	+	+	+	+	-	+	+		-
V5	5	+	+	+	-	+	-	+	Gövde tasarımı başlıklara uygun değil	-
V6	6	+	+	+	!	+	+	+		+

Şekil 5. Tıraş makinesi kavramsal tasarım ön değerlendirilmesi (seçim kartı)

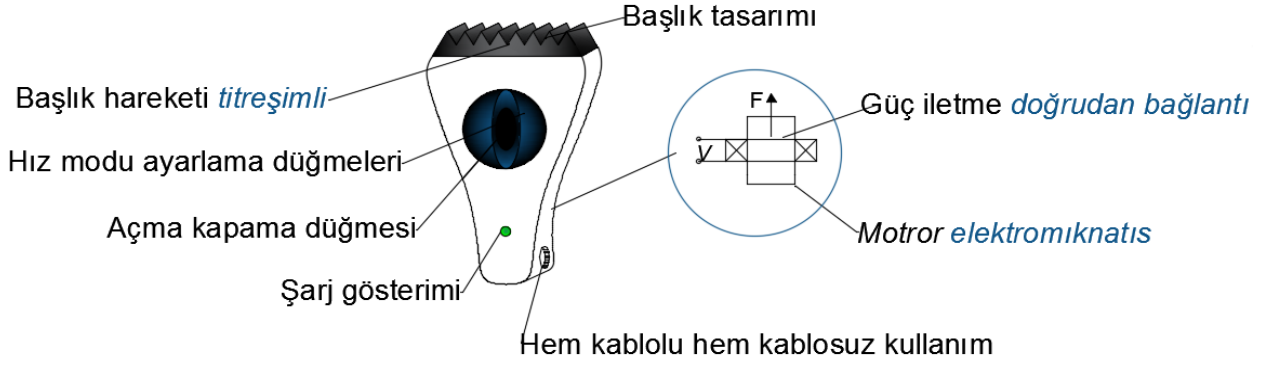
E. Önemli Tasarımlar

Seçim kartından elde edilen çözümler Şekil 6-8'de gösterilmiştir. Seçenek 3, gövde tasarımı (4) kullanılır, DC elektrik motoru ile çalışır, güç iletmesi kayış kasnak ile olur, dairesel başlık tasarımı kullanılır ve bıçakların hareketi daireseldir. Ayrıca şarj göstergesi tekli LED şeklindedir. Seçenek 4, gövde tasarımı (1) kullanılır, elektromıknatis motoru

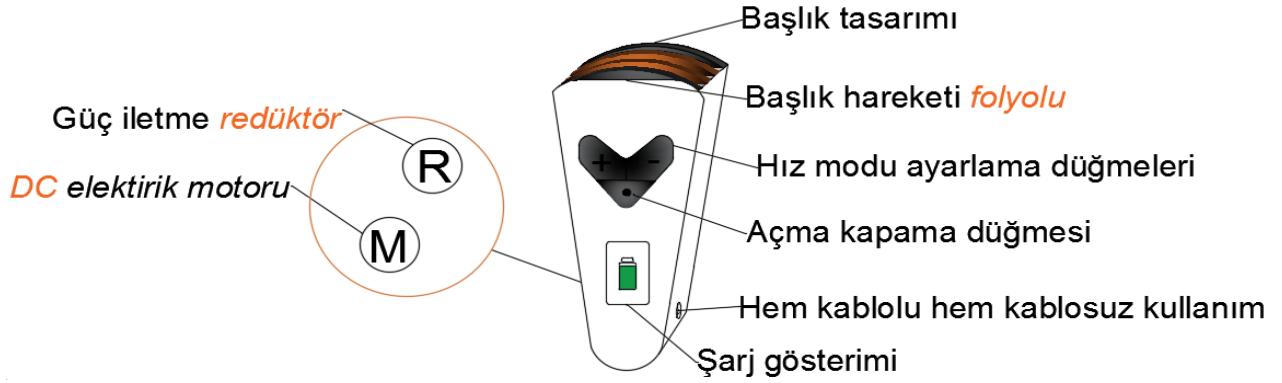
ile çalışır, güç iletmesi doğrudan bağlantı sayesinde olur, tek bıçaklı kesme işlemi yapan başlık tasarımı kullanılır ve tıraş bıçaklarının hareketi titreşimlidir. Ayrıca şarj göstergesi sinyal şeklindedir. Seçenek 6, gövde tasarımı (3) kullanılır, AC elektrik motor ile çalışır, güç iletmesi redüktör sayesinde olur, 3 işlemlilik kesme işlemi yapan başlık tasarımı kullanılır ve tıraş bıçaklarının hareketi folyoludur (yüz hatlarına uygun). Ayrıca şarj göstergesi LCD şeklindedir.



Şekil 6. Tıraş makinesi kavramsal tasarım seçenekleri (önemli tasarımlar / Seçenek 3).



Şekil 7. Tıraş makinesi kavramsal tasarım seçenekleri (Seçenek 4).



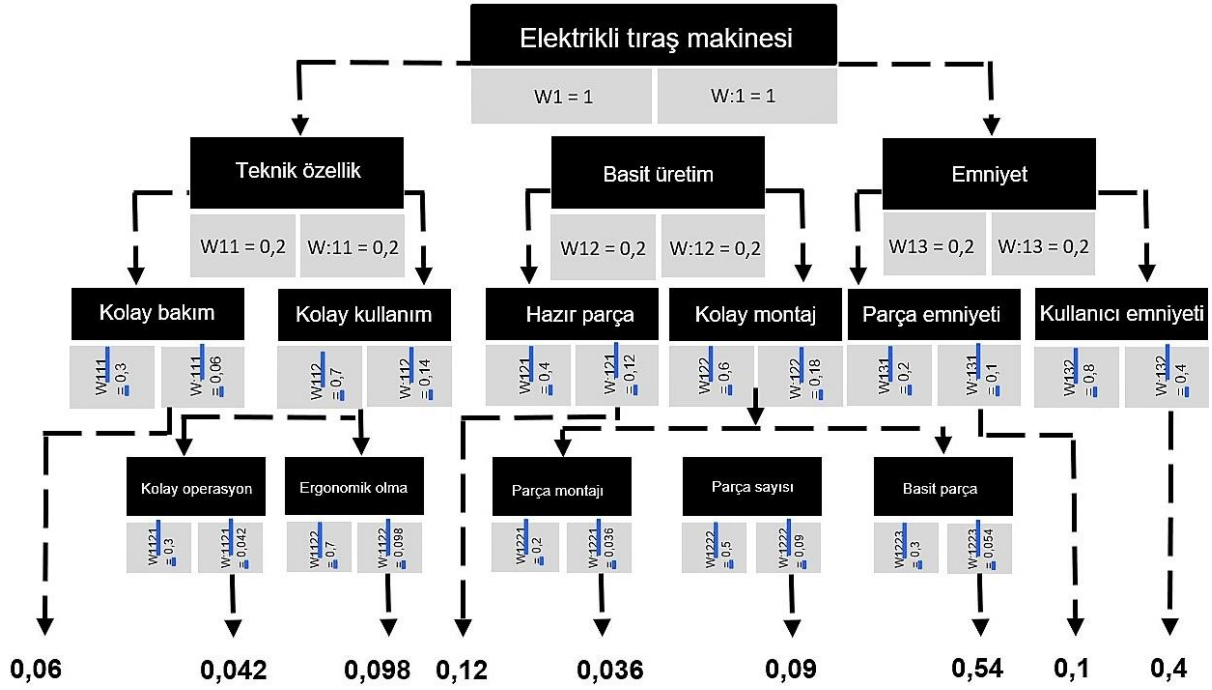
Şekil 8. Tıraş makinesi kavramsal tasarım seçenekleri (Seçenek 6).

F. Ek Seçim İşlemleri

Şekil 5’de bulunan seçim kartı kullanılarak kavramsal tasarım seçenekleri azaltılmış ve altıdan üçe düşürülmüştür. Bu aşamada ön elemeyi geçen üç seçenek daha detaylı bir seçim işlemine tabi tutulur ve sonuçta en ideal (mükemmel) tasarım seçeneği kalacak şekilde işlem sürer. İlk olarak amaçlar ağacı oluşturulur ve burada ölçütlere önem durumuna göre ağırlık (yüzde) değeri verilir (Şekil 9). En altta kalan sağ kutucuk değerleri toplamı en üste verilen 1 değerini bulması gerekir. Burada bulunan ölçütler ve değerleri kullanılarak bir değerlendirme çizelgesi oluşturulur (Tablo 2). Değerlendirme çizelgesinde; önce ölçütler teknik parametrelere dönüştürülür ve bunlara (mümkünse) birimler atanır ve son olarak ta eldeki üç seçeneğe bunlara göre puanlar verilir. Seçenek puanlara toplandığında 3 ve 6 nolu olanın 4

nolu seçenektan daha yüksek toplam puana sahip olduğu görülmektedir ve böylece de tasarım seçenek sayısı 2’ye düşürülür. Bu aşamadaki son işlem, bu 2 seçeneğin değer profil diyagramını hazırlamayı içerir (Şekil 11’de görülmektedir). Değer profil diyagramında hangi seçenekte eksikler daha az ise o seçenek sonuç seçeneğini oluşturur (6 nolu seçenek) [13].

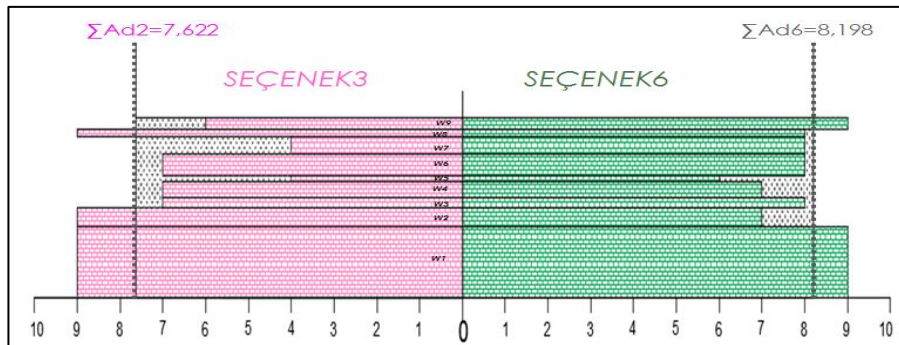
İzlenen tüm yöntemler sonucu insanlar için tıraş makinesi geliştirme amaçlı kavramsal tasarım sürecinde, seçenek 6 en uygun bulunmuştur. Uygulanan Sistematik tasarım yaklaşımı işlem ve yöntemleri sonucu elde edilen en iyi/optimum tıraş makinesi kavramı (konsepti), Şekil 12’de görülmektedir. Bu tasarım ile en yüksek konfor düzeyinde tıraş işlemi gerçekleştirilir. Ayrıca bu tasarım seçeneğinin daha emniyetli ve kullanıcı için cazip olabileceği de söylenebilir.



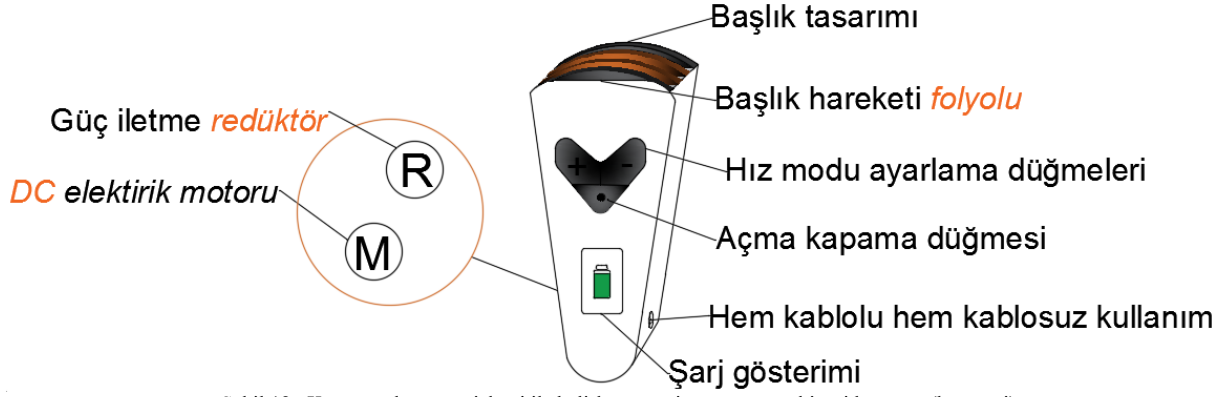
Şekil 9. Ek seçim işlemi: (a) Amaçlar ağacı.

TABLO 2
EK SEÇİM İŞLEMİ: (B) DEĞERLENDİRME ÇİZELGESİ [13]

Değerlendirme çizelgesi			Seçenek 4			Seçenek 3			Seçenek 6			
Kriter	W	Parametreler	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	Oran	Değer	Ağırlık Değeri	
1	Kolay bakım	0.06	Kolay bakım	Fazla	8	0,48	Orta	6	0,36	Fazla	9	0,54
2	Kolay operasyon	0.042	Kolay kullanım	Orta	5	0,21	Fazla	9	0,378	Fazla	8	0,336
3	Ergonomik olma	0.098	Ergonomiklik	Orta	5	0,49	Fazla	4	0,392	Az	8	0,784
4	Hazır parça	0.12	Standart parça	Orta	6	0,72	Orta	7	0,84	Fazla	8	0,96
5	Parça montajı	0.036	Açık montaj işlemi	Orta	6	0,216	Az	4	0,144	Orta	6	0,216
6	Parça sayısı	0.09	Parça sayısı	Orta	5	0,45	Orta	7	0,63	Orta	7	0,63
7	Basit parça	0.054	Basitlik	Orta	5	0,27	Orta	7	0,378	Fazla	8	0,432
8	Parça emniyeti	0.1	Güvenilirlik	Fazla	9	0,9	Fazla	9	0,9	Orta	7	0,7
9	Kullanıcı emniyeti	0.4	Emniyet	Fazla	8	3,2	Fazla	9	3,6	Fazla	9	3,6
ΣWt=1			Σd1=57 ΣAd2=6,936			Σd3=62 ΣAd3=7,622			Σd6=70 ΣAd6=8,198			



Şekil 11. Ek seçim işlemi: (c) Değer profil diyagramı [13].



Şekil 12. Kavramsal tasarım işlemi ile belirlenen optimum tıraş makinesi kavramı (konsepti).

III. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı sistematik tasarım yaklaşım ile yeni bir tıraş makinesi geliştirmek, ortaya kavramsal bir tasarım çıkarmaktır. Bu amaçlar doğrultusunda genel bir çalışma metodolojisi izlenmiş, bazı önemli sistematik tasarım adımları izlenerek ortaya inovatif değeri olan bir ürün tasarımı çıkarılmıştır. Çalışma bir ürün tasarlarken veya geliştirme/değiştirme yapılırken izlenecek yöntemler için örnek teşkil etmektedir. Bu alanda yapılacak çalışmalara kılavuz olabileceği gibi üzerinde yapılacak geliştirmelere de açıktır.

Tasarlanan yeni tıraş makinesi hem ıslak hem de kuru olarak kullanılabilir. Islak kullanım halinde tahriş önlenir ve duşta da kullanılarak zaman tasarrufu sağlanabilir. Tıraş işlemi bittiğinde makine musluk altında yıkanarak daha kolay temizlenebilir. Burada iyileştirilmek istenen özellik cihazın dış ortam şartlarına *uyum* göstermesidir. Fakat bu uyum sağlanırken kullanılan *madde miktarında artış* olur. Bu teknik çelişkiyi çözmek için **TRIZ'in çelişkiler matrisi** kullanılır. Çelişkiler matrisinde iyileşen ve kötüleşen bu özellikler kesitirilir ve bulunan yaratıcı prensipler incelenir. Bunlardan %100 su geçirmezlik için en uygun olanı seçilir (**15 Dinamiklik**) ve tasarım üzerinde uygulanır (Tablo 3) [14-17].

TABLO 3
TRIZ'İN 15 NOLU YARATICI ÇÖZÜM PRENSİBİ DİNAMİKLİK VE ALT YORUMLARI

15. Prensip: Dinamiklik
<ul style="list-style-type: none"> • Bir nesne, dış çevre / süreci en uygun çalışma koşulları sağlayacak şekilde tasarlama / buna izin verme • Bir bütünü, birbirine bağlı hareket edebilen alt parçalara bölme • Katı ve kararlı özelliğe sahip nesne / süreçleri hareketli ve uyarlanabilir hale getirme

KAYNAKLAR

- [1] Allan Peterkin / One Thousand Beards - A Cultural History Of Facial Hair (Şubat 2014)
- [2] <http://www.ilkkimbuldu.com/tras-bicagini-kim-buldu/>
- [3] <http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2014/09/TRA%C5%9E-MAK%C4%B0NES%C4%B0NDEN-%C3%96NCE-NE-VARDI-15-Eyl%C3%BCI-2014.pdf>
- [4] <https://www.msxlab.org/forum/saglikli-yasam/190510-tirasin-tarihi.html>
- [5] <http://hboqm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/elektrik/moduller/kisiselbakimcihazlari.pdf>
- [6] http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sakal%20-%20B%C4%B1y%C4%B1k%20T%C4%B1ra%C5%9F%C4%B1.pdf
- [7] http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sa%C3%A7%20T%C4%B1ra%C5%9F%C4%B1.pdf
- [8] http://ismek.ist/files/ismekOrg/file/2013_hbo_program_modulleri/sacvesakal
- [9] <http://hboqm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/elektrik/moduller/kisiselbakimcihazlari.pdf>
- [10] https://www.download.p4c.philips.com/files/r/rq1151_16/rq1151_16_pss_turtr.pdf
- [11] <https://tr.braun.com/tr-tr/male-grooming/shavers-replacement-parts/shavers-replacement-parts>
- [12] <http://10beasts.com/best-electric-shavers/>
- [13] Börklü, H.R. (Türkçeye Çeviren), Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, G., Grote, K.H., Mühendislik Tasarımı: Sistematik Yaklaşım Hatiboğlu Yayınları:152, Ankara, 2010.
- [14] Mayda, M., ve Börklü, H.R., An integration of TRIZ and the systematic approach of Pahl and Beitz for innovative conceptual design process, J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng., 36:859-870, 2014.
- [15] Mayda, M., ve Börklü, H.R., Development of an innovative conceptual design process by using Pahl and Beitz's systematic design, TRIZ and QFD, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.8, No.3 (2014).
- [16] <http://www.southampton.ac.uk/~jps7/Lecture%20notes/TRIZ%2040%20Principles.pdf>
- [17] <https://triz-journal.com/contradiction-matrix-40-principles-innovative-problem-solving/>

Türkiye otomotiv yan sanayinde nitel kontrol grafikleri uygulaması

Osman YILDIZ*, Melek TURA*, Tuba GAZİOĞLU*
Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering,
Karabuk University, 78050, Karabuk, Turkey.

osmanyildiz@karabuk.edu.tr, melek-941@outlook.com, tuba.gazioğlu@hotmail.com

Özet— Otomotiv sektörü, katma değeri, istihdam yarattığı ve diğer sanayi dallarını tetikleyen ve ülke ekonomisinde büyük payı olan önemli bir sanayi sektörüdür. Son zamanlarda, otomotiv sektörünün teknolojik gelişmesinin, sektörü destekleyen ve destekleyici bir unsur olan yan sanayinin daha önemli hale getirdiğini söylemek yanlış olmaz. Otomotiv yan sanayi hem yurt içinde hem de yurt dışında üretim ve parktaki araçların parça yenileme talebine yönelik ana sanayi tarafından istenilen teknik şartlara uygun her türlü aksam, parça, modül ve sistem üreten destek sanayi türüdür. Ana otomotiv sanayi, yan sanayiden gelecek parçalarında ana sektör tarafından üretilen ürünler kadar kaliteli ve müşteri isteklerini karşılıyor olmasını talep eder. Küresel rekabetin yaşandığı otomotiv endüstrisinde kalite kavramı çok önemlidir. Kısacası, bunun müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılama seviyesi olduğunu söyleyebiliriz. Kalite aynı anda maliyeti düşürür. Daha az hatalı ürün üretim aşamasında elde edilir ve daha az ürün iade edilir, maliyet düşer ve rekabet gücü artar. Bu amaçla, yan sanayide istatistiksel kalite kontrol yöntemleri kullanarak üretim sürecindeki hataları azaltmak mümkündür. Bu bağlamda, niteliksel kontrol grafikleri, sipariş alarak üretim yapan bir işletmede incelenmiştir. Çalışma sırasında, 2016 yılının 48 haftalık döneminde üretilen ürünler incelenmiş, kusurlu parçaların oranları hesaplanmış ve kusurlu parça üretiminin nedenlerini belirlemek için p kontrol grafikleri çizilmiştir. Firmanın 2016 yılı on iki aylık periyodunda üretilen ürünler incelendiğinde kusurlu parça oranlarının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kusurlu üretilen ürünler firmaya yüksek maliyet getirmekte ve prestijini olumsuz yönde etkilemektedir. Grafikler incelendiğinde üretim olmayan haftalardan sonra genelde kusurlu parça oranları çok yüksek seviyeye çıkmıştır. Bunun sebeplerinden biri makine ayarlarının yapımı sırasında üretilen ürünler hurdaya çıkmasıdır. Bunun yanında işletmede kullanılan makinelerin çoğu manuel olarak çalışmaktadır. İşgücü hataları ve bilgi eksikliği ve tecrübesiz operatörler makine ayarlarını iyi yapamadıkları için hurda ya da hatalı parçalar üretilmektedir. Kusurlu ürün oranını etkileyen bir diğer etken de boyahane bölümden çıkan ürünlerin boyamadan kaynaklı kusurların olmasıdır. Hurda olarak çıkan parçaların tekrar işleme maliyetleri birim maliyetleri artırıyor olması, işletmenin rekabet edebilirliğini düşürmektedir.

Anahtar kelimeler— Kalite, Kalite Kontrol, Otomotiv yan sanayi, Kontrol grafikleri, Nitel kontrol grafikleri, P Kontrol grafikleri

I. GİRİŞ

Otomotiv sanayisi ürünün ortaya çıkış süreci, kullanılan üretim tekniği ve farklı bölgelerden girdi, yarı mamul veya mamullerin bir araya getirilmesi oluşan montajlama sanatıdır. Katma değeri açısından büyük bir önem sahip olan bu sanayi ana ve yan sanayiden meydana gelmektedir. Doğrudan veya dolaylı olarak çok farklı endüstri kolları ile bağlı bulunan ve bu ilişki içinde olduğu sanayileri tetikleyici özelliği olan bir üretim merkezleridir. Otomotiv yan sanayi hem yurt içinde hem de yurt dışında üretim ve parktaki araçların parça yenileme talebine yönelik ana sanayi tarafından istenilen teknik şartlara uygun her türlü aksam, parça, modül ve sistem üreten destek sanayi türüdür. Ana ve yan sanayi arasında özellikle ileri otomotiv sanayi teknolojisine sahip ülkelerde sıkı bir ilişki ve güven esasları gelişmiştir. Bunun en önemli nedeni rekabet unsurunun sağlanmasıdır. Ana otomotiv sanayi, yan sanayiden gelecek parçalarında ana sektör tarafından üretilen ürünler kadar kaliteli ve müşteri isteklerini karşılıyor olmasını talep eder.

Otomotiv yan sanayi ana sanayinin sadece parça ihtiyacını karşılayan bir alan değil hem dünyada hem de Türkiye’de otomotiv ana sanayi, sektör fonksiyonlarını yan sanayi ile karşılamaya başlamıştır. Bunun sonucu olarak yan sanayi ihracatının toplam otomotiv sektöründeki ihracat payı giderek artmaktadır.

Otomotiv yan sanayinin üretim kapasitesi, taşıt araçları imalat sektörünün %80 kapasite kullanımında çalışması ve ülkemizde imal edilen araçlarda %60 yerli parça kullanımının sağlanması halinde, yılda yaklaşık 9 milyar \$’lık üretim değeri yaratabilecek düzeydedir. Bu durumda otomotiv yan sanayinin yılda 5,4 milyar \$’lık katma değer, 3 milyar \$’lık ihracat geliri, 450 milyon \$’lık yatırım potansiyeli mevcuttur (1). Veriler bize bu sektörün ülke ekonomisine ne kadar katkı sağladığını göstermektedir. Bu katma değer artırılması ve dünya piyasasında rekabet edebilmek için birim maliyeti düşürmek ancak kalitenin yani tüketici ihtiyaçlarının karşılanması ile mümkün olacaktır.

Kalite çok farklı anlamlarda kullanılsa da genelde müşterinin ihtiyaç ve isteklerine cevap verebilme, istenilen ürünün, hizmetin istenilen özelliklere uygun üretilmesidir diyebiliriz. Kaliteyi tanımlarken kullanıcı, ürün ve üretim açısından bakmak gerekir. Kullanıcı açısından ihtiyacı karşılamak, ürün açısından

ölçülebilir kalite özelliklerine sahip olmak ve üretim açısında ise standartlara uygunluk ve ilk seferinde doğru yapma olgusudur. Otomotiv yan sanayi açısından bakarsak, ana sanayinin talep ettiği standartlarda ve kalite özelliklerinde ürün üretmektir. Bunu karşılayabilmek içinde proseslerin kontrol altında tutulması gerekmektedir. Prosesi etkileyen malzeme, insan, makina, yöntem ve çevre gibi değişkenlerden etkilenme oranını en aza indirmek gerekmektedir. Prosesi kontrol altında tutabilmek ve takip edebilmek için ise istatistiksel kalite kontrol teknikleri kullanılmaktadır.

Kontroller sonucunda üretim sırasında ortaya çıkabilecek hata, aksaklık ve kusurlukları önceden fark edilmesi ve önlemlerin alınması içinde çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılarak analizler yapılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi de nicel ve nitel kontrol grafikleri olarak ikiye ayrılan Shewhart kontrol grafikleridir (2).

II. MATERYALVE METOT

Sayısal olarak ölçüm teknikleri kullanılarak ölçüm yapılamayan üretim sürecinde ve ürünün kalite özelliklerinin ölçüm metotlarında karşılık bulamadığı durumlarda duyu organlarımız ile değerlendirebileceğimiz parlaklık, kırık, çatlak, renk uyumu vb. gibi değişkenlerde nitel kontrol grafikleri uygulanır. Bu değişkenleri kusurlu-kusursuz, uygun-uygun değil, iyi-kötü, kabul-ret gibi iki seçenekli sınıflandırıp ya da o ürünün standardı ile karşılaştırılıp nitel kontrol grafiği ile yorumlayabiliriz. Nitel kontrol grafikleri;

- Kusurlu oranı (p) kontrol grafiği
- Kusurlu sayısı (np) kontrol grafiği
- Kusur sayısı (c) kontrol grafiği
- Birim başına kusur sayısı (u) kontrol grafiği

olmak üzere dört farklı şekilde uygulanır (2).

Kusurlu oranı (p) kontrol grafiği, endüstride en çok kullanılan niteliksel kontrol grafiğidir. Nitel kontrol grafiklerinden p kontrol grafiği, üretim sürecinden rassal olarak alınan örneklerdeki kusurlu oranının tespit edilmesini ve sürecin takip edilmesini sağlar. Kusurlu oranı, bir kitledeki kusurlu parça sayısının kitledeki toplam parça sayısına oranıdır. Ürün üzerindeki hatanın ne olduğu değil de sadece hatalı olması yeterlidir. Binom dağılımı prensipleri geçerlidir. Bu grafiklerin oluşturulmasında karşılaşılan en önemli sorun, kontrolü yapan kişilerin kendi düşüncelerini de katmalarıdır. Bu sebepten dolayı kontrolü yapan farklı incelemeciler birbiriyle tutarlı olmayan sonuçlar ortaya çıkarabilirler. Bu durum grafiklerde, incelemeciden kaynaklı fazladan değişkenlik ya da denetim dışı kalmalara neden olacaktır. Veriler birden çok incelemeci tarafından türetilcekse, uyumsuzluk ölçütleri olabildiğince belirgin saptanmalıdır (3).

Eğer üretimde n' birimlik bir örneklem seçilirse ve kusurlu birimlerin sayısı D ise, n ve p parametrelili binom dağılıma sahiptir.

$$f(x) = P(D = x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \quad x=0, 1, \dots, n \quad (1)$$

D rastgele değişkeninin ortalama ve varyansı;

$$E(D) = np \quad \text{ve} \quad \text{Var}(D) = np(1-p) \quad (2)$$

şekindedir.

Kusurlu oranı (p) kontrol grafiğini standartların bilinmesi ve bilinmemesi durumlarında örneklem büyüklüklerinin sabit veya değişken olmasına göre hesaplamalar yapılmaktadır. Çalışmada standartlar bilinmediği ve örneklem büyüklükleri değişken olduğu için, hesaplamalar değişken örneklem hacmine göre yapılmıştır.

Standartların bilinmemesi durumunda kitle kusurlu oranı p bilinmiyorsa gözlenen verilerden tahmin edilmelidir. Örneklem büyüklüğünün değişken olmasına göre, her biri n_i ($i=1, 2, \dots, n$) birimden oluşan n (genellikle 20 veya 25) örneklemin olduğunu varsayalım. D_i , i-inci örneklemden kusurlu birim sayısı olmak üzere i-inci örneklemin kusurlu oranı;

$$\hat{p}_i = \frac{D_i}{n_i} \quad (3)$$

ve p' nin en iyi tahmin edicisi tüm örneklemden kusurlu oranın birleştirilmesidir.

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (4)$$

Kontrol parametreleri ise;

$$\text{ÜKL} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \quad (5)$$

$$\text{Merkez Çizgi} = \bar{p} \quad (6)$$

$$\text{AKL} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \quad (7)$$

şekindedir (4).

Farklı örneklem hacminin kullanılmasında dolayı p kusurlu oranı kontrol grafiğinin kontrol sınırları farklı olmuş ve her bir örnek için sınırlar ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca alt kontrol sınırları değerlere bağlı olarak negatif çıktığında, bu sınırlar sıfır olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalar sonucunda bulunan değerler alt ve üst kontrol sınırları içinde yer alıyor ise süreç kontrol altındadır denmiştir. Çalışmada, toplam üretimin örneklem hacmi olarak haftalık zaman dilimi dikkate alınarak her bir örneklem için farklı kontrol sınırları bulunmuş ve prosesin kontrol altında olup olmadığı değerlendirilmiştir.

Çalışmanın yapıldığı firma 1975 yılında endüstriyel araç ve gereçler üretmek için kurulmuştur. Otomotiv tedarik sanayi üretiminin ve ihracatının büyük bir kısmını temsil etmektedir. Toplamda 12 000 m² 'lik kapalı alana sahiptir. İşletmede doksaniki mavi yaka ve yirmi beyaz yaka çalışan vardır. Günlük üretim kapasitesi 77,778 ve yıllık üretim kapasitesi 20,533,343 adettir. Fabrikada preshane, kaynakhane,

boyahane ve montaj bölümleri vardır. Fabrikada bitmiş ürünlerin kontrolünün yapıldığı üç adet kontrol noktası vardır. Bu noktalar boyahane, preshane de ve cam kanallarının üretildiği alanlardır. Üretim sırasındaki kontroller proses kalite kontrol birimi tarafından belirli periyotlarda makine yanlarında yapılmaktadır. Kontrol noktalarında tüm vardiya boyunca kontroller devam etmektedir. Makine yanlarında yapılan kontroller makineye ve üretilen ürüne bağlı olarak değişiklik gösterse de ortalama her saat başında, belirlenen ürün adetleri kadar ürünün kontrolü yapılmaktadır. Gelen malzemeye yapılan uygulamalar ve giriş kalite kontrolleri, proses kalite kontrolleri ve sevkiyat kontrollerini tanımlamaktır. Ürün yapısındaki, tüm hammadde ve yarı mamuller ile bitmiş ürünleri kapsar.

Bu çalışmada, otomotiv yan sanayinde faaliyet gösteren işletmenin 2016 yılına ait on iki aylık çalışma periyodunda üretimi yapılan parçalar takip edilmiş, haftalık olarak örneklem alınarak kusurlu parça oranları, merkezi çizgi, alt ve üst kontrol sınırları hesaplanarak ve p kontrol grafikleri ile kusurlu parça üretiminin sebeplerinin tespit edilebilmesi hedeflenmiştir. İşletme sipariş üzerine çalıştığı için üretim yılı içerisinde bazı haftalarda üretim yapılmamıştır. Bu nedenle kontrol grafiklerinde boş olan kısımlar üretimin yapılmadığı haftalara denk gelmektedir. Siparişin olmadığı zaman diliminden sonra alınan siparişlerden sonra üretime geçiş zamanında ekipmanda kalibrasyonun yapılmadığı görülmüştür. Bu nedenle üretime geçiş noktalarında meydana gelen hatalı parçalar re-work yapılarak tekrar kullanılabilir hale getirilmektedir. Yeniden işleme özelliği olmayan ve kusurlu ürünler hurdaya ayrılmaktadır. İşletme daha çok manuel makineleri kullanmakla birlikte otomatik olarak çalışan makinelerle üretim yapmaktadır.

Çalışmada yirmi dört adet ürünün p kontrol grafiği hesaplanmıştır. Üretimi yapılan bu ürünler temelde aynı ürün olup, proje kodları farklıdır. Proje kodları aynı özelliği taşıyan ancak farklı araçlara üretilen aynı ürünleri ayırmak için kullanılan kodlamalardır. Ancak bu çalışmada sadece üretilen üç temel ürünün sonuçları verilmiş ve değerlendirilmesi yapılmıştır.

- *Division Bar Parçası:* Sabit camla hareketli camı ayıran bir görünüm parçasıdır.



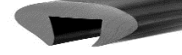
Şekil 1 Division bar parçası

- *Braket Retainer Parçası:* Division barın kapının içinde kalan uzantısıdır. Camın aşağı yukarı hareketini sağlayan bir kızıktır. Bu ürün cam kızığı olarak da tanımlanmaktadır.



Şekil 2 Braket retainer parçası

- *Cam Kanalı:* Araçlarda ön, yan ve arka camlar bulunmaktadır. Yan camlar sabitlenebilir ya da yükseltilmiş ve alçaltılmış bir düğme yardımı ile açılabilir. Araba camlarının çoğunluğunu tutan parçaya cam kanalı denir.



Şekil 3 Cam kanalı

III. HESAPLANAN P KONTROL GRAFİKLERİ

Hesaplamaları ek 1'de verilen "V362 Division Bar Sağ" grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %1,62'dir. 1., 2., 3., 10., 12., 18. ve 22. haftalarda hatalı oran UCL (ÜKS)'yi aştığı için üretim kontrol altında değildir. Yapılan araştırmalara göre bu hataların çoğunluğu; partikül, toz, kir açma, çökme, delik, deformasyon problemleri (Eğik, Ezik, Kırık, İz, Çizik) ve hurdadan kaynaklanmıştır. 13., 15., 17., 20., 21., 37., 38., 40., 41., 42., 43. ve 44. haftalarda ise hatalı oran LCL (AKS)'nin altına düşmüştür, yani üretim hata oranları düşmüştür ve bu oranlar düzenli bir dağılım göstermiştir. Buda kalitede iyileşme olduğunu gösterir. Bu iyileşmenin sebepleri de araştırılmalı, çünkü düşüşe neden olan başka bir dönem kusurlu oranın artmasını sağlayabilir. Grafiğe baktığımızda 8. haftada kontrol limitleri uygun seviyededir, 9. haftada üretim yapılmamıştır ve 10. haftada hata oranı en yüksek seviyeye çıkmıştır. Üretimin yapılmadığı dönemden üretim dönemine geçişte makine kalibrasyonlarının yapılmadığından hurda oranında artış olmaktadır.

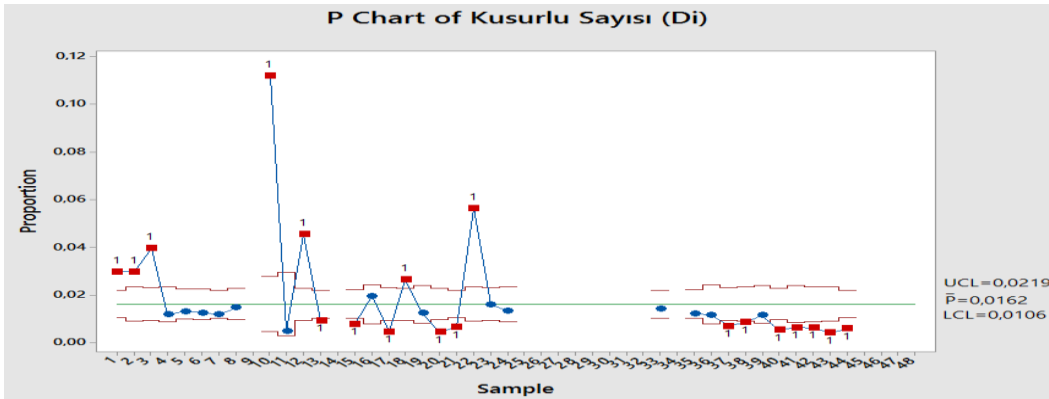
Hesaplamaları ek 2'de verilen "V362 Division Bar Sol" grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %1,94'tür. 1., 2., 5., 7., 10., 13., ve 19. haftalarda hatalı oran UCL (ÜKS)'nin dışına çıktığı için süreç kontrol dışındadır. Yapılan araştırmalara göre bu hataların çoğunluğu; açma, çökme, delik, boya almamış bölge ve hurdadan kaynaklanmıştır. 12., 17., 21., 22., 23., 24., 35., 37., 40., 41., 43. ve 44. haftalarda ise hatalı oran LCL (AKS)'nin altına inmiştir. Bu durum hata oranının düştüğünü sürecin kontrol altında olduğunu göstermektedir. Ancak hata oranının düşme nedeninin takip edilmesi, aynı nedenlerin özel neden olarak sürecin kontrol dışına çıkmasına sebep olacağı unutulmamalıdır.

Hesaplamaları ek 9'da verilen "V362 Braket Retainer Sağ" grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %0,44'tür. 1., 5., 8., 19., 21. ve 23. haftalarda hatalı oran UCL (ÜKS)'yi aştığı için üretim kontrol altında değildir. Yapılan araştırmalara göre bu hataların çoğunluğu; deformasyon problemleri (Eğik, Ezik, Kırık, İz, Çizik) çapak ve görünüm hataları ve hurdadan kaynaklanmıştır. 15., 24., 26., 27., 28., 32., 35. ve 45. haftalarda ise hatalı oran LCL (AKS)'nin altına inmiştir.

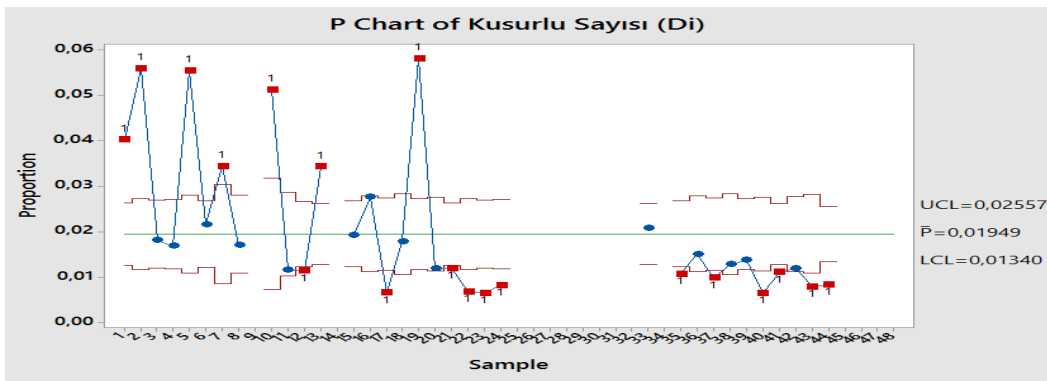
TABLO 1

V362 DIVISION BAR SAĞ PARÇASININ YILLIK P KONTROL VERİLERİ

V362 Division Bar Sağ Parçasının Yıllık P Kontrol Grafiği					
Örneklem No (Haftalar)	Örneklem Büyüklüğü(ni)	Kusurlu Sayısı (Di)	Kusurlu Oranı(pi)	ÜKL	AKL
1	4395	131	0,03	0,02	0,01
2	2854	85	0,03	0,02	0,01
3	3054	121	0,04	0,02	0,01
4	2698	32	0,01	0,02	0,01
5	3578	47	0,01	0,02	0,01
6	3435	43	0,01	0,02	0,01
7	4234	50	0,01	0,02	0,01
8	3245	48	0,01	0,02	0,01
9					
10	1089	122	0,11	0,03	0,00
11	815	4	0,00	0,03	0,00
12	3209	146	0,05	0,02	0,01
13	4104	38	0,01	0,02	0,01
14					
15	3945	31	0,01	0,02	0,01
16	2140	42	0,02	0,02	0,01
17	2975	14	0,00	0,02	0,01
18	3214	85	0,03	0,02	0,01
19	2332	29	0,01	0,02	0,01
20	3359	15	0,00	0,02	0,01
21	4395	29	0,01	0,02	0,01
22	2854	161	0,06	0,02	0,01
23	3054	49	0,02	0,02	0,01
24	2698	36	0,01	0,02	0,01
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33	4104	58	0,01	0,02	0,01
34					
35	3945	48	0,01	0,02	0,01
36	2140	25	0,01	0,02	0,01
37	2975	21	0,01	0,02	0,01
38	2795	24	0,01	0,02	0,01
39	2332	27	0,01	0,02	0,01
40	3359	18	0,01	0,02	0,01
41	2349	15	0,01	0,02	0,01
42	2682	17	0,01	0,02	0,01
43	2817	12	0,00	0,02	0,01
44	4527	27	0,01	0,02	0,01
45					
46					
47					
48					
Toplam	101701	1650			
\bar{p}_{yillik}			0,0162		



Şekil. 4. V362 Division bar sağ parçasının yıllık p kontrol grafiği



Şekil. 5. V362 Division bar sol parçasının yıllık p kontrol grafiği

TABLO 2

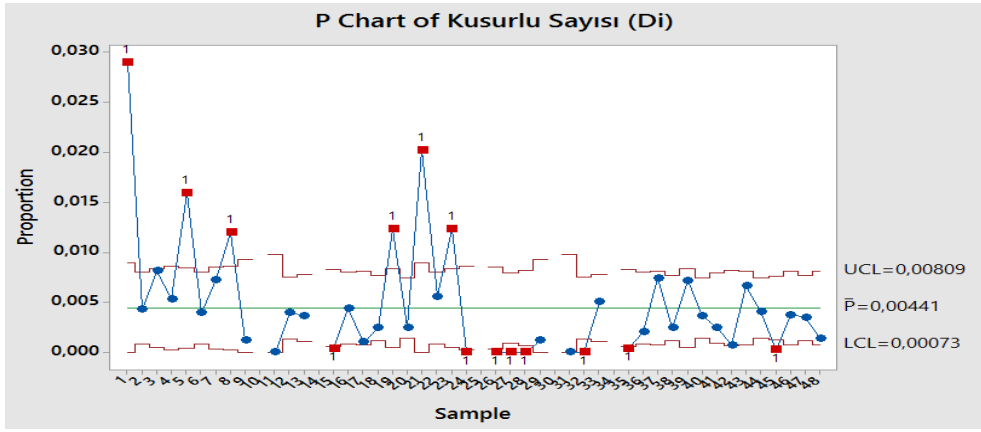
V362 DIVISION BAR SOL PARÇASININ YILLIK P KONTROL VERİLERİ

V362 Division Bar Sol Parçasının Yıllık P Kontrol Grafiği					
Örneklem No (Haftalar)	Örneklem Büyüklüğü(ni)	Kusurlu Sayısı (Di)	Kusurlu Oranı(pi)	ÜKL	AKL
1	3603	145	0,04	0,03	0,01
2	2790	156	0,06	0,03	0,01
3	3088	56	0,02	0,03	0,01
4	2912	49	0,02	0,03	0,01
5	2345	130	0,06	0,03	0,01
6	3244	70	0,02	0,03	0,01
7	1455	50	0,03	0,03	0,01
8	2346	40	0,02	0,03	0,01
9					
10	1151	59	0,05	0,03	0,01
11	2059	24	0,01	0,03	0,01
12	3326	38	0,01	0,03	0,01
13	3759	129	0,03	0,03	0,01
14					
15	3263	63	0,02	0,03	0,01
16	2462	68	0,03	0,03	0,01
17	2742	18	0,01	0,03	0,01
18	2185	39	0,02	0,03	0,01
19	2841	165	0,06	0,03	0,01
20	2619	31	0,01	0,03	0,01
21	3603	43	0,01	0,03	0,01
22	2790	19	0,01	0,03	0,01
23	3088	20	0,01	0,03	0,01
24	2912	24	0,01	0,03	0,01
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33	3759	78	0,02	0,03	0,01
34					
35	3263	35	0,01	0,03	0,01
36	2462	37	0,02	0,03	0,01
37	2742	27	0,01	0,03	0,01
38	2185	28	0,01	0,03	0,01
39	2841	39	0,01	0,03	0,01
40	2619	17	0,01	0,03	0,01
41	3792	42	0,01	0,03	0,01
42	2517	30	0,01	0,03	0,01
43	2293	18	0,01	0,03	0,01
44	4649	39	0,01	0,03	0,01
45					
46					
47					
48					
Toplam	93705	1826			
$\bar{p}_{yillik} =$	0,01949				

TABLO 3

V362 BRAKET RETAINER SAĞ PARÇASININ YILLIK P KONTROL VERİLERİ

V362 Braket Retainer Sağ Parçasının Yıllık P Kontrol Grafiği					
Örneklem No (Haftalar)	Örneklem Büyüklüğü(ni)	Kusurlu Sayısı (Di)	Kusurlu Oranı(pi)	ÜKL	AKL
1	1932	56	0,03	0,01	0,00
2	3050	13	0,00	0,01	0,00
3	2593	21	0,01	0,01	0,00
4	2260	12	0,01	0,01	0,00
5	2445	39	0,02	0,01	0,00
6	3050	12	0,00	0,01	0,00
7	2352	17	0,01	0,01	0,00
8	2260	27	0,01	0,01	0,00
9	1692	2	0,00	0,01	0,00
10					
11	1380	0	0,00	0,01	0,00
12	4082	16	0,00	0,01	0,00
13	3588	13	0,00	0,01	0,00
14					
15	2681	1	0,00	0,01	0,00
16	2990	13	0,00	0,01	0,00
17	2975	3	0,00	0,01	0,00
18	3739	9	0,00	0,01	0,00
19	2519	31	0,01	0,01	0,00
20	4427	11	0,00	0,01	0,00
21	1932	39	0,02	0,01	0,00
22	3050	17	0,01	0,01	0,00
23	2593	32	0,01	0,01	0,00
24	2260	0	0,00	0,01	0,00
25					
26	2334	0	0,00	0,01	0,00
27	3264	0	0,00	0,01	0,00
28	2802	0	0,00	0,01	0,00
29	1692	2	0,00	0,01	0,00
30					
31	1380	0	0,00	0,01	0,00
32	4082	0	0,00	0,01	0,00
33	3588	18	0,01	0,01	0,00
34					
35	2681	1	0,00	0,01	0,00
36	2990	6	0,00	0,01	0,00
37	2975	22	0,01	0,01	0,00
38	3739	9	0,00	0,01	0,00
39	2519	18	0,01	0,01	0,00
40	4427	16	0,00	0,01	0,00
41	3233	8	0,00	0,01	0,00
42	2826	2	0,00	0,01	0,00
43	2881	19	0,01	0,01	0,00
44	4453	18	0,00	0,01	0,00
45	3875	1	0,00	0,01	0,00
46	2944	11	0,00	0,01	0,00
47	3751	13	0,00	0,01	0,00
48	2919	4	0,00	0,01	0,00
Toplam	125205	552			
$\bar{p}_{yillik} =$	0,00441				

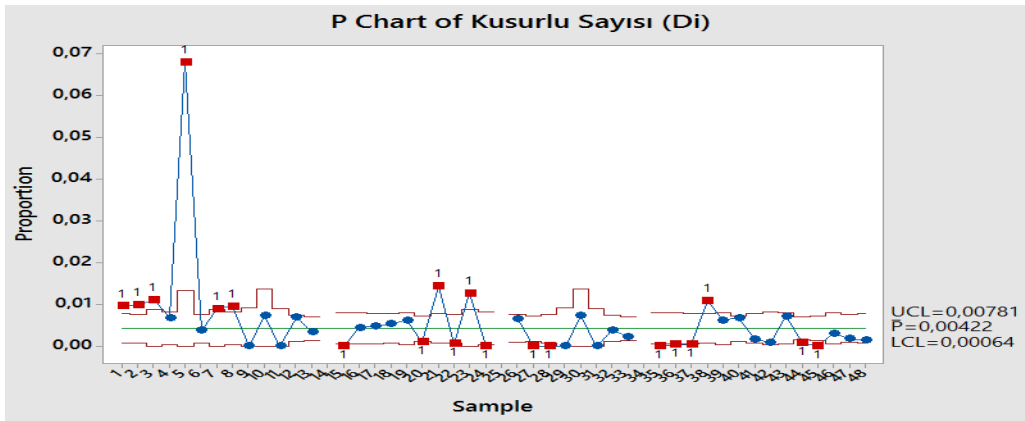


Şekil. 6. V362 Braket Retainer sağ parçasının yıllık p kontrol grafiği

TABLO 4

V362 BRAKET RETAINER SOL PARÇASININ YILLIK P KONTROL VERİLERİ

V362 Braket Retainer Sol Parçasının Yıllık P Kontrol Grafiği					
Örneklem No (Haftalar)	Örneklem Büyüklüğü (ni)	Kusurlu Sayısı (Di)	Kusurlu Oranı (pi)	ÜKL	AKL
1	3136	30	0,01	0,01	0,00
2	3254	32	0,01	0,01	0,00
3	1899	21	0,01	0,01	0,00
4	2514	17	0,01	0,01	0,00
5	456	31	0,07	0,01	0,00
6	3254	12	0,00	0,01	0,00
7	1899	17	0,01	0,01	0,00
8	2514	24	0,01	0,01	0,00
9	1581	0	0,00	0,01	0,00
10	415	3	0,01	0,01	-0,01
11	1723	0	0,00	0,01	0,00
12	3914	27	0,01	0,01	0,00
13	4611	16	0,00	0,01	0,00
14					
15	2802	0	0,00	0,01	0,00
16	2717	12	0,00	0,01	0,00
17	2887	14	0,00	0,01	0,00
18	3022	16	0,01	0,01	0,00
19	2574	16	0,01	0,01	0,00
20	4165	4	0,00	0,01	0,00
21	3136	45	0,01	0,01	0,00
22	3254	2	0,00	0,01	0,00
23	1899	24	0,01	0,01	0,00
24	2514	0	0,00	0,01	0,00
25					
26	3416	22	0,01	0,01	0,00
27	4118	0	0,00	0,01	0,00
28	3208	0	0,00	0,01	0,00
29	1581	0	0,00	0,01	0,00
30	415	3	0,01	0,01	-0,01
31	1723	0	0,00	0,01	0,00
32	3914	15	0,00	0,01	0,00
33	4611	10	0,00	0,01	0,00
34					
35	2802	0	0,00	0,01	0,00
36	2717	1	0,00	0,01	0,00
37	2887	1	0,00	0,01	0,00
38	3022	33	0,01	0,01	0,00
39	2574	16	0,01	0,01	0,00
40	4165	28	0,01	0,01	0,00
41	2982	5	0,00	0,01	0,00
42	2499	2	0,00	0,01	0,00
43	2660	19	0,01	0,01	0,00
44	5066	4	0,00	0,01	0,00
45	4461	0	0,00	0,01	0,00
46	2668	8	0,00	0,01	0,00
47	3334	6	0,00	0,01	0,00
48	2944	4	0,00	0,01	0,00
Toplam	127907	540			
$\bar{p}_{yillik} =$		0,00422			



Şekil. 7. V362 Braket Retainer sol parçasının yıllık p kontrol grafiği

Hesaplamaları ek 10'da verilen "V362 Braket Retainer Sol" grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %0,42'dir. 1., 2., 3., 5., 7., 8., 21., 23. ve 38. haftalarda hatalı oran UCL (ÜKS)'yi aştığı için üretim kontrol altında değildir. Yapılana araştırmalara göre bu hataların çoğunluğu; açma, çökme, delik, deformasyon problemleri (Eğik, Ezik, Kırık, İz, Çizik) ve hurdadan kaynaklanmıştır. 15., 20., 22., 24., 27., 28., 35., 36., 37., 44. ve 45. haftalarda ise hatalı oran LCL (AKS)'nin altına inmiştir.

Hesaplamaları ek 19'da verilen "V362 Cam Kanalı Sağ" grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %0,73'tür. 17., 23., 28., 32., 33., 35., 37. ve 48. haftalarda hatalı oran UCL (ÜKS)'yi aştığı için üretim kontrol altında değildir. Yapılan araştırmalara

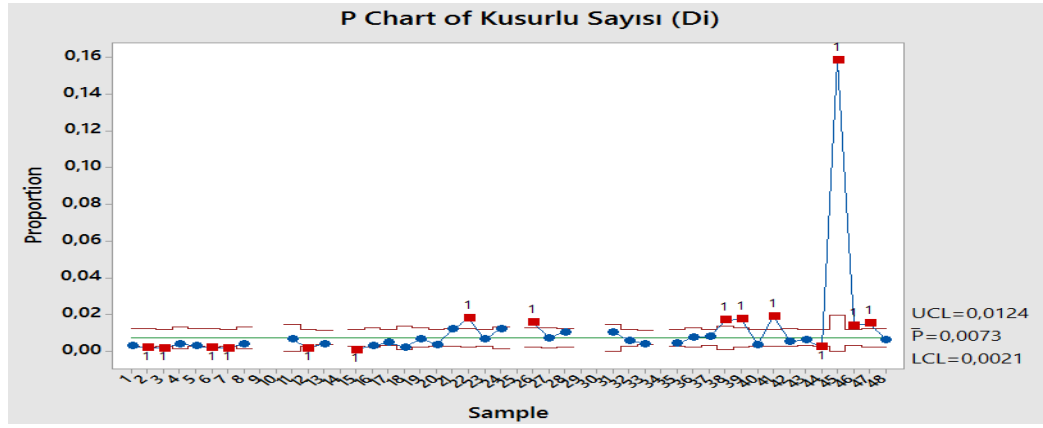
göre bu hataların çoğunluğu; deformasyon problemleri (Eğik, Ezik, Kırık, İz, Çizik) ve hurdadan kaynaklanmıştır. 1., 4., 5., 8., 12. ve 16. haftalarda ise hatalı oran LCL (AKS)'nin altına inmiştir.

Hesaplamaları ek 20'de verilen "V362 Cam Kanalı Sol" grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %0,86'dır. 18., 21., 22., 26., 27., 28., 36., 38., 43., 44. ve 45. haftalarda hatalı oran UCL (ÜKS)'yi aştığı için üretim kontrol altında değildir. Yaptığımız araştırmalara göre bu hataların çoğunluğu; partikül, toz ve kir, deformasyon problemleri (Eğik, Ezik, Kırık, İz, Çizik), hammadde görünüm hataları ve hurdadan kaynaklanmıştır. 1., 2., 4., 5., 6., 8., 12., 15., 16., 19., 20., 39., 40. ve 42. haftalarda ise hatalı oran LCL (AKS)'yi aşmıştır.

TABLO 5

V362 CAM KANALI SAĞ PARÇASININ YILLIK P KONTROL VERİLERİ

V362 Cam Kanalı Sağ Parçasının Yıllık P Kontrol Grafiği					
Örnekleme No (Haftalar)	Örnekleme Büyüklüğü (ni)	Kusurlu Sayısı (Di)	Kusurlu Oranı (pi)	ÜKL	AKL
1	2836	8	0,00	0,01	0,00
2	2640	5	0,00	0,01	0,00
3	2988	5	0,00	0,01	0,00
4	1818	7	0,00	0,01	0,00
5	2836	8	0,00	0,01	0,00
6	2640	5	0,00	0,01	0,00
7	2988	5	0,00	0,01	0,00
8	1818	7	0,00	0,01	0,00
9					
10					
11	1254	8	0,01	0,01	0,00
12	3166	5	0,00	0,01	0,00
13	4211	16	0,00	0,01	0,00
14					
15	2981	2	0,00	0,01	0,00
16	2280	7	0,00	0,01	0,00
17	3473	16	0,00	0,01	0,00
18	1530	3	0,00	0,01	0,00
19	2288	15	0,01	0,01	0,00
20	2970	10	0,00	0,01	0,00
21	2836	34	0,01	0,01	0,00
22	2640	47	0,02	0,01	0,00
23	2988	19	0,01	0,01	0,00
24	1818	22	0,01	0,01	0,00
25					
26	2332	37	0,02	0,01	0,00
27	2242	16	0,01	0,01	0,00
28	2510	26	0,01	0,01	0,00
29					
30					
31	1254	13	0,01	0,01	0,00
32	3166	18	0,01	0,01	0,00
33	4211	16	0,00	0,01	0,00
34					
35	2981	12	0,00	0,01	0,00
36	2280	17	0,01	0,01	0,00
37	3473	27	0,01	0,01	0,00
38	1530	26	0,02	0,01	0,00
39	2288	40	0,02	0,01	0,00
40	2970	10	0,00	0,01	0,00
41	3168	60	0,02	0,01	0,00
42	2904	15	0,01	0,01	0,00
43	3426	20	0,01	0,01	0,00
44	3234	7	0,00	0,01	0,00
45	429	68	0,16	0,02	0,01
46	3564	50	0,01	0,01	0,00
47	2507	38	0,02	0,01	0,00
48	2471	15	0,01	0,01	0,00
Toplam	107939	785			
	$\bar{P}_{yütlük} =$	0,0073			

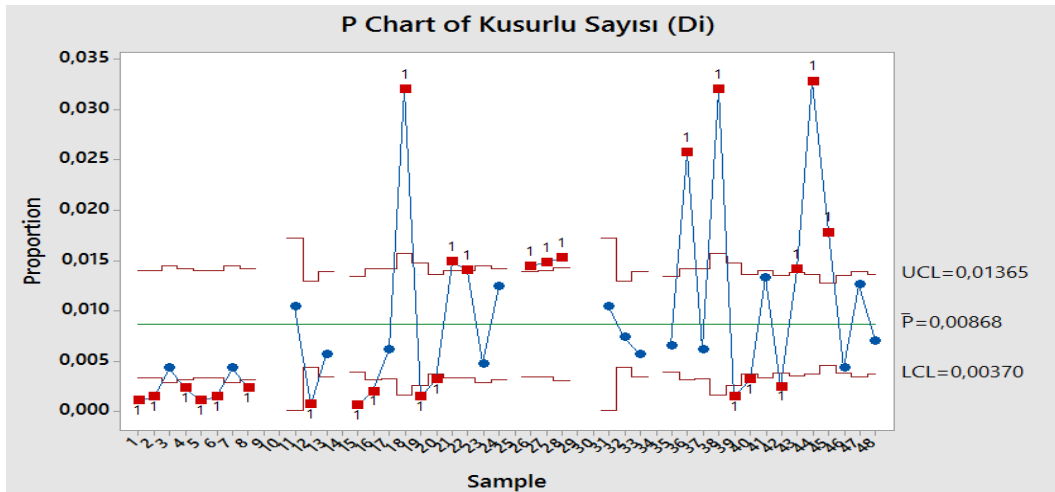


Şekil. 8. V362 Cam kanalı sağ parçasının yıllık p kontrol grafiği

TABLO 6

V362 CAM KANALI SOL PARÇASININ YILLIK P KONTROL VERİLERİ

V362 Cam Kanalı Sol Parçasının Yıllık P Kontrol Grafiği					
Örneklem No (Haftalar)	Örneklem Büyüklüğü(ni)	Kusurlu Sayısı (Di)	Kusurlu Oranı(pi)	ÜKL	AKL
1	2753	3	0,00	0,01	0,00
2	2706	4	0,00	0,01	0,00
3	2316	10	0,00	0,01	0,00
4	2570	6	0,00	0,01	0,00
5	2753	3	0,00	0,01	0,00
6	2706	4	0,00	0,01	0,00
7	2316	10	0,00	0,01	0,00
8	2570	6	0,00	0,01	0,00
9					
10					
11	1056	11	0,01	0,02	0,00
12	4224	3	0,00	0,01	0,00
13	2838	16	0,01	0,01	0,00
14					
15	3360	2	0,00	0,01	0,00
16	2528	5	0,00	0,01	0,00
17	2589	16	0,01	0,01	0,00
18	1563	50	0,03	0,02	0,00
19	2084	3	0,00	0,01	0,00
20	3168	10	0,00	0,01	0,00
21	2753	41	0,01	0,01	0,00
22	2706	38	0,01	0,01	0,00
23	2316	11	0,00	0,01	0,00
24	2570	32	0,01	0,01	0,00
25					
26	2838	41	0,01	0,01	0,00
27	2772	41	0,01	0,01	0,00
28	2422	37	0,02	0,01	0,00
29					
30					
31	1056	11	0,01	0,02	0,00
32	4224	31	0,01	0,01	0,00
33	2838	16	0,01	0,01	0,00
34					
35	3360	22	0,01	0,01	0,00
36	2528	65	0,03	0,01	0,00
37	2589	16	0,01	0,01	0,00
38	1563	50	0,03	0,02	0,00
39	2084	3	0,00	0,01	0,00
40	3168	10	0,00	0,01	0,00
41	2706	36	0,01	0,01	0,00
42	3234	8	0,00	0,01	0,00
43	2904	41	0,01	0,01	0,00
44	3168	104	0,03	0,01	0,00
45	4554	81	0,02	0,01	0,00
46	3248	14	0,00	0,01	0,00
47	2863	36	0,01	0,01	0,00
48	3129	22	0,01	0,01	0,00
Toplam	111693	969			
$\bar{P}_{yillik} =$		0,00868			



Şekil.9. V362 Cam kanalı sol parçasının yıllık p kontrol grafiği

IV. SONUÇ

Otomotiv sanayisi hem dünyada hem de Türkiye’de giderek gelişen ülke ekonomilerine önemli ölçüde katma değer kazandıran bir sektör haline gelmiştir. Küresel ekonominin hâkim olduğu günümüzde rekabetin sınır tanımadığı pazar payını kaybetmek istemeyen veya payını artırmak isteyen işletmeler, piyasayı oluşturan aktörlerden gelen talepleri karşılamak için yoğun emek harcamaktadırlar. Küresel rekabet hızla artarken, buna bağlı olarak kalite, verimlilik, etkin kaynak kullanımı, organizasyon yapısı, ana ve yan sanayi arasındaki iş birliğinin bir kat daha önem kazanmasına sebep olmaktadır.

Bu kapsamda yapılan çalışmada, otomotiv ana ve yan sanayide faaliyet gösteren işletmelerde ürün ve süreç kalitesinin ne kadar önemli olduğunu, müşteri isteklerini karşılamının ve birim maliyeti düşürmenin yolunun kalite sağlama maliyetlerini düşürmekten geçtiğini ve prosesin devamlı kontrol altında tutulması gerektiğini p kontrol grafikleri ile elde edilen sonuçlar göstermiştir.

Çalışmada verilerini kullandığımız firma, hizmet verdiği otomotiv yan sanayide rekabet gücünü arttırmak ve sahip olduğu pazar payını korumak için müşterileri tatmin edecek düzeyde kaliteli ürün üretmek zorundadır. Kaliteli ürün üretirken aynı zamanda birim maliyeti de askari düzeye indirmesi gerekir. Kusurlu ve hurda olarak üretilen ürünler işletmenin mali yapısını olumsuz yönde etkilemektedir.

Firmanın 2016 yılına ait on iki aylık periyodunda üretilen ürünler incelendiğinde kusurlu parça oranlarının yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Üç temel parçanın hem sağ hem de sol tarafı olmak üzere yıllık üretilen parça sayısı olan 668 150 adet 6322 adedi kusurlu ürün olarak tespit edilmiştir. V362 Cam Kanalı Sağ” grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %0,73’tür. V362 Cam Kanalı Sol” grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %0,86’dır. “V362 Braket Retainer Sol” grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %0,42’dır. V362 Braket Retainer Sağ” grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %0,44’tür. V362 Division Bar Sağ” grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %1,62’dır. V362 Division Bar Sol” grafiğinde, kusurlu parça sayısı ortalama %1,94 olarak hesaplanmıştır. En fazla kusurlu ürün division bar paraçasında, en az kusurlu ürün ise braket retainer parçasında görülmüştür. Bunun nedeni ise işgücü ve manuel makine kullanımı, üretim araları ve işletme temizliğidir. Özellikle division bar üretiminde verilen üretim arası kusurlu ürün oranını artırmıştır. Toplam 48 haftanın 15 haftası üretim yapılmadan geçilmiştir. Bu durum işgücü değişimine sebep vermiş ve ilk siparişle yapılan ürünlerde kusurluluk oranı artmıştır.

Bunun yanında işletmede kullanılan makinelerin çoğu manuel olarak çalışmaktadır. İşgücü hataları ve bilgi eksikliği ve tecrübesiz operatörler makine ayarlarını iyi yapamadıkları için hurda ya da hatalı

parçalar üretilmektedir. Kusurlu ürün oranını etkileyen bir diğer etken de boyahane bölümden çıkan ürünlerin boyamadan kaynaklı kusurların olmasıdır. Hurda olarak çıkan parçaların tekrar işleme maliyetleri birim maliyetleri artıyor olması, işletmenin rekabet edebilirliğini düşürmektedir.

Bir yıllık üretim süreci içinde kusurlu veya hurda parçaların oranını düşürmek veya önlemek için iyileştirme çalışmaları tüm ürünleri kapsayacak şekilde yapılması gerekmektedir. İşletmenin teknolojik yapıya geçmesi, çalışanların süreç ve ekipmanlar konusunda eğitmesi, katılımcı bir yaklaşım göstermesi, uygulamalar gerçekleştirilerek denetlenmesi ve süreklilik sağlanması gerekmektedir.

İşletmeler rekabet ortamında sürdürülebilir olabilmeleri için bu çalışmaları sadece işletme içi değil hammadde ve yarı mamul tedarik edilen yan sanayi konumundaki firmalardan da talep etmelidirler.

KAYNAKLAR

- [1]. Otomotiv Sanayi 2015 Yılı Küresel Değerlendirme Raporu” ,2016
- [2]. GRANT Eugene L. & LEAVENWORTH Richard S., Statistical Quality Control (7th Edition). McGraw-Hill, New York.,USA 1999; 7).
- [3]. Özdemir, A. İstatistiksel Süreç Kontrolü İle Otomotiv Yan Sanayindeki Problemlerin Çözümü. İstanbul: 2013)
- [4]. Özkale, Mahmude Revan. İstatistiksel Kalite Kontrol Yöntemleri ve Uygulamalar. Adana: 2004)

A review of the studies mapping Industry 4.0 implementations

Alptekin Durmusoglu, Yavuz Kahraman

Department of Industrial Engineering, Gaziantep University, Gaziantep, Turkey

durmusoglu@gantep.edu.tr, ykahraman@gantep.edu.tr

Abstract— Industry takes on new forms in recent years with the development of new technologies such as Internet of Things (IoT), Industrial Internet, Cloud Technology, Big Data etc. These changes in industry have added the term “Industry 4.0”, which is so called fourth industrial revolution, in our lives. Industry 4.0 is also become one of the most frequently discussed research field among a fast growing number of research centers, universities, companies. Studies on Industry 4.0 is showing a steady increase. In current literature, reviews on Industry 4.0 are taken in a general concept but a comprehensive study on Industry 4.0 implementation concepts (i.e. there is a still lack of common accepted standards, software, and hardware) is still insufficient. Due to this fact, a comprehensive concept for Industry 4.0 implementation is proposed in this paper. This study is conducted by focusing on both especially Industry 4.0 implementation studies and key technologies (e.g. Cyber-Physical Systems, Cloud Manufacturing, Internet of Things, Smart Factory, etc.) based on Industry 4.0 implementation studies.

Keywords— Industry 4.0; Smart Manufacturing; Smart Factory; Cyber Physical System; Cloud Manufacturing; Internet of Things

I. INTRODUCTION

Development in Information and Communication Technology (ICT) has provided to the emergence of positive industrial innovations. Parallel to these developments, production/manufacturing systems have progressively improved. The term “Industry 4.0”, fourth industrial revolution, can be given an example of these progressive improvements. Three industrial revolutions which are the basics of Industry 4.0 had been realized before fourth industrial revolution emergence. Towards to the mid 18th century, the first industrial revolution was the introduction of mechanical production facilities starting and becoming common through the entire 19th century. From the 1870s on, intensive use of electrical energy and the partition of manpower caused to the second industrial revolution. The third industrial revolution, digitization is started with this revolution, set in around the 1970s, when advanced electronics and information technology developed further the automation of production processes. Figure 1 shows these four industrial revolutions.

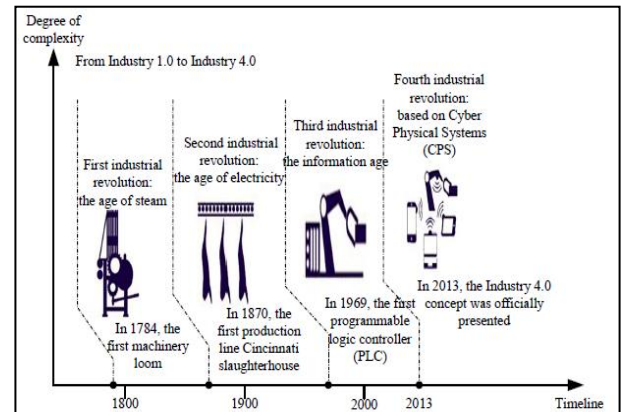


Fig. 1 Industrial Revolution [1]

The concept of Industry 4.0 is a strategic initiative of the German economy that was adopted as part of the “High-Tech Strategy 2020 Action Plan” in 2011 [2]. Industry 4.0 is a complex and flexible system involving digital manufacturing technology, network communication technology, computer technology, automation technology and many other areas. A formal definition of Industry 4.0 is defined in [3] as follows: “Industry 4.0 will involve the technical integration of CPS into manufacturing and logistics and the use of the Internet of Things and Services in industrial processes”. Definition of industry 4.0 has become one of the most frequently discussed topic of many manufacturing conferences, forums and exhibitions in recent years. Researchers are provided answers based on their own research interests. Based on their research interests, it can be found that most of them focused on reviewing or surveying a domain specific research topic such as cloud technologies, industrial wireless networks, standards, integration technologies, virtual engineering, information systems, company strategies, lifecycle models, computing technologies, agent-based technologies [4]. It can be understood or found models about how to implement Industry 4.0 from whole these studies but a literature review study on Industry 4.0 implementation model is not conducted. In this paper, it is aimed to provide a reference source describing what are the current Industry 4.0 implementation concepts (architectures).

This paper is organized as follows. In section 2, search method of this review is presented. Section 3 explains the basic components of Industry 4.0. Section 4 gives details about Industry 4.0 implementation concept studies. Section

5, last section of the paper, concludes the study and involves suggestion for future directions.

II. SEARCH METHOD

The steps taken during literature searching are as follows: a) Determination of keywords to search; most relevant keywords determined in [5] is used. These keywords are Cyber-Physical Systems (CPS), Internet of Things (IoT), Internet of Services (IoS), and Smart Factory. b) Manual search for these keywords in Google Scholar and Web of Science platform; Searching process is performed for each of the keywords in these two platforms. c) Determination of criteria to be included to determine what to select from the articles found; three criteria are determined and these three criteria are concepts/perspectives of Industry 4.0 implementation related studies, CPS-based Industry 4.0 related studies, and applications of Industry 4.0 implementation related studies. Following these three criteria, the studies without structural concept is eliminated. d) Analysis of studies to be focused on according to the determined criteria; selected studies are analyzed in detail. Industry 4.0 concepts are structurally investigated. e) Determination of Industry 4.0 implementation concepts and their explanations; frequently encountered methods, instructions, frameworks in studies discussing the realization of Industry 4.0 implementation applications have been taken into account in the analyzes carried out. As a consequence of these steps, 46 articles suitable for the purpose of this study have been analyzed.

III. COMPONENTS OF INDUSTRY 4.0

A. *Cyber-Physical Systems (CPS)*

An important component of Industry 4.0 is the merging of the physical and digital worlds by setting up global networks that incorporate machinery, warehousing systems, and production facilities in a production system [6]. Embedded computers and networks track and check the physical processes. The development of CPS is characterized by three phases. Identification technologies, like RFID tags, are used for first generation of CPS. The second generation of CPS is fitted with sensors and actuators using limited number of functions. In third generation of CPS, data can be stored and analyzed by making use of multiple sensors, actuator, coherent network [7]. Further information for CPS, see paper [11].

B. *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) permit things and objects to connect with each other and collaborate with neighboring smart devices or components to achieve common goal [8]. In terms of Internet of Things (IoT), things and objects refer to technical parts of CPS such as RFID, sensors, actuator, smart machines, mobile phones etc. IoT application examples are smart factories, smart homes, smart grids.

C. *Internet of Services (IoS)*

Internet of Services (IoS) provide an opportunity for service vendors to offer their services via the internet. Participants, services infrastructure, business models, and services themselves constitute the IoS. Development in IOS brings innovation to a new way of dynamic variation of the distribution of individual value chain activities [9].

D. *Smart Factory*

Smart factory is defined as a factory that can do its tasks autonomously and intelligently. Processes in a smart factory is realized by systems running in background, named Calm-systems and context aware means that the system can take into consideration context information like the position and status of an object. These systems complete successfully their tasks in accordance with information coming from cyber and physical world. Information of the physical world is e.g. position or condition of a tool, in contrast to information of the cyber world like electronic documents, drawings and simulation models [10].

IV. INDUSTRY 4.0 IMPLEMENTATION CONCEPTS

Conceptual studies based on Industry 4.0, smart manufacturing, CPS, and relevant papers were analyzed. These studies mainly contain what the difficulties are expected, and what strategies are required to realize Industry 4.0 vision. Some challenges will arise during Industry 4.0 implementation although Industry 4.0 brings new industrial solutions. The great challenges connected with implementing Industry 4.0 is identified as standardization, work organization, data exchange, training and skill development, security, process flexibility [9,11,13,14].

Industry 4.0 provides efficient communication and computerization in the industry. Having IT-based customer oriented production of manufactured products, making the production flexible and automatic, tracking parts and production, increasing the communication skills among products and machines, applying Human-Machine Interaction (HMI) paradigms, achieving IoT-enabled production optimization in smart factories, and providing new types of services and business models of interaction in the value chain are the goals of Industry 4.0 [12]. Industry 4.0 brings disruptive changes to the industry. In terms of goals of Industry 4.0, Industry 4.0 adds new features to industry such as flexibility, reduce lead times, customize with small batch sizes, and reduce costs. Optimal delivery of Industry 4.0's goals is possible by way of Dual Strategy [3]. The strategy incorporates three key features: i) horizontal integration, ii) digital end-to-end engineering, iii) vertical integration. This strategy allows manufacturing companies to achieve rapid, on-time, fault-free production at market prices in the context of a highly dynamic market. Applying the key features of Dual Strategy can be performed simultaneously. Dual Strategy is a concept that helps to implement Industry 4.0 in German manufacturing industry through the adoption of dual strategy comprising the deployment of CPS in manufacturing. Industry 4.0 can be realized through the cloud computing, big data, 3D printing,

smart sensors, as well as CPS, and a similar framework is established by Wang et al. [18] through a framework that supported vertical and horizontal integration of systems. Lee et al. defined 5C architecture for realizing a key technology of Industry 4.0 implementation which is CPS as smart connection level, data-to-information conversion level, cyber level, cognition level, and configuration level [16]. Reference Architecture Model Industry 4.0 (RAMI 4.0) is presented by BITCOM, VDMA, and ZWEI [17]. RAMI 4.0 is a 3D model that illustrates how to approach or helps to implement the issue of Industry 4.0 in a structured manner. RAMI 4.0 is a Service-Oriented Architecture (SOA) and combines all elements and information technology components in a layer and life cycle model. Fig. 2 shows RAMI 4.0.

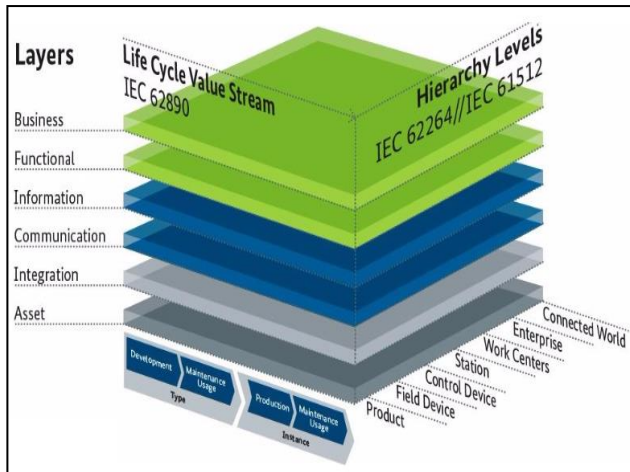


Fig. 2 Reference Architecture Model Industry 4.0 (RAMI 4.0)

Lucke et al. presented the process of realization of a smart factory as the steps of definition, challenge assignment recognition, realization technology acquisition, and functional architecture application [20]. The defined challenges are identification, localization, status knowledge, update of smart manufacturing system, support for different queries, integration of heterogeneous information, and real time characterized reaction. In the meantime, it is defined the realization technology as embedded systems, communication technology, automatic identification technologies, positioning technologies, federation platform, situation recognition, and sensor integration. It is suggested a model that applied a smart factory to the functional architecture of a manufacturing company. Choi et al. proposed a strategic plan and systematic design for the efficient implementation and application of the cyber factory [21].

Cyber-Physical System related studies based on Industry 4.0 implementation discuss the systems of collaborating computational entities which are in intensive connection with the surrounding physical world. CPS is a key technology for realizing Industry 4.0. Genge et al. proposed an experimental framework of CPS and this concept is composed of two layer; physical layer and cyber layer [19]. Physical layer is comprised of actuators, sensors, and

hardware devices. Cyber level is comprised of all information, communication devices, and software. Niggemann et al. presented cognitive reference architecture for the CPS in accordance with the data collection and analysis in real time through IoT and big data, and carried out case studies in various areas [22]. Similarly, a CPS model in connection with big data is suggested by Lee et al. [23]. Pisching et al. studied the service-composition of the cloud manufacturing linked to CPS and IoT under the concept of Industry 4.0 [15].

Many studies related with cloud manufacturing which is another key technology of Industry 4.0 implementation is carried out. But here are some studies directly related with Industry 4.0 implementation based on cloud manufacturing. Zhang et al. improved a model and composed a platform architecture for cloud manufacturing with resource layer, resource-perception layer, resource virtual access layer, manufacturing cloud core service layer, transmission network layer, and terminal application layer [24]. In [25], a framework of cloud manufacturing service system connected with IoT is presented and it is analyzed the correlations between each technology. Khan and Turowski proposed an approach from strategical to operational level for the implementation of Industry 4.0 [14]. This approach focuses on accomplish the goals of Industry 4.0 and pave the way for Industry 4.0. The approach consists of nine phases and is iterative in nature. The overall approach is depicted in Fig. 3. For further information, see [14].

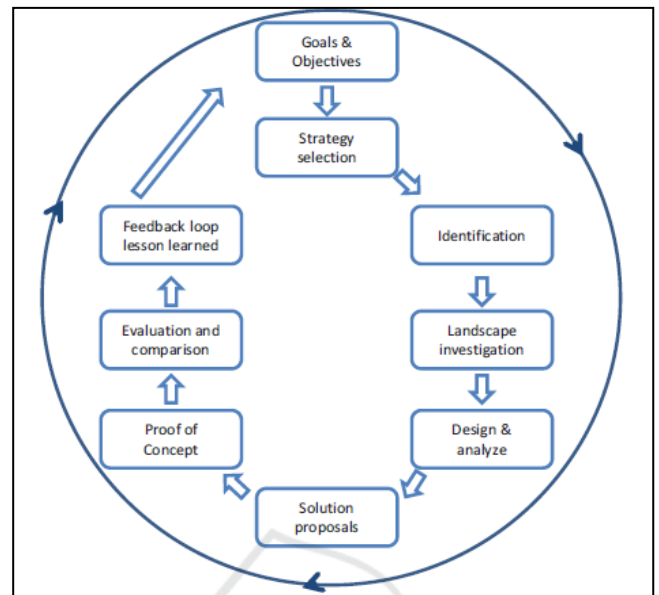


Fig. 3 Nine phase model

Industry 4.0 can be summarized as an integrated, adapted, optimized, service-oriented, and interoperable manufacturing process which is correlate with algorithms, big data, and high technologies. As it is understood from the definition of Industry 4.0, smart manufacturing and Industry 4.0 have a same definition because smart manufacturing is a fully integrated and collaborative manufacturing system that respond in real time to meet the changing demands and the

conditions in the factory, supply network, and customer needs [13]. A three-stage model (envision-enable-enact) [26] that systematically guides companies in their Industry 4.0 vision and strategy finding process. Fig. 4 shows the three-stage model for guiding companies in developing their own specific Industry 4.0 vision and roadmap. In envision stage, a company recognizes the general concepts of CPS, develops its own understanding and aligns general ideas with company specific objectives and customer needs. The aim of this stage is to reach an Industry 4.0 vision adapted to a company that considers the features of company environment and Industry. The enable stage is for developing main strategies for Industry 4.0 vision. Finally, the enact stage aims to transmit strategies into concrete projects. Further information about this model can be seen in [26].

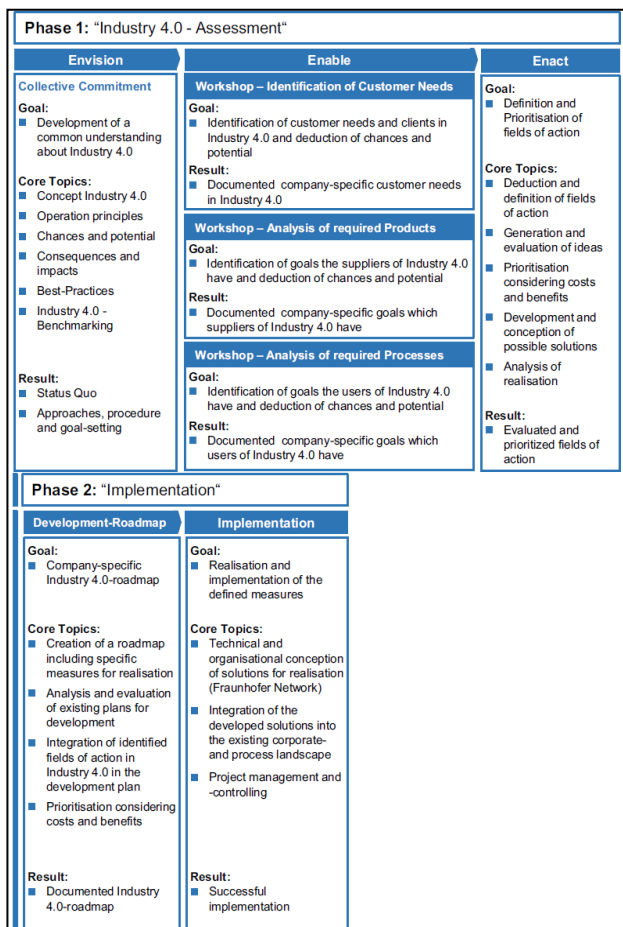


Fig. 4 Three-stage model

V. CONCLUSION AND FUTURE DIRECTIONS

This paper focuses on Industry 4.0 implementation studies and introduces common Industry 4.0 basics. Realization of Industry 4.0 is obviously ensured by either Industry 4.0 implementation projects or key technologies of Industry 4.0. This paper gives a base review about Industry 4.0 implementation studies and related concepts. Because there are many Industry 4.0 implementation concepts, it is

focused only on purpose of this study so that the study does not take too long. However, all Industry 4.0 implementation models will be examined individually and at large. Besides, it will be investigated a novel Industry 4.0 implementation model in future.

REFERENCES

- [1] K. Zhou, T. Liu, & L. Zhou, "Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges." In *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2015 12th International Conference on*, pp. 2147-2152. IEEE. August 2015.
- [2] J. Lee, "Industry 4.0 in big data environment." *German Harting Magazine*: 8-10, 2013.
- [3] H. Kagermann, J. Helbig, A. Hellinger, and W. Wahlster, "Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: Securing the future of german manufacturing industry"; final report of the industrie 4.0 working group, 2013.
- [4] Y. Liao, F. Deschamps, E. de Freitas Rocha Loures & L. F. P. Ramos, "Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal," *International Journal of Production Research*, 55:12, 3609-3629, 2017.
- [5] M. Hermann, T. Pentek, & B. Otto, "Design principles for industrie 4.0 scenarios" In *49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, (pp. 3928-3937), IEEE. 2016.
- [6] S. I. Shafiq, C. Sanin, C. Toro, E. Szczerbicki, "Virtual engineering object (VEO): toward experience-based design and manufacturing for Industry 4.0", *Cybern. Syst.* 46 (1-2), 35–50, 2015.
- [7] T. Bauernhansl, "Die vierte industrielle Revolution." *Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma*, p. 3-35. 2014.
- [8] D. Giusto, A. Iera, G. Morabito and L. Atzori, eds., *The Internet of Things*. 2010.
- [9] *Plattform Industrie 4.0*, 2013: Industrie 4.0 - Whitepaper FuE Themen. Retrieved from <http://www.plattform40.de/sites/default/>
- [10] D. Lucke, C. Constantinescu and E. Westkämper, "Smart Factory – A Step towards the Next Generation of Manufacturing" In: *Mitsubishi, M., K. Ueda and F. Kimura, eds., Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*, the 41st CIRP conference on manufacturing systems, Tokyo, Japan, 115–118, 2008.
- [11] Y. Lu, "Industry 4.0: A Survey on Technologies, Applications and Open Research Issues" *Journal of Industrial Information Integration*. 2017.
- [12] S. I. Shafiq, C. Sanin, E. Szczerbicki, C. Toro, "Virtual engineering factory: creating experience base for Industry 4.0" *Cybern. Syst.* 47 (1-2), 32–47, 2016.
- [13] H. S. Kang, J. Y. Lee, S. Choi, H. Kim, J. H. Park, J. Y. Son, & S. Do Noh, "Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions" *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), 111-128, 2016.
- [14] A. Khan, and K. Turowski, "A Perspective on Industry 4.0: From Challenges to Opportunities in Production Systems" In *Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Big Data*, 2016.
- [15] M. A. Pisching, F. Junqueira, D. J. Santos Filho, & P. E. Miyagi, "Service Composition in the Cloud-Based Manufacturing Focused on the Industry 4.0" In *DoCEIS* (pp. 65-72), 2015
- [16] J. Lee, B. Bagheri, & H. A. Kao, "A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems" *Manufacturing Letters*, 3, 18-23, 2015.
- [17] VDI/VDE-Gesellschaft Mess, *Automatisierungstechnik*. (2016). Status report: Reference Architecture Model Industry 4.0 (RAMI 4.0). Retrieved from: <https://www.plattform-40.de/>

i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-introduction.html

- [18] S. Wang, J. Wan, D. Li, & C. Zhang, "Implementing smart factory of industrie 4.0: an Outlook" *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805, 2016.
- [19] B. Genge, I. Nai Fovino, C. Siaterlis, & M. Masera, "Analyzing cyber-physical attacks on networked industrial control systems" *Critical Infrastructure Protection V*, 167-183, 2011.
- [20] D. Lucke, C. Constantinescu, & E. Westkämper, "Smart factory-a step towards the next generation of manufacturing" *Manufacturing systems and technologies for the new frontier*, 115-118, 2008.
- [21] S. Choi, B. H. Kim, & S. Do Noh, "A diagnosis and evaluation method for strategic planning and systematic design of a virtual factory in smart manufacturing systems" *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 16(6), 1107-1115, 2015.
- [22] O. Niggemann, G. Biswas, J. S. Kinnebrew, H. Khorasgani, S. Volgmann, & A. Bunte, "Data-Driven Monitoring of Cyber-Physical Systems Leveraging on Big Data and the Internet-of-Things for Diagnosis and Control" *In DX@ Safeprocess* (pp. 185-192), 2015.
- [23] J. Lee, E. Lapira, B. Bagheri, & H. A. Kao, "Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment" *Manufacturing Letters*, 1(1), 38-4, 2013.
- [24] L. Zhang, Y. Luo, F. Tao, B. H. Li, L. Ren, X. Zhang, & Y. Liu, "Cloud manufacturing: a new manufacturing paradigm" *Enterprise Information Systems*, 8(2), 167-187, 2014.
- [25] F. Tao, Y. Cheng, L. Da Xu, L. Zhang, & B. H. Li, "CCIoT-CMfg: cloud computing and internet of things-based cloud manufacturing service system" *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1435-1442, 2014.
- [26] L. Monostori, B. Kádár, T. Bauernhansl, S. Kondoh, S. Kumara, G. Reinhart, & K. Ueda, "Cyber-physical systems in manufacturing" *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 65(2), 621-641, 2016.

Determination of mechanical behaviour of printed PLA specimens using digital image correlation

Murat Aydin, Ozkan Oz

*Industrial Design Engineering, Karabuk University, Karabuk, Turkey
murat.aydin@karabuk.edu.tr, ooz@karabuk.edu.tr*

Abstract— This study presents the determination of mechanical properties of PLA material using 2D Digital Image Correlation (DIC) method. The tensile specimens were printed with a constant infill ratio and performed uniaxial tensile test with various test speeds. The elongations and local strains were measured with 2D DIC. Stress vs. strain curves were calculated from force data and DIC measurement. As a result, ultimate tensile stresses were directly proportional with the test speed increments, and maximum forces as well. The elongations were observed to decline during the test speed increments. It was underlined that the elongations gave the average results instead of the real behaviour of the fractured area.

Keywords— 3D Printer, PLA, Digital Image Correlation, Tensile Test, Strain, Stress.

I. INTRODUCTION

Digital Image Correlation (DIC) is one of the contemporary measurement method which can be used in order to obtain full-field displacement and strain map from surface of the test object. Based on this method, one or multiple high-resolution cameras are used to record through the experiments as a video file and obtained video file is divided into the frames. Thus, the displacement and strain data can be calculated when the deformed images are compared with the un-deformed (reference image) which is the beginning of the test.

One of the earliest study about DIC method was presented by Peters[1] and Ranson in 1982. Over the years, DIC method has been popular among the industrial and scientific applications. Nowadays, it has been widely used in material testing to determine mechanical properties of metal and non-metal materials. Sutradhar[2] et al. used DIC method to determine strain map of 3D printed human implants theoretically and experimentally, as well. They used topology optimization to design patient-specific bone replacement shapes and performed mechanical tests on a 3D printed bone replacement to obtain strain limits. They suggested that the topology optimized implants provide adequate load-transfer mechanism. Meng[3] et al. studied on 3D full-field deformation monitoring of fiber composite pressure vessel. They used 3D digital speckle correlation method to obtain displacement and strain distribution under internal pressure loading. They showed that the average strain value shows good agreement with the traditional strain gauge measurement and pointed out that their method is proper for deformation measurement of composite parts. Lagattu[4] et al. were focused on measuring in-plane

displacements in the presence of high strain gradient using digital image correlation method. They studied on strain localization around a hole in a composite laminate, strain concentration at a crack tip in a TiAl alloy, and strain gradient on a polymer neck front. They proved that technique capabilities for a wide range of cases in real engineering problems. Tan[5] et al. studied to determine displacement and strain field near weld polymer ends of a Thermoset Composite Welding (TCW) joint using 2D digital image correlation method. They compared shear and peel strain distribution results across the overlap area obtained from the DIC with the numerical results. They underlined that the DIC method provides much more data, such as the strain distribution, immediately prior to crack propagation and its crack propagation path, as well. Comer[6] et al. performed 3D and 2D digital image correlation measurements to observe the deformation and strain evolutions in composite single lap bonded joints before failure. They showed that 3D DIC measurements is useful in terms of detecting subcritical damage. Besides, the specific location and magnitude of the maximum principal strain in the adhesive fillet region were determined using 2D DIC. Budyn[7] et al. developed a method to study sequential microscopic observations of human Haversian cortical bone. They performed micro compression tests to observe growing small cracks and displacement distribution on the sample surface was successfully tracked using DIC method.

II. MATERIAL AND METHOD

A. Material

In this study, uniaxial tensile test specimens were printed according to ASTM D638-10[8] standard using 3D printer. PLA filament was used as printer material and infill ratio was set about 100% for each specimen. Figure 1 shows the dimensions of the tensile specimens. Zwick Roell 50kN test machine was used to perform experiments. Force and displacement values were obtained from test machine.

Tensile test specimens were modelled using SolidWorks software and 3D model was imported to the CURA software in order to print. 3D printer table temperature was set as 60°C and printing temperature was about 200°C, as well. The thickness of part was 3mm. So, model was divided about 11 layers with Slic3r tool and layer height was set as 0.27mm. The printing speed was used as 70mm/s for all printing operations. Figure 2 shows the sliced and printed part in CURA software.

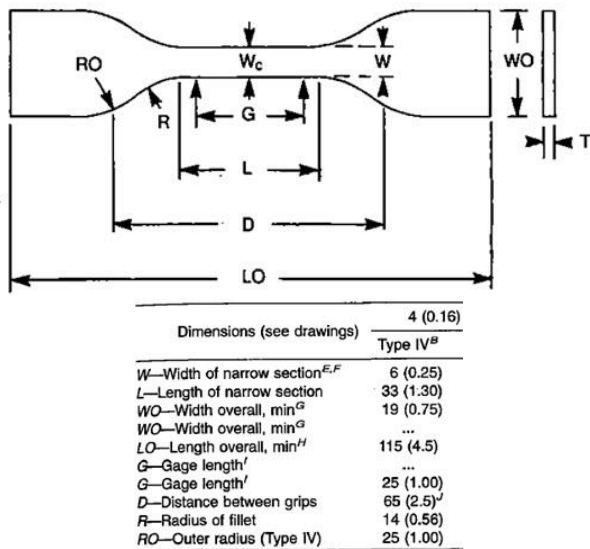


Figure 1. ASTM D638-10 Type IV specimen dimensions[8].

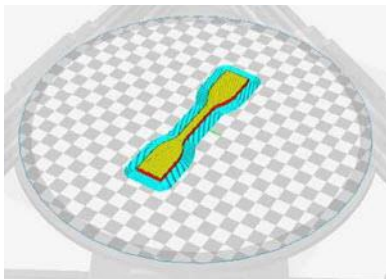


Figure 2. The printed part in CURA software.

B. Method

In the experiments, 2D DIC method was used to measure elongation and distributions of displacement and strain instead of traditional extensometer. In 2D DIC method, the high-resolution camera is mounted to the perpendicular position to the object surface and recorded whole deformation process. By means of using high resolution and high frame per second (fps) camera, the accuracy and precision of the measurement is increased gradually. In this study, Canon T3i DSLR camera was used with a 58mm diameter and 18-55mm (f/3.5-5.6) macro lens. All the experiments were recorded with 1280x720 pixels resolution and 60fps. Figure 3 shows the schematic view of installed 2D DIC measurement setup.

In order to get high and accurate correlation, random spackle pattern must be small enough and dense. In this study, acrylic matt white and black spray paints were used to create background and spackles onto specimen surface. In the first step, matt black paint was applied for background and then matt white spackles were created on this background. In 2D DIC, calibration is needed in order to convert pixel values to the known units, such as “m” or “mm”. Besides, gage length in ASTM D638-10 was specified as 25mm that is the proper space for measurement. Therefore, on the specimen surface, the window which was

included gage length area was created by two Scott types that shielded the paint. After the paint was dried, the types were peeled out, leaving clear boundary of the tensile gage length. Figure 4 shows the painted specimen with the gage length. Laboratory lighting condition was enough to have clear view, so extra lightning source was not needed.

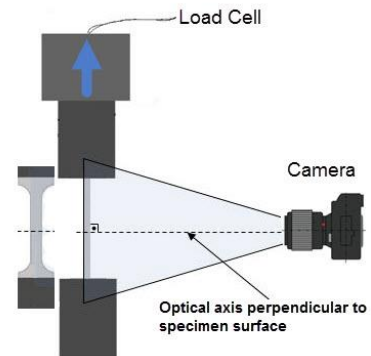


Figure 3. The schematic view of 2D DIC measurement.

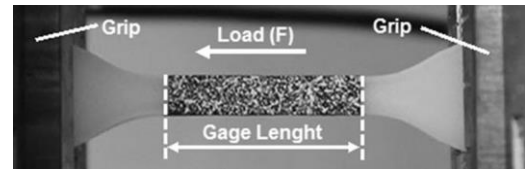
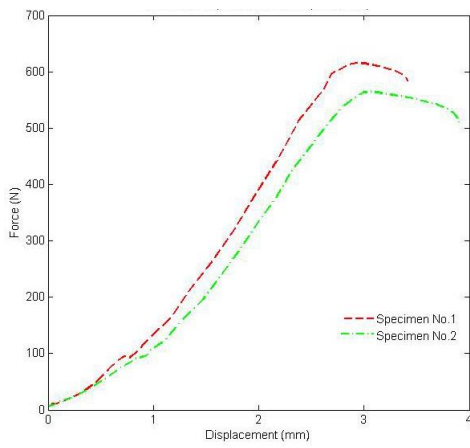


Figure 4. Painted specimen with the gage length

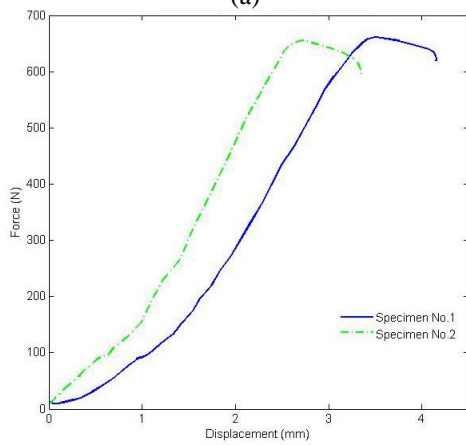
III. EXPERIMENT RESULTS

Uniaxial tensile tests were performed for each specimen using three different test speeds, 1mm/s, 0.1mm/s, and 0.05mm/s. Force and displacement values were obtained from tensile machine. Figure 5 shows the force vs. displacement curves for each specimen for each test speeds. The maximum forces were 615.80N and 565.12N using 0.05mm/s test speed for Specimen No.1, No.2 respectively. On the other hand, maximum forces were obtained using 0.1mm/s test speed for each specimen as 661.14N and 655.61N respectively. In addition, when the test speed was increased to 1mm/s, the maximum forces were measured as 732.11N and 688.44N for each specimen respectively. It was shown that when the test speed increased, the maximum forces were increased relatively.

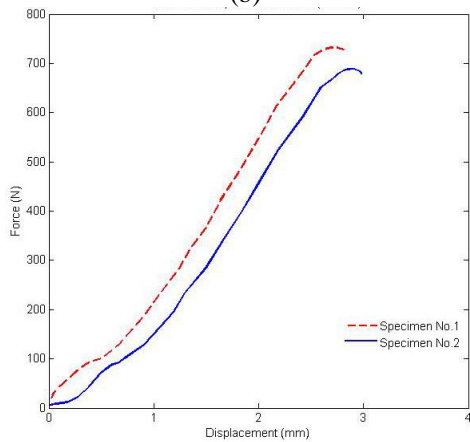
For the calculation of non-contact measurement, the virtual extensometer from DIC system using the images covering the same gage length. The extension was created from the images using VIC-2D software. Using force data, the stress values were calculated by dividing force value to cross sectional area. Figure 6 shows the measured strain values vs. calculated stress values of two specimens for each test speed. The ultimate tensile stresses were calculated as 34.21MPa and 31.39MPa using Specimen No.1 and Specimen No.2 for 0.05mm/s test speed respectively. When the test speed was increased to 0.1mm/s, the ultimate tensile stresses were calculated as 36.73MPa and 36.42MPa for



(a)



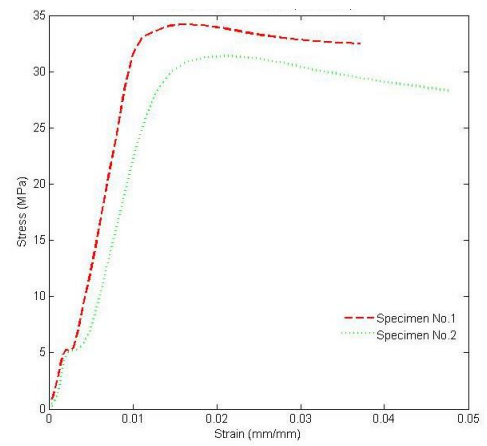
(b)



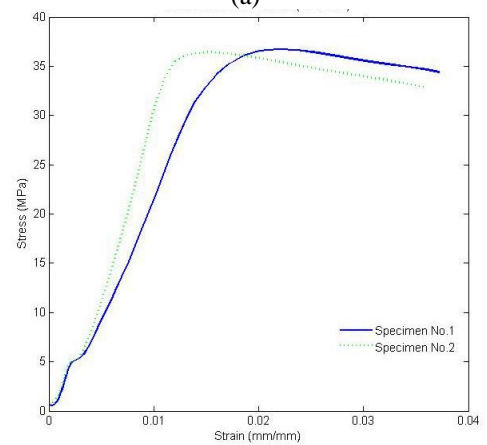
(c)

Figure 5. The force vs. displacement curves for (a)0.05mm/s, (b)0.1mm/s, (c)1mm/s test speeds.

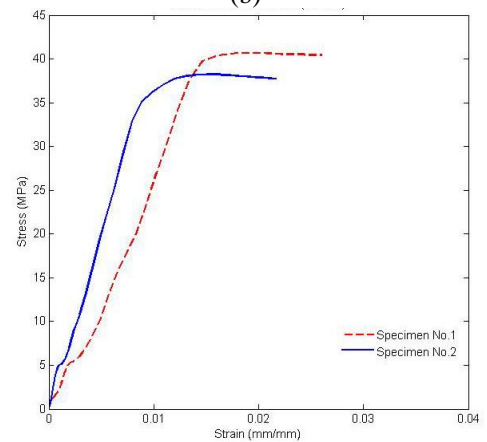
Specimen No.1 and Specimen No.2 respectively. In addition, using 1mm/s test speed that was the highest speed in experiments, the ultimate tensile stresses were calculated as 40.67MPa and 38.24MPa for Specimen No.1 and Specimen No.2 respectively. The maximum ultimate tensile stress values were obtained using highest test speed, 0.1mm/s. When the elongations were considered, the minimum elongations were



(a)



(b)



(c)

Figure 6. The strain vs. stress curves for (a)0.05mm/s, (b)0.1mm/s, (c)1mm/s test speeds.

measured using 1mm/s test speed as 0.026 and 0.021 for Specimen No.1 and No.2 respectively. Besides, the strain values of Specimen No.1 and No.2 were measured as 0.037 and 0.035 for 0.1mm/s test speed, and measured as 0.037 and 0.047 for 0.05mm/s test speed respectively. It was observed that the strain was greatly decreased when the test

speed was increased to 1mm/s and there was a slightly differences between 0.05mm/s and 0.1mm/s test speeds.

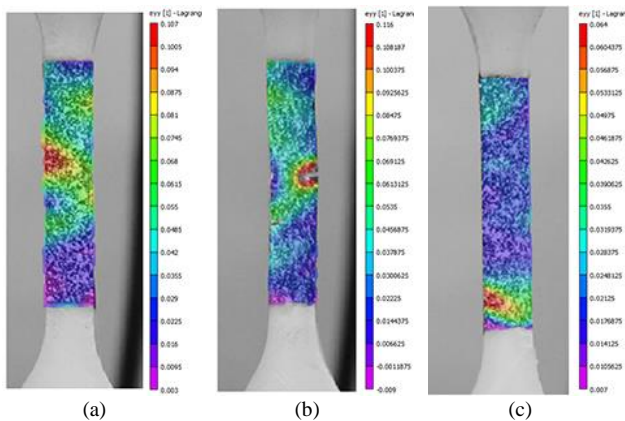


Figure 7. Strain distribution at y direction of Specimen No.2 for (a)0.05mm/s, (b)0.1mm/s, (c)1mm/s test speeds.

The most important feature of the DIC method is to measure full-field strain and displacement maps on entire surface of the specimen. Figure 7 shows the strain mapping in y direction which is the stretching direction of Specimen No.2 for all test speeds. As shown in Figure 7, strain at y direction can be presented as colour scale bar from minimum to maximum strain values and images indicates at moment which is previous of the fracture in experiments. The red regions which are in the gage length expresses the maximum value of y direction strains where the deformation was localized. For those experiments, the maximum localized strain values before fracture were measured as 0.107, 0.116, 0.064 for 0.05mm/s, 0.1mm/s, and 1mm/s test speeds respectively. When the localized deformation compared with uniform deformation, it was shown that elongations were the average values in terms of mechanical behaviours of test specimens. However, localized strains were higher than the virtual extensometer approach values. In addition, similar to the elongation behaviour, the local strain was minimum value at highest test speed. On the other hand, the local strains for 0.05mm/s and 0.1mm/s test speeds were slightly increased.

IV. CONCLUSION

In this study, the tensile specimens which had %100 infill ratios were printed using 3D printer and performed to uniaxial tensile test with various strain rates in order to determine stress vs. strain curves and local strains using 2D digital image correlation technique. As a result;

- It was shown that the test speed had influence on the increasing maximum forces significantly.
- It was observed that the average ultimate tensile stresses were raised depend on the increment of the test speed.
- It was seen that the strain was decreased noticeably when the test speed was increased.
- In terms of localized strains, it was pointed out that the maximum localized strains at y direction always

were higher than the virtual extensometer approach and for those experiments, fracture points always locate in the higher strains regions at y direction.

- It was determined that the digital image correlation technique was a useful, easy measurement method at least for this type of material and this type of experiment setup.

REFERENCES

- [1] W. H. Peters and W. F. Ranson, "Digital imaging techniques in experimental stress analysis", *Optical Engineering*, 21(3), 427-431, 1982.
- [2] Sutradhar, A., Park, J., Carrau, D., Miller, M.J., "Experimental validation of 3D printed patient-specific implants using digital image correlation and finite element analysis", *Computers in Biology and Medicine*, 52, 8-17, 2014.
- [3] L.B.Meng, L.B., Jin, G.C., Yao, X.F., Yeh, H.Y., "3D full-field deformation monitoring of fiber composite pressure vessel using 3D digital speckle correlation method", *Polymer Testing*, 25(1), 42-48, 2006.
- [4] Lagattu, F., Brillaud, J., Lafarie-Frenot, M.C., "High strain gradient measurements by using digital image correlation technique", *Materials Characterization*, 53(1), 17-28, 2004.
- [5] Tan, Z.B., Tong, L., "Full-Field Displacement Characterization of TCW Joint Using Digital Image Correlation and Comparison to Numerical Models", *Conference Proceedings of the Society for Experimental Mechanics, International Digital Imaging Correlation Society*, 9-15, 2017.
- [6] Comer, A.J., Katnam, K.B., Stanley, W.F., Young, T.M., "Characterizing the behavior of composite single lap bonded joints using digital image correlation", *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 40, 215-223, 2013.
- [7] Budyn, E., Jonvaux, J., Hoc, T., "Digital image correlation of bone sequential microscopic observations", *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 28(8), 815-837, 2012.
- [8] ASTM D638-10, "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics", *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 2010, www.astm.org

A reinforcement learning algorithm for building collaboration in multi-agent systems

Mehmet E. Aydin*, Ryan Fellows

*Department of Computer Science and Creative Technologies, University of the West of England
Frenchay Campus, Bristol, UK*

mehmet.aydin@uwe.ac.uk, ryan.fellows@uwe.ac.uk

**Corresponding Author*

Abstract— This paper presents a proof-of concept study for demonstrating the viability of building collaboration among multiple agents through standard Q learning algorithm embedded in particle swarm optimisation. Collaboration is formulated to be achieved among the agents via some sort competition, where the agents are expected to balance their action in such a way that none of them drifts away of the team and none intervene any fellow neighbours territory. Particles are devised with Q learning algorithm for self training to learn how to act as members of a swarm and how to produce collaborative/collective behaviours. The produced results are supportive to the algorithmic structures suggesting that a substantive collaboration can be build via proposed learning algorithm.

Keywords— reinforcement learning, multi agent Q learning, internet of things

I. INTRODUCTION

Cutting-edge technologies facilitates the daily-life of individuals and societies with more opportunities to overcome challenging issues continuously introducing new smart gadgets day-in day-out. These astonishing technologies introduce changes with use smart sensors in most of the time, which places a crucial role in our daily life as they are literally everywhere any more. Internet of Things (IoT) is one of key technologies to organise smart sensors in order to facilitate living environments with more and more services such as Smart homes and cities, highly-efficient engineering products, crews/swarms of robots etc. A particular example can be a swarm of unmanned aerial vehicles (UAVs) which are teamed up to collect information from disaster areas to predict/discover and help identify the impact of damage and the level of human suffering. This is due to the fact that information collection plays a very crucial role in disaster management, where the decisions are required to be done timely and based on correct and up-to-date information. Swarms of UAVs can be devised for this purposes, which are expected to remain inter-connected all the time to deliver the duties collaboratively [3]. Obviously, this is a typical implementation area of IoT, where smart sensors and tiny devices, which are drones (UAVs) in this case, require efficient and robust settings and configuration. However, an efficiently exploring swarm is not easy to design and run due to various practical issues such as energy limitations. This paper introduces a novel learning algorithm to train individual devices to make smartly behaving and collaborating entities.

Multi-agent systems (MAS) is an up-to-date artificial intelligence paradigm, which attracts much attention for modeling intelligent solutions in rather a distributed form. It imposes formulating limited capacity items as proactive and smart entities, which autonomously act and accumulate experience to exploit ahead in fulfilling duties more and more efficiently. In this way, a more comprehensive and collective intelligence can be achieved. This paradigm has proved success so many times in a wider problem solving horizon [4], [19], [6], [24]. This proves that developing IoT models using MAS paradigm will produce a substantial benefit and efficiency. However, building a collaboration among multiple agents remains challenging since MAS studies have not reached to a sufficient level of maturity due to the difficulty in the nature of the problem. The remaining parts of this paper introduce a novel learning algorithm implemented for multiple agent models, where a collaboration is aimed to be constructed among the participating agents via the introduced algorithm. It is a reinforcement learning algorithm, which best fits real-time learning cases, and dynamically changing environments. The individual agents are expected to learn from past experiences for which how to stay interconnected and remain as a crew to collectively fulfill the duties without wasting resources. The latter purpose enforces the individual agents to compete in achieving higher rewards through out of the entire process, which makes the study further important since collaboration has to be achieved while competing. Previously, competition-based collective learning algorithm has been attempted with learning classifier systems for modelling social behaviours [17]. Although there are many other studies conducted for collective learning of multi-agents with Q learning [14], [28], the proposed algorithm implements a competition-based collective learning algorithm extending Q learning with the notion of individuals and their positions in particle swarm optimisation (PSO) algorithm, which ends up as Q learning embedded in PSO.

The rest of the paper consists of the following structure; the background and literature review is presented in Section II, the proposed reinforcement learning algorithm is introduced in Section III, the implementation of the algorithm for scanning fields is elaborated in Section IV, experimental results and discussions are detailed in Section V and finally conclusions in Section VI.

II. BACKGROUND

A. Swarm Intelligence

Swarm intelligence is referred to artificial intelligence (AI) systems where an intelligent behaviour can emerge as the self-organised outcome of a collection of simple entities such as agents, organisms or individuals. Simple organisms that live in colonies; such as ants, bees, bird flocks etc. have long fascinated many people for their collective intelligence and emergent behaviours that is manifested in many of activities they do. A population of such simple entities can interact with each other as well as with their environment without using any set of instruction(s) to proceed, and compose a swarm intelligence system [21], .

The swarm intelligence approaches are to reveal the collective behaviour of social insects in performing specific duties; it is about modelling the behaviour of those social insects and use these models as a basis upon which varieties of artificial entities can be developed. In such a way, the problems can be solved by models that exploit the problem solving capabilities of social insects. The motivation is to model the simple behaviours of individuals and the local interactions with the environment and neighbouring individuals, in order to obtain more complex behaviours that can be used to solve complex problems, mostly optimisation problems [11], [31]).

B. Reinforcement Learning

Reinforcement learning (RL) is a class of learning in which unsupervised learning rules work alongside with a reinforcement mechanism to reward an agent based on its action selection activity to respond the stimulus from its own environment. It can be also called as semi-supervised learning since it receives a reinforcement point, either immediate or delayed, fed back from the environment. Let Λ be an agent works in environment E , which stimulates Λ with its state $s \in S$, where S is the finite set of states of E . The agent Λ will evaluate this perceived state and make a decision to select an action $a \in A$, where A is the finite set of actions that an agent can take. Meanwhile, the reinforcement mechanism, may also be called as reward function, assesses the action, a , taken by Λ in response to state s and produces reward r to feed back to Λ . Here, the ultimate aim of the agent Λ is to maximize its accumulated reward by the end of the learning period/process, as in the following expression:

$$\max \mathbf{R} = \sum_{i=1}^{\infty} r_i \quad (1)$$

where ∞ is practically replaced with a finite number such as I to be the total number of learning iterations. Although an agent is theoretically expected to function forever, it usually works for a predefined time period as a matter of practicality.

There are various reinforcement learning methods developed with various properties. Among these, Q Learning [36], [33], TD Learning [7],[32], learning classifier systems [8], [9] etc are well know reinforcement learning approaches.

C. Collaboration in multi agent systems

Multi agent systems (MAS) are well- known and relatively mature distributed collective intelligence approaches with which a set of proactive agents act individually for solving the problems in collaboration [2]. The main theme is to team up intelligent autonomous entities for solving the problems in harmony and composing a certain level of coordination to help individual agents act proactively and efficiently to contribute and collaborate in problem solving process demonstrating individual intelligence capacity [4]. It is useful to note that the main properties of MAS (i.e. autonomy, responsiveness, redundancy, and distributed approach) facilitate success in MAS applications, which result in a good record in implementations within many research fields including production planning, scheduling and control [27], engineering design, and process planning [2].

The concept of metaheuristic agents has recently been identified to describe a particular implementation of multi agent systems devised to tackle hard optimisation problems. The idea is to build up teams of individual agents equipped with metaheuristic problem solvers aiming to solve hard and large-scale problems with distributed and collaborative intelligent search skills. In the literature, few multi agent systems implementing metaheuristics are introduced and overviewed with respect to their performances [6], [16] while it is known that metaheuristic approaches are, by large, used as standalone applications.

Researchers are conscious on that solving complex and large problems with distributed approaches remains as a challenging issue due to the fact that there is not a productive method to commonly use for organising distributed intelligence (agents in this case) for a high efficiency. [23], [28], [34]. In fact, the performances of multi- agent systems including metaheuristic teams significantly depends on the quality of collaboration [6]. Swarm intelligence-based agent collaboration is suggested in [4], while the persistence of this challenging issue is reflected in a number of recent studies including [15] and [12], where [15] introduces auction-based consensus among the agents while [12] studies theoretical bases of agent collaboration through mathematical foundations.

III. MODELLING WITH SWARMS OF LEARNING AGENTS

A. Q learning

Q learning is a reinforcement learning algorithm that is developed based on temporal-difference handled with asynchronous dynamic programming. It provides rewards for agents with the capability of learning to act optimally in Markovian domains by experiencing the consequences of actions, without requiring them to build map of the respective domain [35]. The main idea behind Q learning is to use a single data structure called the utility function ($Q(x, a)$). That is the utility of performing action a in state x [36]. Throughout the whole learning process, this algorithm updates the value of $Q(x, a)$ using x, a, r, y tuples per step, where r represents the reinforcement signal (payoff) of the

environment and y represents the new state which is obtained as the consequence of executing action a in state x . Both x and y are elements of the set of states (S) and a is an element of the set of actions (A). $Q(x, a)$ is defined as:-

$$\mathbf{Q} : S \times A \longrightarrow \mathfrak{R} \quad (2)$$

and determined as:-

$$Q(x, a) = E(r + \gamma e(y)|x, a) \quad (3)$$

where γ is a discounted constant value within the interval of $[0,1]$ as described according to the domain and $e(y)$ is the expected value of y defined as:

$$e(y) = \max\{Q(y, a)\} \quad \text{for } \forall a \in A \quad (4)$$

The learning procedure first initialises the Q values to 0 for each action. It then repeats the following procedure. The action with the maximum Q value is selected and activated. Corresponding Q value of that action is then updated using the following equation (updating rule):-

$$Q^{t+1}(x, a) = Q^t(x, a) + \beta(r + \gamma e(y) - Q^t(x, a)) \quad (5)$$

where $Q^t(x, a)$ and $Q^{t+1}(x, a)$ are the old and the new Q values of action a in state x , respectively. β is the learning coefficient changing in $[0,1]$ interval. This iterative process ends when an acceptable level of learning is achieved or a stopping criterion is satisfied. For more information see Sutton and Barto [30].

B. Particle swarm optimisation (PSO)

PSO is a population-based optimization technique inspired of social behaviour of bird flocking and fish schooling. PSO inventors have implemented such natural processes to solve the optimization problems in which each single solution, called a particle, joins the other individuals to make up a swarm (population) for exploring within the search space. Each particle has a fitness value calculated by a fitness function, and a velocity of moving towards the optimum. All particles search across the problem space following the particle nearest to the optimum. PSO starts with initial population of solutions, which is updated iteration-by-iteration. A basic PSO algorithm builds each particle based on, mainly, two key vectors; position vector, $\mathbf{x}_i(\mathbf{t}) = \{x_{i,1}(t), \dots, x_{i,n}(t)\}$, and velocity vector $\mathbf{v}_i(\mathbf{t}) = \{v_{i,1}(t), \dots, v_{i,n}(t)\}$, where $x_{i,k}(t)$, is the position value of the i^{th} particle with respect to the k^{th} dimension ($k = 1, 2, 3, \dots, n$) at iteration t , and $v_{i,k}(t)$ is the velocity value of the i^{th} particle with respect to the k^{th} dimension at iteration t . The initial values, $\mathbf{x}_i(\mathbf{0})$ and $\mathbf{v}_i(\mathbf{0})$, are given by

$$x_{i,k}(0) = x_{min} + (x_{max} - x_{min}) \times r_1, \quad (6)$$

$$v_{i,k}(0) = v_{min} + (v_{max} - v_{min}) \times r_2, \quad (7)$$

where $x_{min}, x_{max}, v_{min}, v_{max}$ are lower and upper limits of the ranges of position and velocity values, respectively, and finally, r_1 and r_2 are uniform random numbers within $[0, 1]$. Since both vectors are continuous, the original PSO

algorithm can straightforwardly be used for continuous optimization problems. However, if the problem is combinatorial, a discrete version of PSO needs to be implemented. Once a solution is obtained, the quality of that solution is measured with a cost function denoted with f_i , where $f_i : \mathbf{x}_i(\mathbf{t}) \longrightarrow \mathfrak{R}$.

For each particle in the swarm, a personal best, $\mathbf{y}_i(\mathbf{t}) = \{y_{i,1}(t), \dots, y_{i,n}(t)\}$, is defined, where $y_{i,k}(t)$ denotes the position of the i^{th} personal best with respect to the k^{th} dimension at iteration t . The personal bests are equal to the corresponding initial position vector at the beginning. Then, in every generation, they are updated based on the solution quality. Regarding the objective function, f_i , the fitness values for the personal best of the i^{th} particle, $\mathbf{y}_i(\mathbf{t})$, is denoted by $f_i^y(t)$ and updated whenever $f_i^y(t+1) \prec f_i^y(t)$, where t stands for iteration and \prec corresponds to the logical operator, which becomes $<$ or $>$ for minimization or maximization problems respectively.

On the other hand, a global best, which is the best particle within the whole swarm is defined and selected among the personal bests, $\mathbf{y}(\mathbf{t})$, and denoted with $\mathbf{g}(\mathbf{t}) = \{g_1(t), \dots, g_n(t)\}$. The fitness of the global best, $f_g(t)$, can be obtained using:

$$f_g(t) = \mathbf{opt}_{i \in N}\{f_i^y(t)\} \quad (8)$$

where \mathbf{opt} becomes \min or \max depending on the type of optimization. Afterwards, the velocity of each particle is updated based on its personal best, $\mathbf{y}_i(\mathbf{t})$ and the global best, $\mathbf{g}(\mathbf{t})$ using the following updating rule:

$$\mathbf{v}_i(t+1) = \delta w_t \Delta \mathbf{v}_i(t) \quad (9)$$

$$\Delta \mathbf{v}_i = c_1 r_1 (\mathbf{y}_i(t) - \mathbf{x}_i(t)) + c_2 r_2 (\mathbf{g}(t) - \mathbf{x}_i(t)) \quad (10)$$

where w is the inertia weight used to control the impact of the previous velocities on the current one, which is decremented by β , decrement factor, via $w_{t+1} = w_t \times \beta$, δ is constriction factor which keeps the effects of the randomized weight within the certain range. In addition, r_1 and r_2 are random numbers in $[0,1]$ and c_1 and c_2 are the learning factors, which are also called social and cognitive parameters. The next step is to update the positions with:

$$\mathbf{x}_i(t+1) = \mathbf{x}_i(t) + \mathbf{v}_i(t+1) \quad (11)$$

for continues problem domains. On the other hand, since discrete problems cannot be solved in the same way of continuous problems, various discrete PSO algorithms have been proposed. Among these, Kennedy and Eberhart [13] have proposed the most used one, which mainly creates binary position vector based on velocities as follows:

$$\mathbf{x}_i(t+1) = \frac{1}{e^{v_i(t+1)}}. \quad (12)$$

After getting position values updated for all particles, the corresponding solutions with their fitness values are calculated so as to start a new iteration if the predetermined stopping criterion is not satisfied. For further information, [20] and [31] can be seen.

C. Swarms of Learning Agents

PSO is one of very well know swarm intelligence algorithms used to develop collective behaviours and intelligence inspiring of bird flocks. Although it has a good record of success, learning capability remains an important aspect to be developed further for an improved intelligence. There are few studies investigating the hybridisation of reinforcement learning algorithms, especially Q Learning algorithm implemented for particular applications [10], [22], [26]. Likewise, Q Learning algorithm has been implemented by various studies to develop coordination of multi agent systems [18]. However, PSO has not been integrated with Q Learning in order to make each particle within the swarm towards learning for collaboration.

For the purpose of training the particles of the swarm to behave in harmony within its neighbourhood, we propose use of Q Learning algorithm in building intelligent search behaviour of each individual. A Q Learning algorithm is embedded in PSO in a way that the position vectors, \mathbf{x}_i , is updated subject to a well-designed implementation of Q learning to adaptively control the behaviour of the individuals towards collective behaviours, where all individual members of the swarm collectively and intelligently contribute. Hence, we revised PSO, first, with ignoring the use of velocity vector, \mathbf{v}_i , so as to save time and energy relying on the fact that the position vector, \mathbf{x}_i , inherently contains \mathbf{v}_i , and does not necessitate its use [29], [5]. Secondly, the update rule of the position vectors, \mathbf{x}_i , (Eq: 11) is revised as follows:

$$\mathbf{x}_i(t+1) = \mathbf{x}_i(t) + f(Q, x_i, a) \quad (13)$$

$$f(Q, x_i, a) = \{\hat{x}_i | \max[Q(x_i, a)] \text{ for } \forall a \in A\} \quad (14)$$

where \hat{x}_i is a particular position vector obtained from $f(Q, x_i, a)$ in which action a is taken since it has the highest utility value, Q , returned. The main aim of each individual/particle is to learn from the experiences gained once each receives the reward produced by reinforcement mechanism with crediting the action rightly taken and punishing the wrongly taken ones. This learning property to be incrementally developed by each particle will succeed to a well-designed collective behaviour.

D. Reinforcement Mechanism

As clearly indicated before, reinforcement mechanism plays the crucial role in furnishing particles with learning capabilities. It remains as an independent monitoring mechanism to assess the actions taken by the particles and supply them with reinforcing payoff grades. It is usually implemented in a Reward Function, which is defined as follows:

$$\mathbf{R} : S \times A \longrightarrow \mathfrak{R} \quad (15)$$

The reward function is implemented to consider the situation with a particular state, x , applied with action a , whether it is or not the correct action taken. A reward, r , will be produced as the assessment level for the situation. Thus, an efficient reward function will be developed based on the problem domain.

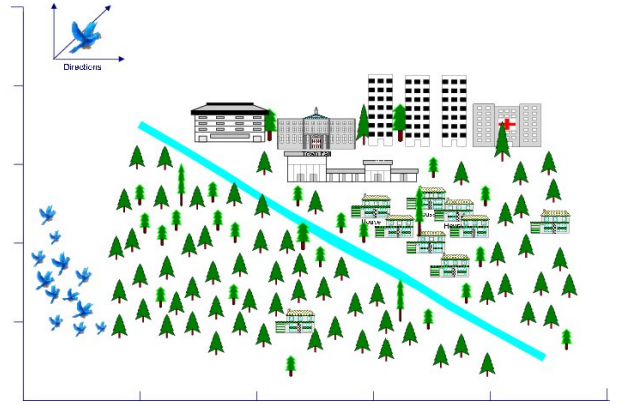


Fig. 1: A typical urban landscape

IV. SCANNING DISASTROUS AREA WITH SWARM OF LEARNING AGENTS

This problem case is adopted to illustrate the implementation of collective intelligence achieved using the multi agent learning algorithm proposed in this study, which is built up through embedding Q learning within particle swarm optimisation algorithm. Fig 1 illustrates a simple scenario in which a typical piece of land combining rural and urban areas to be scanned by a swarm of learning agents. Suppose that such an area subjected to some disasters is required to be scanned for information collection purposes. A flock of artificial birds (swarm of UAVs); each is identified as a particle and furnished with a list of actions to take while moving around the area in collaboration with other peer particles. Each particle is enabled to learn via the Q learning implemented for this purpose and being trained how to remain connected with the rest of the swarm. The logic is implemented to identify if a particle is collaborating or not as demonstrated in Fig. 2.

Two possible cases are illustrated in Fig. 2. As indicated, teams of particles (flocks of birds) can remain interconnected for collaboration if each is sufficiently close to another peer particle, which is measured with Euclidean distance that is

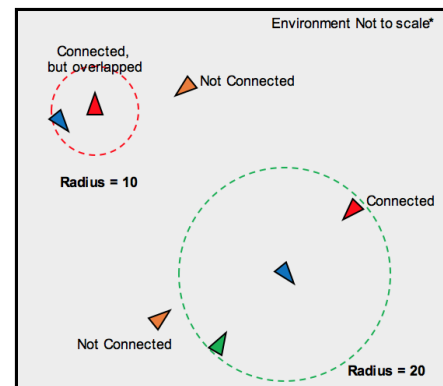


Fig. 2: Connecting individuals via distance

particularly calculated in a circle-centric way. A particle is considered connected if remains within a circle with particular radius, but will be out of connection if remains out of the circle of that radius. In addition, the particles are expected not to approach to each other beyond a certain distance, then they will also be counted not well-collaborating since they overlap and cause wasting resources. The main idea behind this algorithm is to train the particles not to fall apart and not to overlap, either. That is the main objective to achieve.

A. Embedding Q learning within each particle

Since the swarm intelligence framework preferred in this study is PSO, each individual to form up the swarm will be identified as a particle as is in particle swarm optimisation. Let M be the size of the swarm, where M particles are created to form up the swarm; each has a 2-dimensional position vector, $\mathbf{x}_i = \{x_{1,i}, x_{2,i} | i = 1, \dots, M\}$, because the defined area is 2-dimensional and each particle will simply move forward and/or backward, vertically and/or horizontally. For simplification purposes, each particle is allowed to move with selecting one of predefined actions, where each action is defined as a step in which the particle can chose the size of the step only. Using the same notation as Q learning, the size of set of actions is A , which includes forward and backward short, middle and long size steps. Hence, a particle can move forward and backward with selecting one of these six actions. Let $\Delta = \{\delta_j | j = 1, \dots, A\}$ be the set steps including both forward and backward ones, which a particle is able to take as part of the action it wants to do. Once an action is decided and taken, the position of the particle will change as much as:-

$$f(Q, x_i, a) = \pi \delta_j \quad (16)$$

where π is a probability calculated based on position and possible move of neighbouring particles. Substituting equation (16) within equation (14), the new position of the particle under consideration is determined. Here, the neighbourhood is considered as the other peer particles that has connectivity with the one under consideration, which is determined based on the distance in between. Let $N_i \in M$ be the set of neighbouring peer particles (agents) of i th particle, which is defined as:-

$$N_i = \{\mathbf{x}_k | \epsilon > d(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_k)\} \quad \forall k \in M \quad (17)$$

where $d(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_k)$ is calculated as a Euclidean distance and ϵ is the maximum distance, (the threshold), between two peer particles set up to remain connected. Once a particle moved as a result of the action taken, the reinforcement mechanism, the reward function in another name, assesses the decision made for this action considering the previous state of the particle before transition and the resulted position of neighbouring peer particles.

$$r = \begin{cases} 100, & \text{if } \sum_{k=1}^{N_i} d(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_k) = N_i \epsilon \\ N_i \epsilon - \sum_{k=1}^{N_i} d(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_k), & \text{if } N_i \epsilon > \sum_{k=1}^{N_i} d(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_k) \\ -100, & \text{if } \sum_{k=1}^{N_i} d(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_k) \leq 0 \end{cases} \quad (18)$$

ϵ is also the maximum sensing distance of each particle in which the particles allowed to be apart and connected. The reward is mainly calculated based on the total distance from the particle to its neighbouring particles. If there is no neighbouring particle determined, which means the particle has lost connection, then it will be punished with -1000 negative reward. If there is still connection but is less then $N_i \epsilon$, then the negative reward will be as much as calculated in the second option of equation (18). If the total distance from its position to all other neighbouring particles equals to $N_i \epsilon$, then that deserves the whole reward, which is 1000.

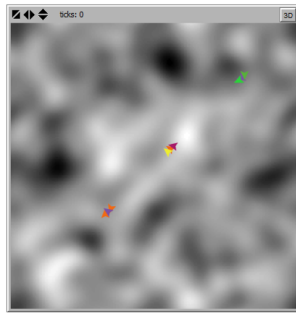
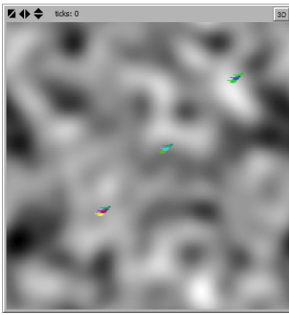
V. EXPERIMENTAL RESULTS

This section presents experimental results to demonstrate a proof-of-concept Q learning algorithm works to help particles (agents) self-train towards building a collaboration and behave as an swarm member. The aim is also to revise and analyse how the whole study turned out, judging whether the final implementation adhered to the expectations pre-set up. The algorithm has been implemented for a number of swarm sizes using an agent-based simulation tool called NetLogo [37].

For a successful evaluation, an agile approach has been adopted to run the study through iterations in which the study has been incremented bit-by-bit. As per the approach various elements were considered ranging from the algorithm itself to the methods, techniques and tools used, analysing what each component did well and what could be done better. One way to get an insight into the level of success of each aspect of the study project is to imagine starting the same project fresh whilst retaining all current knowledge and contemplating what elements would be kept and what would be changed, and whether these changes could lead to an improved implementation.

A. Approximation and Evaluation

Throughout the project, the initial iteration was to start the study to find out a way to embed Q learning into PSO, which has been achieved in the previous sections as explained. The ultimate aim is to show that both algorithm work hand-by-hand to achieve a a swarm of learning agents which collaborate for collective behavior/intelligence. This aim is not so black and white, but has many grey areas involved. This is because the algorithm is not just looking at the speed of convergence for example which could very easily be answered as to whether improvement has been made. Rather, the algorithm is subject to in depth observation as to whether the particles are behaving correctly, which in itself has intricacies that require close inspection.



(a) Initial positions for M-QL

(b) Initial positions for PSO

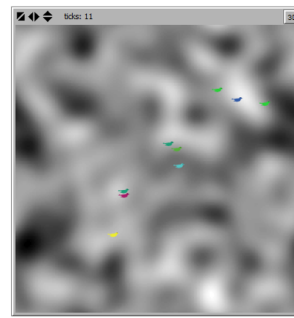
Fig. 3: Initialised particles' positions for both algorithms; multi-agent Q learning and particle swarm optimisation

In increment two, the goal was to get each particle to essentially be "reactive" each other in a real world environment. So if one particle moved, the others which are also moving simultaneously would need to take their fellow particles movement as well as their own into consideration and react accordingly so that they are always within proximity of their neighbours. This proximity prevents a particle from invading its neighbours space whilst also not allowing it to drift too far out of the radius, if it does either of these it will get punished whereas if it stays the "perfect" distance away, it will get the maximum reward.

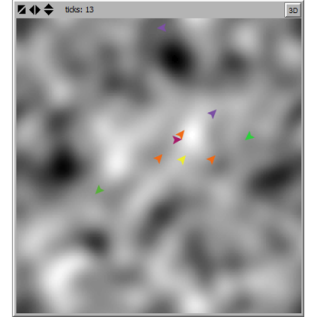
This approach in theory would allow collaborative learning to occur as particles gain the knowledge of the correct expected behaviour. This brings the question as to whether this was successful or not to which the results suggest it very much was. Each participating particle was actively reacting to the movement of its peers, and with the reinforcement mechanic, they were learning which actions would be best to take with each iteration. In this iteration, two swarms are created for which one was working with embedded Q, learning (will be presented with the acronym of M-QL here-forth) and the other was run with a standard PSO.

The experimentation is organised to start with the initial swarms as seen in Fig. 3 and then the swarms are incremented through iteration as presented in Fig. 4, where the behaviors of both swarms, learning swarm and PSO swarm, after 10, 50 and 500 iterations, respectively.

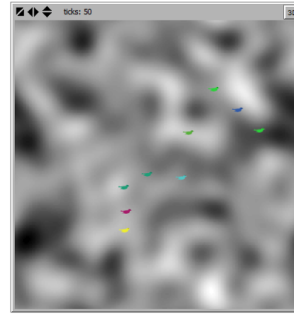
Fig. 3 and Fig. 4 illustrate the stark difference in which the particles move with a reinforced incentive. Whereas PSO is essentially solely designed to iteratively move particles towards their best value, the addition of the Q-learning proximity measure prevents such erratic movement. Of course over 500 iterations, some movement is going to occur as particles will rarely be hitting their "perfect" +100 reward movements, but as is visible in Fig. 4e, each particle is connected to at least one other in a feasible proximity. In this instance, which does not always happen, the clusters have merged together indirectly causing one large network. This is fine and can be expected to happen on occasion as through individual incremental movement through the environment, particles are going to move into the consideration radius of other particles subsequently inheriting them into their



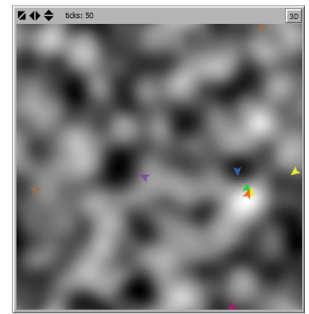
(a) After 10 iterations with m-QL



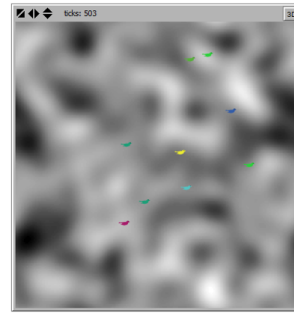
(b) After 10 iterations with PSO



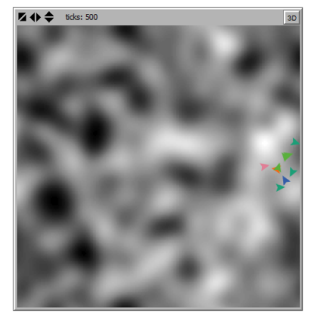
(c) After 50 iterations with m-QL



(d) After 50 iterations with PSO



(e) After 500 iterations with m-QL



(f) After 500 iterations with PSO

Fig. 4: A set of comparative results to demonstrate the behaviours of the learning algorithm versus PSO

peer particle Q-mechanic. This is something that in a real world situation might need to be prevented if clusters are required to remain in that native cluster, however in this simple environment, with no mechanic to prevent it, it is acceptable.

As can be observed from Fig. 4, the particles of the swarm, learning with M-QL, can demonstrate connectivity among themselves via having a connecting distance from one another while the swarm running PSO approximates to a particular value, where all particles nearly come to overlapping positions. In fact, the behaviours of the particles in Fig. 4a, 4c, 4e clearly indicates that the individual particles keeping distance neither much falling apart nor remaining too close to one another, while the number of iterations increases the distances become more fitting as Fig. 4a shows some particles are still too close to each other,

but, Fig. 4e indicates a better positioning. On the other hand, Fig. 4b, 4d, 4f demonstrate how particles approximate to a targeted value without considering any having any distance among one another. More iterations help individual particles getting closer and taking overlapping positions more and more.

The results of increment two confirm that particles are at least capable of learning both in the individual sense and the subsequent group sense. Although this is a fundamentally basic example of learning, it acts as a basis which can be built on in various ways. From running various parameter configurations in earlier experimentations, it was observed that the particles choose the correct action to take in relation to the proximity as this showed they had learned which action would benefit them the most, which also showed the components of state and action were working correctly. However as estimated, the workings of the increment are not perfect as whilst through the first phase of iterations the clusters seem to keep a good proximity with particles clearly getting negative rewards for interfering with their counterparts.

It is observed that as the episode gets near the last 40% of iterations on average, particles visibly begin to drift out of the neighbourhood, and once a particle loses connection, there is no mechanic to get the particle back into a neighbourhood radius, only luck can allow this to happen. Of course if this incident happened in a real world environment, the results could be extremely costly. Therefore this issue is left to further research in the future through potential reinforced path-finding or efficient search algorithms. If a particle could find its way back into a neighbourhood, the algorithm could be much more efficient and realistically deployable in a real world domain.

B. Individuals' learning behaviour

The performance of learning particles was another aim of this research. For observing individual learning performance, three particles are taken under observation over 100 iterations. Due to the limitations of NetLogo, each simulation in this regard is physically observed from start to end, for each iteration, particles are individually judged whether each has made a good decision or a bad decision, good decision means taking the correct action and getting positive reward while bad decision indicates taking wrong actions and receiving negative rewards (penalty).

For quantification, a good decision will be dictated by a particle moving in such a way it does not get too close to a fellow particle and does not drift outside of the radius either. This brings into question the issue of synchronisation. The synchronisation problem occurs when two particles move at the same time which can cause two particles to "choose" to move closer to each other at the same time or move further away, thus causing a bad decision.

It also must be noted that when a particle moves out of a radius, it has no real method of finding its neighbourhood again and therefore it becomes a flat-line of bad decisions on the graph.

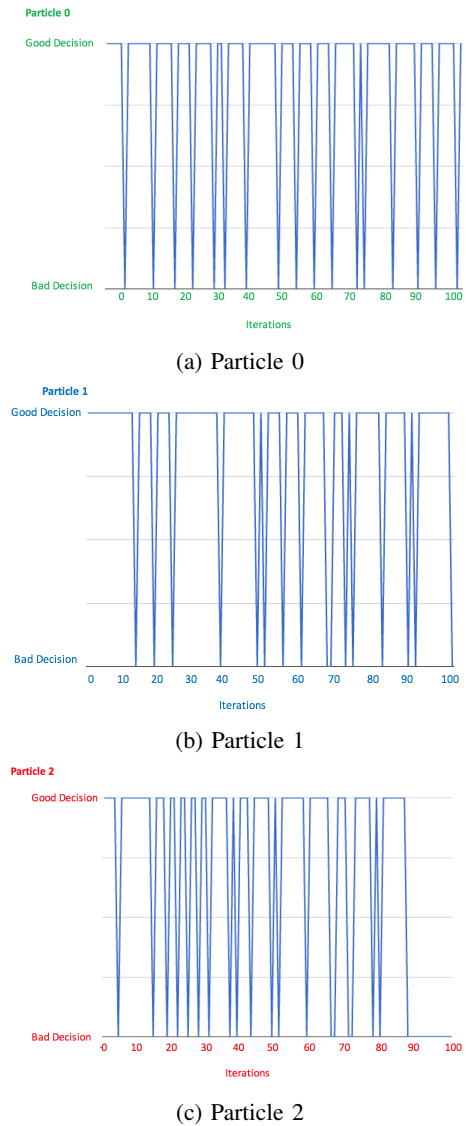


Fig. 5: Learning behaviours of the three particles.

The results of these graphs show that for the most part, the correct decision is usually made, which shows the hybridised algorithm does work. As mentioned before, an issue occurs when two particles move at the same time because they simply cannot predict what their fellow particles will do which causes proximity problems. This could simply be rectified by having certain particles in the topology moving in "turns". If one particle is not moving on a turn, this would allow the other particles to successfully move closer or further away from it without any conflict.

As can be seen in the graph for particle 2 (Fig. 5c), it started to make bad decisions for around 10 iterations which also continued after. This was because it drifted out of the radius of its topology and has no method of getting back into it. This is another problem that I believe could be simply rectified, if a technique was implemented to allow this lost particle to re-find or find another topology. Even a random search method would give decent results if the landscape was

well populated. I also changed the reward value from 5 to 0.5 but this had little to no difference shown in the graphs, as the subsequent discount factor and learning rate don't get enough of a chance to have a real impetus on the results. The changing of these parameters would be much more effective over longer iterations such as 500-1000, however the output configuration of NetLogo makes any further analysis other than observation hard.

VI. CONCLUSIONS

This paper presents a proof-of concept study for demonstrating the viability of building collaboration among multiple agents through standard Q learning algorithm embedded in particle swarm optimisation. A number of particles furnished with Q learning has been subjected to self training to act as members of a swarm and produce collaborative/collective behaviours. Following introducing the algorithmic foundation and structures, an experimental study is conducted to demonstrate that the formulated algorithm produces results supporting the aimed behaviours of the algorithm. The results are produced with very simplistic assumptions, where further enhancements require further extensive theoretical and experimental studies.

REFERENCES

- [1] N. Alechina, and B. Logan: Computationally grounded account of belief and awareness for AI agents, In Proceedings of The Multi-Agent Logics, Languages, and Organisations Federated Workshops (MALLOW 2010), Lyon, France, August 30 - September 2, 2010, volume CEUR-WS 627.
- [2] M.B. Ayhan, M.E. Aydin, and E. Oztemel: A multi-agent based approach for change management in manufacturing enterprises. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 26 (5), 2015, pp. 975-988.
- [3] M.E. Aydin, N. Bessis, E. Asimakopoulou, F. Xhafa, and J. Wu: Scanning Environments with Swarms of Learning Birds: A Computational Intelligence Approach for Managing Disasters. In IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA), 2011, pp. 332-339.
- [4] M. E. Aydin: Coordinating metaheuristic agents with swarm intelligence. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 4 (August 2012), 991-999.
- [5] M. E. Aydin, R. Kwan, C. Leung, and J. Zhang: Multiuser scheduling in hsdpa with particle swarm optimization, in Applications Of Evolutionary Computing, Proceedings, Giacobini, ed., vol. 5484 of Lecture Notes In Computer Science, 2009, pp. 71-80.
- [6] M. Aydin: Metaheuristic agent teams for job shop scheduling problems. In *Holonc and Multi-Agent Systems for Manufacturing*, 2007, pp. 185-194.
- [7] J. Bradtke, A. G. Barto, and P. Kaelbling: Linear least-squares algorithms for temporal difference learning, in *Machine Learning*, 1996, pp. 22-33.
- [8] L. Bull: Two Simple Learning Classifier Systems, in *Foundations of Learning Classifier Systems*, L. Bull and T. Kovacs, eds., no. 183 in *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, Springer-Verlag, 2005, pp. 63-90.
- [9] L. Bull and T. Kovacs, eds., *Foundations of Learning Classifier Systems*, vol. 183 of *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, Springer, 2005.
- [10] C. Claus and C. Boutilier: The dynamics of reinforcement learning in cooperative multiagent systems, in *In Proceedings of National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-98)*, 1998, pp. 746-752.
- [11] A. Colomi, M. Dorigo, V. Maniezzo, and M. Trubian: Ant system for job-shop scheduling. *Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science (JORBEL)*, 34(1) 1994, pp. 39-53.
- [12] X. Dong: Consensus Control of Swarm Systems, In *Formation and Containment Control for High-order Linear Swarm Systems*, 2016, pp. 33-51. Springer Berlin Heidelberg.
- [13] R. Eberhart and J. Kennedy: A new optimizer using particle swarm theory, in *Proc. of the 6th Int. Symposium on Micro-Machine and Human Science*, 1995, pp. 39 - 43.
- [14] J. Foerster, Y.M.Assael, N. de Freitas, and S. Whiteson: Learning to communicate with deep multi-agent reinforcement learning, In *Advances in Neural Information Processing Systems 2016*, pp. 2137-2145.
- [15] M. Gath: *Optimizing Transport Logistics Processes with Multiagent Planning and Control*. PhD Thesis, 2015, published by Springer Fachmedien Wiesbaden; 2016 Jul 11.
- [16] . M. Hammami, and K. Ghediera: COSATS, X-COSATS: Two multi-agent systems cooperating simulated annealing, tabu search and X-over operator for the K-Graph Partitioning problem, *Lecture Notes in Computer Science* 3684, 2005, p. 647-653.
- [17] L. M. Herczog: *Better manufacturing process organization using multi-agent self-organization and co-evolutionary classifier systems: The multibar problem*. *Appl. Soft Comput.* 13(3),2013, pp. 1407-1418.
- [18] H. Iima and Y. Kuroe: Swarm reinforcement learning algorithm based on particle swarm optimization whose personal bests have lifespans, in *Neural Information Processing*, C. Leung, M. Lee, and J. Chan, eds., vol. 5864 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin / Heidelberg, 2009, pp. 169-178.
- [19] A. Kazemi, M. F. Zarandi, and S. M. Husseini: A multi-agent system to solve the production distribution planning problem for a supply chain: a genetic algorithm approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 44(1-2), 2009, pp.180-193.
- [20] J. Kennedy and R. C. Eberhart: "A discrete binary version of the particle swarm algorithm," 1997 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. *Computational Cybernetics and Simulation*, Orlando, FL, 1997, pp. 4104-4108.
- [21] J. Kennedy, R. Eberhart, and Y. Shi.: *Swarm Intelligence*, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, USA, 2001.
- [22] J. R. Kok and N. Vlassis: Sparse cooperative q-learning, in *Proceedings of the International Conference on Machine Learning*, ACM, 2004, pp. 481-488.
- [23] M. Kolp, P. Giorgini, and J. Mylopoulos: Multi-agent architectures as organizational structures, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 13, 2006, pp. 3-25.
- [24] A. Kouider, and B. Bouzouia: Multi-agent job shop scheduling system based on co-operative approach of idle time minimisation. *International Journal of Production Research*, 50(2), 2012, pp.409-424.
- [25] P. Kouvaros and A. Lomuscio: Parameterised verification for multi-agent systems, *Artificial Intelligence*, 234, C (May 2016), pp. 152-189.
- [26] Y. Meng: *Recent Advances in Multi-Robot Systems*, I-Tech Education and Publishing, 2008, ch. Q-Learning Adjusted Bio-Inspired Multi-Robot Coordination, pp. 139-152.
- [27] S. Mohebbi, and R. Shafaei: E-Supply network coordination: The design of intelligent agents for buyer-supplier dynamic negotiations. *Journal of Intelligent Manufacturing* 23, (2012), pp.375-391.
- [28] L. Panait and S. Luke: Cooperative multi-agent learning: The state of the art. *Autonomous agents and multi-agent systems*, 11(3),2005, pp.387-434.
- [29] R. Poli, J. Kennedy, and T. Blackwell: Particle swarm optimization. *Swarm Intelligence*, 1 2007, pp. 33-57.
- [30] R. S. Sutton and A. G. Barto: *Reinforcement Learning: An Introduction*, MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1998.
- [31] M. Tasgetiren, Y. Liang, M. Sevkli, and G. Gencyilmaz: Particle swarm optimization algorithm for makespan and total flow-time minimization in permutation flow-shop sequencing problem. *European Journal of Operational Research*, 177(3) 2007, pp. 1930-1947.
- [32] G. Tesauro: Practical issues in temporal difference learning, in *Machine Learning*, 1992, pp. 257-277.
- [33] J. N. Tsitsiklis and R. Sutton: Asynchronous stochastic approximation and Q-learning, in *Machine Learning*, 1994, pp. 185-202.
- [34] J. Vazquez-Salceda, V. Dignum, and F. Dignum: Organizing multi-agent systems, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 11, 2005, pp. 307-360.
- [35] C. Watkins: *Learning from delayed rewards*, PhD thesis, Cambridge University, 1989.
- [36] C. Watkins and P. Dayan: Technical note: Q-learning. *Machine Learning*, 8, 1992, pp. 279- 292.
- [37] U. Wilensky and W. Rand: *An introduction to agent-based modeling: Modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo*, MIT Press, Cambridge, 2015.

An overview of the ‘maritime cloud’- for e-navigation global maritime distress safety system (GMDSS)

Veysel Tatar¹, Meriç B. Özer²

¹*Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, Hopa Meslek Yüksek Okulu, Artvin Çoruh Üniversitesi*
vtatar@artvin.edu.tr

²*Park Denizcilik ve Hopa Liman İşletmeleri A.Ş*
meric.ozer@hopaport.com.tr

Abstract

The Maritime Cloud is defined as: A communication framework enabling efficient, secure, reliable and seamless electronic information exchange between all authorized maritime stakeholders across available communication systems. The Maritime Cloud is the realization of the defined communication strategy for e-navigation as described in the strategy for e-navigation in the report of IMO MSC85 (MSC 85-26- Add.1): A communication infrastructure providing authorized seamless information transfer on board ships, between ships, between ship and shore and between shore authorities and other parties with many related benefits. This document provides a description of the Maritime Cloud and a view of how the Maritime Cloud can be applied to the future of e-navigation in terms of its core components, its applicability to the prioritized enavigation solutions, relationship with GMDSS.

Aile şirketlerinde kurumsallaşma: Karabük ili demir çelik sektöründe bir uygulama

Hande Vurşan¹, Ömer Kıvrak¹, Erkan Sami Kökten¹, Günay Özbay¹, Tuğba Tunacan¹

¹Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi

handevursan@karabuk.edu.tr, omerkivrak@karabuk.edu.tr, erkansamikokten@karabuk.edu.tr, gozbay@karabuk.edu.tr, tugbatunacan@karabuk.edu.tr

Özet

Dünyada varlığını sürdüren şirketlerin birçoğu aile şirketlerinden oluşmaktadır. Aile şirketlerinin bir kısmının kısa sürede yok oldukları düşünülse de birçoğu büyüyerek iyi şirketler arasına girmeyi başarmaktadırlar. Büyüyen bu şirketler kurumsallaşarak varlıklarını sürdürmektedirler. Bu çalışmada, Karabük'te demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin kurumsal olup olmadıkları, kurumsallaşma faaliyetinde ise karşılaştıkları sorunları tespit etmek ve önerilerde bulunmak amaçlanmıştır. Çalışmada ayrıca işletme yöneticilerinin kurumsallaşma hakkındaki görüşlerine de değinilmiştir. Çalışmada anket yönteminden yararlanılmış olup, toplam 50 sorudan oluşan anket formundaki ilk 5 soru katılımcıların demografik özelliklerini belirlemeye yöneliktir. Diğer 4 soru ise işletmelerin özellikleri (türü, hukuki yapısı, faaliyet süresi vb.) ile ilgili olup, kalan 41 soru kurumsal yönetim uygulamalarına yöneliktir. Çalışma sonucunda, araştırmaya katılan aile işletmelerinin kurumsallaşma göstergelerine bakıldığında, yöneticilerin işletmelerinin kurumsallaşması konusunda fikir sahibi oldukları ve işletmelerini kurallı bir yapı haline dönüştürmeye çalıştıklarını söylemek mümkündür. Ancak, bu anlayış çoğunlukla genç yaştaki yöneticilerde yer bulmakta iken, kurucu kuşağın olumsuz yaklaşımı ve kurumsallaşmayı maliyet unsuru olarak görmesi söz konusudur. Çalışmaya katılan işletmelerin %38.9'u birinci nesil ve %38.9'u ikinci nesil ile yönetilmektedir. Bunun göstergesi demir-çelik sektöründe faaliyet gösteren işletmeler genellikle genç işletmelerdir. Bunun nedeni aile işletmelerinde kurumsallaşma aşamasında sıkıntılar meydana geldiği için ömürleri kısa olmaktadır. Ayrıca genç işletmeler, devir işlemleri esnasında işletmenin profesyonel kişilere devredilmediğini de göstermektedir.

Security vulnerabilities of the internet of things

Ahmet Nusret Özalp¹, Zafer Albayrak², Ahmet Zengin³

¹*Republic of Turkey Ministry of National Education*

ahmetnusretozalp@ogrenci.karabuk.edu.tr

²*University of Karabuk*

zalbayrak@karabuk.edu.tr

³*University of Sakarya Turkey*

azengin@sakarya.edu.tr

Abstract

The Internet of Things (IOT) is a communication network in which physical objects are connected to each other or to larger systems. It is contemplated that the objects (Unique Identifier) can be marked with a single key to work together over the internet network or that each smaller piece may unite to form a larger system. If IOT needs to be elucidated; it is the ability of objects in everyday use to receive and send and store the data over the internet network. Objects store a large part of the available data in the so-called cloud. Nowadays the exposure of cloud Technologies to attack has rendered these as an insecure field, bringing security problems alongwith it in the world of IOT.

Mechanisms such as administrative security controls, account control, malicious insiders, privacy, data sorting alongwith sensitive data access are part of insecure space in this region. The possible security weaknesses of this large data set consistute the weak area of cyberspace. Correspondingly, the generated solutions such as Cryptography, Public Key Infrastructure (PKI) and APIs are being studied to improve the virtualization and legal support environment. While taking the risks into consideration, the hesitations about the security of the data are not eliminated.

An IoT based proactive maintenance management for mechatronic systems

Ekrem Caliskan¹, Gökhan Atalı¹, Durmuş Karayel¹, S. Serdar Özkan¹, Recep Kılıc¹

¹*Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye*

¹*ekrem.caliskan@ogr.sakarya.edu.tr, gatali@sakarya.edu.tr, dkarayel@sakarya.edu.tr, sozkan@sakarya.edu.tr, recepkilic@sakarya.edu.tr*

Özet

Maintenance management helps to keep industrial systems in their optimum operating conditions. Thus, industrial maintenance is an inevitable service for an efficient production system. Essentially, the nominal life of each part of industrial products is anticipated by the designers in their design phase. Depending on this approach, the design life of most equipment requires periodic maintenance. However, the operating conditions and environment of many industrial equipment directly affect the maintenance period. For example, belts need a proper adjustment and alignment. Rotating elements require a proper lubrication, and so on. Therefore, the nominal life anticipated at the design stage does not occur for most industrial system components. This case is a very important risk factor for critical sectors. On the other hand, the conventional maintenance programs such as reactive, preventive and predictive cannot provide successful to adequately contribute to the solution of the problem. This study have been focused to investigate different approaches to how maintenance can be performed to ensure equipment reaches its design life. So, the main purpose of the study is to determine mechatronic system failures before they occur. For this purpose, as an initial study, a general framework for internet of things (IoT) based maintenance management model have been developed.

Intelligent electrical networks: Problems and solutions

Oybek Ishanzarov¹, Ziyodulla Yusupov²

¹*Scientific and Technical Centre of JSC Uzbekenergo*
oybek.ishnazarov@gmail.com

²*Karabuk University*
ziyodulla@gmail.com

Abstract

In the last decade Smart Grid technologies have been developing in the advanced countries of the world, which are considered as a basis for modernization and innovative development of the electric power industry. The newest technologies used in networks based on adaptation of equipment characteristics depending on the situation, active interaction with generation and consumers allow creating an efficiently functioning system in which modern information and diagnostic systems are integrated, automation systems for managing all elements included in production processes, Transmission, distribution and consumption of electricity. The electrical network from a passive device for transport and distribution of electricity is transformed into an active element whose parameters and characteristics vary depending on the requirements of real-time operating modes in which all subjects of the electricity market (generation, network, consumers) take an active part in the transmission and distribution processes. For the purpose of achieving energy efficiency, reducing losses, in addition to the use of modern economical equipment and technologies, systems with a regulated electric drive of process equipment are used. On the basis of multi-agent systems, a technology for monitoring and diagnosing electrical networks in real time will be developed. In this paper, the technology of adaptive automated and automatic control is presented.

General framework model for energy efficiency in cement plants by using industrial internet of things (IIoT)

Ahmet Kolip¹, Gökhan Atalı¹, S. Serdar Özkan¹, Durmuş Karayel¹

¹*Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye*

akolip@sakarya.edu.tr, gatali@sakarya.edu.tr, sozkan@sakarya.edu.tr, dkarayel@sakarya.edu.tr

Abstract

The cement industry is one of the most important supporting elements of construction sector and it has a very important role in the economy of countries. On the other hand, in this sector, the cost of energy contains a very important part of the total production costs. Therefore, to reduce production costs without negatively affecting product quality, the most important possibility is to use energy efficiently. In other words, energy efficiency is an inexpensive opportunity to reduce production costs and even pollutant emissions of the plant while the other solutions are expensive and inefficient. At cement production, there are a lot of sub processes such as raw material extraction, crushing, grinding, pre-heater phase, kiln phase, cooling, final grinding, packing and shipping. So, the plant is an integrated system consisting of a number of sub-units. Moreover, these subsystems are in remote locations to each other. The control of such very large integrated systems is difficult and it requires to use Distributed Advanced Control Systems. In this study, Industrial Internet of Things (IIoT) has been used for improve energy efficiency in cement plants. The IIoT is the use of Internet of Things (IoT) technologies in industry and it particularly is suitable for large enterprises. Because, the Industrial Internet, IIoT incorporates machine learning and big data technology, harnessing the sensor data, machine-to-machine (M2M) communication and automation technologies that have existed in industrial settings for years. This study is the first step of a very comprehensive project and is a general framework. In the study, firstly the energy use of plant has been analyzed and the current energy efficiency has been evaluated. After, a model based on energy efficiency has developed by using IIoT. It will be expected that this model will be the basis for future studies.

Endüstriyel mobil robotların QR kod tabanlı yol planlaması

Gökhan Atalı¹, Sinan Serdar Özkan¹, Durmuş Karayel¹, Zeynep Garip¹

¹Mekatronik Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye
gatali@sakarya.edu.tr, sozkan@sakarya.edu.tr, dkarayel@sakarya.edu.tr, zbatik@sakarya.edu.tr

Abstract

Günümüz endüstrisinde mobil robotların yeri ve önemi her geçen gün artmaktadır. Endüstride sıralama, taşıma ve yerleştirme gibi amaçlarla mobil robotların kullanımı artık bir tercih değil gereksinim haline gelmektedir. Çizgi, manyetik alan, kızılötesi ışın veya görüntü izleme gibi metotlarla, mobil robotların konumlandırılması ve yol planlamalarının yapılması mümkündür. Bu metotların kullanımı, uygulama sahalarına göre değişiklik arz etmektedir. Endüstride başlangıçta çizgi izleyen taşıyıcı mobil robotlarla başlayan mobil robot uygulamaları gün geçtikçe kendini geliştirmekte ve farklı metot arayışlarına geçilmektedir. Endüstri 4.0 başlığı altında konu incelenecek olursa mobil robotların kabiliyetlerinin yenilikçi teknolojilerle donatılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Hızlı, etkili ve pratik çözüm sunabilecek mobil robotlara olan ihtiyaç, akademisyenler ve ticari ürün geliştiricileri tarafından incelenmektedir. Bu çalışmada, dağıtık hareket kabiliyetine sahip endüstriyel mobil robotların yol planlaması üzerine QR kod tabanlı bir çalışma yürütülmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla mobil robot çalışma alanı, koordinatlar QR kodlar ile temsil edilecek şekilde matris formunda hazırlanmıştır. Bu şekilde geliştirilen yol planlama algoritması mevcut algoritmaların bir türevi olarak değerlendirilebilmektedir.

ERP ve Endüstri 4.0 uygulamalarının Makine Mühendisliği eğitimine sağlayacağı katkıların araştırılması ve analiz edilmesi

Mustafa Burak Günay¹, Fatih Akkoyun¹, Özel Sebetci¹, İsmail Böğrekci¹

¹*Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye*

burak.gunay@adu.edu.tr, fatihakkoyun@live.com, osebetci@adu.edu.tr, ibogrekci@adu.edu.tr

Özet

Günümüzde yaygın olarak kullanılan ERP (Kurumsal Kaynak Planlanması) ile kurumlar, tedarikten dağıtımına kadar tüm iş süreçlerini takip edebilmektedir. ERP, veri/bilgi yönetim sistemi sayesinde kurumların, iş sürecini bir bütün olarak yönetmesini sağlayan kapsamlı ve modüler bir yazılım paketidir. Son yıllarda bilinirliği oldukça artan Endüstri 4.0 akıllı fabrika sisteminin oluşmasını sağlamanın yanında üretimin de kayıt altına alınmasını sağlamaktadır. Küreselleşen dünyada rekabetin artmasıyla, tüm sektörler her konuda kendini geliştirmiş mühendislere ihtiyaç duymaktadır. Mühendislerin teorik bilgisinin olması ancak uygulamada yaşadıkları eksiklikler genel bir kaygı oluşturmaktadır. Mühendislerin ilk iş deneyimlerinde, işverenler kısa sürede mühendislerden adaptasyon beklemektedirler. Çalışmada, bu adaptasyonu en kısa süreye indirmek için Makine Mühendisliği öğrencilerine yönelik ERP ile Endüstri 4.0'ın entegre olarak nasıl kullanılabileceği gerçek örnekler ile açıklanmaktadır. Bu doğrultuda Lisans eğitiminde “ERP ve Endüstri 4.0 Uygulamaları” dersinin verilmesinin gerekliliğini araştırmak için yapılmış anket sonucunun analizi grafikler yardımıyla açıklanmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada, ERP kullanımının makine mühendisliği alanındaki etkileri ve meydana getirebileceği faydalar belirlenmiştir. İş sahalarından alınan gerçek veriler kullanılarak analizler yapılmıştır. Elde edilmiş verilerden ERP uygulamasının mühendisliğe sağladığı katkı verim açısından değerlendirilmiş ve bu sonuçlar oransal olarak grafiklerle raporlanmıştır. Ayrıca “ERP ve Endüstri 4.0 Uygulamaları” isimli bir dersin Makine Mühendisliği Lisans eğitiminde verilmesinin faydaları ortaya konulmuştur.

Rule-based monitoring system for internet of things (IoT) device

Sultan Murat Yilmaz¹, Mehmet Şimşek¹

¹*Duzce University*

s.muratyilmaz55@gmail.com, mehmetsimsek@duzce.edu.tr

Abstract

More and more devices are being developed every day to make life easier. Most of these devices can be controlled and remotely monitored by integrating into existing systems or deploying as new systems. With the IoT era, devices will be easier and more secure to communicate. However, monitoring and controlling of large numbers of devices is a problem. For this purpose, there is a need for automated monitoring and controlling softwares. In this study, a device has been developed for measuring pH, free chlorine and temperature values from a swimming pool and transferring these data to a remote server. Also, rule-based monitoring software for IOT devices has been developed. With the developed software, the rules for the data obtained from the device are defined and warnings can be given according to these rules. Similarly, it may also be possible to fulfill a certain task (e.g. the operation of another device that delivers necessary chemical for pH balancing) as a result of the rules. It is also possible to define rules for data received from different devices with the developed software and to define tasks according to these rules.

Control of distributed energy resources integration to main grid

Roman Zakhidov¹, Abdulla Arifjanov², Ziyodulla Yusupov³

¹*"Energy" Scientific-Technical Center of JSC "Uzbekenergo"*
r.zakhidov@mail.ru

²*SICCT at Tashkent University of Information Technologies*
arifjanov@yandex.ru

³*Karabuk University*
ziyodulla@gmail.com

Abstract

Nowadays, the concept of distributed generation is increasingly popular and becoming a real alternative to traditional energy supply from centralized networks. The distributed generators of electricity integrated into Unified Energy System (UES), represent difficult system in which communication between observable parameters and a system condition has difficult and ambiguous character. Therefore, the approach to automatic control systems, based on control of output parameters, is inadequate in fact. In this case, formation of output influence should be executed based on data of the object current condition. In this paper are consider the control problems of distributed generators connection into a main grid and control of distributed generators' operating modes.

Application of fuzzy PROMETHEE technique to nuclear medicine image reconstruction algorithms

Dilber Uzun Ozsahin¹, Nuhu Abdulhaqq Isa¹, Berna Uzun², Ashghan Abu Farah¹, Ilker Ozsahin¹

¹*Department of Biomedical Engineering, Near East University
Near East University Near East Boulevard, ZIP: 99138 Nicosia TRNC Mersin 10 – Turkey
dilber.uzunozsahin@neu.edu.tr, annuur55@gmail.com, Allah_nabdalqolob@hotmail.com,
ilkerozsahin@windowsslive.com*

²*Department of Mathematics, Near East University
Near East University Near East Boulevard, ZIP: 99138 Nicosia TRNC Mersin 10 – Turkey
berna.uzun@neu.edu.tr*

Abstract

Image reconstruction is an intrinsic part of nuclear imaging and is achieved by using various image reconstruction algorithms. Over the past years, various reconstruction algorithms have been developed with various image quality parameters that affect the diagnosis quality of the resultant image. Image reconstruction is performed using mathematical algorithms like FBP, MLEM, OSEM, OE, SOE and LM-OSEM etc. These reconstruction algorithms have various closely related image quality parameters associated with them that constitute to a good or bad image. Some of these image quality parameters include image noise, contrast resolution, specificity, sensitivity, accuracy, iteration, SNR, CNR, general image quality, sharpness, blurriness as well as time etc. Nuclear radiologists are faced with the problem of deciding which algorithm is best for a particular diagnosis due to the close relation between these parameters. Incorporation of decision making theories in to image reconstruction algorithms can be of great ease and accuracy in nuclear imaging for specific diagnosis. This project seeks to evaluate and compare some of the image quality parameters of some reconstruction algorithms using multi criteria decision making technique or theories to ease the process of decision making in Nuclear medicine imaging. Our decision theory of interest is fuzzy PROMETHEE.

The PROMETHEE technique is a multi-criteria decision making technique developed by Brans et al. (1984, 1986) work on the principle of mutually comparing related alternatives with regards to their related and selected criteria. The advantages of PROMETHEE model is seen on its efficiency and easiness in conception and application compared to other MCDM methods. Fuzzy logic on the other hand is a form of multi valued logic that allow intermediate values in form of multi valued logic which the truth values of variables maybe any number between 0 and 1 but conceptually distinct due to different interpretations, where binary sets have true or false valued logic. Fuzzy logic variables may have a truth values that ranges in degree, where the truth values can range between completely true and completely false. Fuzzy logic is applied to improve the efficiency and simplicity of the design process.

There have been very few research based on the approach of fuzzy PROMETHEE (F-PROMETHEE). In the real life conditions, most times we are not able to collect crisp data to define a problem properly and make an optimal decision. Using Fuzzy sets allows the decision maker to define the problem under the vague condition which is more realistic. The main aim of the Fuzzy PROMETHEE model was proposing a comparison between two fuzzy sets. For this aim, Yager (1981) found an index which is determined with the center of weight of the surface of the membership function to compare the fuzzy numbers. Yager (1981) define the magnitude of a triangular fuzzy numbers $\tilde{F} = (n, a, b)$ corresponding to center of triangle with the $YI=(3n-a+b)/3$ formula. In our F- PROMETHEE application we will apply to Yager index.

Thermo-mechanical finite element modeling of shape memory alloy for the simulation of industrial application

Nihat Akkus¹, Hüseyin Yuçe¹, Eray Tufekci¹

¹*Marmara University*

nihat.akkus@marmara.edu.tr, huseyin@marmara.edu.tr, eraytufekci@gmail.com

Abstract

This study aims to develop a model for the modeling of Shape Memory Alloy (SMA), known as intelligent metal by analysis of Finite Element Model (FEM). It is an important task to determine whether the SMA to be used in industrial applications is a wire or a spring form, which depends on the shape and mechanical properties of the SMAs. The force and displacement to be achieved is depend on the voltage value and length of the SMA, making the simulation of the application process necessary. For this reason, it is very important to make the simulations with correct model in FEA.. In the study, the mechanical and thermo-mechanical properties of SMA were used to investigate the effect of temperature on the applied voltage, as well as the mechanical displacement as well as force. It is believed that the FEA model which is proposed in this study will facilitate the system design process and that these processes will be minimized.

Gıda sektöründe Endüstri 4.0 uygulamalarının verimliliğe etkisi

Muharrem Ünver^a, İbrahim Çil^b

*^aEndüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi
78050, Karabük, Türkiye
muharremunver@karabuk.edu.tr*

*^bEndüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi
54187, Sakarya, Türkiye
icil@sakarya.edu.tr*

Özet

Gıda sektöründe Endüstri 4.0 'a geçişle beraber üretimde; lojistik ve satış sistemlerinden toplanan büyük veri setleri, gelişmiş seviyede analiz edilerek, şirketlerin pazar talebini daha doğru tahmin etmelerine yardımcı olacaktır. Bu durum, pazarın doğru ürünü, doğru zamanda, doğru yere tahsis etmesini sağlayacak olup, talep tahminlerinde coğrafi seviyede yaşanacak iyileşme ile, lojistik planlarının optimize edilmesini sağlayarak, hafif gıda ürünlerinin birim ulaştırma maliyetlerini düşürecektir. Bu da, toplam maliyette %5-9 arasında verimlilik artışını mümkün kılmaktadır. Tarımda da üreticilerin yıl boyunca yapacakları aktiviteler yönetim sistemlerinde takip edilerek uçtan-uca verimlilik artırılacaktır. Tedarikçilerin verimliliği arttıkça, 'tam-zamanında üretim' iyileşecek, envanter maliyetleri düşecek ve paketleme hataları da asgariye inecektir. Üretim, satış ve lojistik sistemlerinin dikey entegrasyonu, gelişmiş güvenlik protokolleriyle korunan bulut yapılarında büyük verilerin üretilmesini sağlamakla beraber bu verilerin mantıksal analizi, kapasite kullanımını iyileştirerek ve gerçek zamanlı performans izlemeyi ve raporlamayı mümkün kılacaktır. Bunlara bağlı olarak, % 9–12 arasında potansiyel verimlilik artışı beklenmektedir.

A smart waste-garbage container equipped by internet of things

İbrahim Çil^a, Muharrem Ünver^b

*^aDepartment Of Industrial Engineering, Sakarya University, Engineering Faculty
Esentepe Campus, 54187 Sakarya, Turkey
icil@sakarya.edu.tr*

*^bDepartment Of Industrial Engineering, Engineering Faculty, Karabük Üniversitesi
78100 Karabük, Turkey
muharremunver@karabuk.edu.tr*

Abstract

The internet of things; things that have a digital network and an internet are in a physical and social context with their environment through the acquisition of a virtual identity. The internet of things has become a broad and inclusive concept for people, since almost always dominate their daily life. Such that, it can also be evaluated for intelligent waste-garbage containers. Beginning to design the garbage containers in the form of wireless internet (Wi-Fi) transmission points is a good example in terms of the extent to which the things of the Internet are spreading. In this content, internet users can download an HD movie in 9 minutes and upload 200 pictures in 30 seconds when each garbage container is calculated to provide internet access at 50-75 megabits per second with this connection speed. So, wireless internet access will spread to every street. The garbage containers fitted with solar panels, which can be counted as "Smart", send the waste water to the sewerage by compressing the garbage through a conduit in the container with the electricity which produces. Also, the garbage container will report to the center when the objects start to fill and smell thanks to the internet equipment. According to incoming notifications, garbage truckers track which garbage cans they need to evacuate first, according to a schedule.

Pazarlama alanında Endüstri 4.0 ve karar destek sistemi entegrasyonu

İbrahim Çil¹, Muharrem Ünver², Ezgi Alanlar³

^{1,3}Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya
icil@sakarya.edu.tr, ezgi.alanlar@gmail.com

²Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük
muharremunver@karabuk.edu.tr

Özet

Gelişen teknoloji ile birlikte üreticiler ile tüketiciler arasındaki fiziki mesafenin artmış olması ve bu süreçte birçok aracı kişi ve kuruluşun yer alması, sürekli olarak karar alma durumunda olan yöneticiler için belirsizliği arttıran bir unsurdur. Bu belirsizlik ortamında pazarlamanın temeli olan hedef pazarın belirlenmesi, yeniliklere ve trendlerin hızlı değişimine uyum sağlayacak şekilde sürekli olarak gözden geçirilmesi gibi objektif ve doğru kararların alınmasında karar destek sistemlerinden faydalanılmaktadır. Karar Destek Sistemleri (KDS) de Endüstri 4.0 sürecinde, ilgili pek çok sektörde karar verme aşamalarında yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada, Endüstri 4.0'ın tasarım ilkelerinden faydalanılarak, pazarlama sektöründe karar verme sürecinin yapısı incelenmiş olup, örnek bir uygulamaya yer verilmiştir. Sonuçta, Endüstri 4.0'ın pazarlama sektöründeki entegrasyonu değerlendirilerek, sunduğu fırsatlar ele alınmıştır.

Automation in production system and an application in welding process

Süleyman Ersöz*, A. Kürşad Türker*, Adnan Aktepe*, Melda Kokoç*, M. Emre Tuğlu**

**Department of Industrial Engineering, Kırıkkale University, Kırıkkale, TURKEY*
ersoz40@hotmail.com, kturker@yahoo.com, aaktepe@gmal.com, meldabagbasi@gmail.com

***A.DÖKSAN DÖKÜM SAN.VE TİC.LTD.ŞTİ., Tuzla, İstanbul*
muhammed.tuglu@adoksan.com

Abstract

Developing technology and changing processes in recent years have forced companies to reconsider their business policies. Companies have also been coerced to develop appropriate strategies to identify targets that are proper for evolving conditions and to achieve these targets. The most important factors that distinguish today's companies from their competitors are; To be able to adapt to changing conditions and to respond to customer requests with flexible organization structure. Due to the changing production and consumption conditions, importance of mechanization and automation in production sector has increased. Many companies have begun to give more place to automation systems in production line. One of the basic elements of automation systems is robotic systems. With these systems, operations that require susceptibility or power are performed quickly and accurately. System developed in this study offers innovative solutions compared to systems produced in automation sector in terms of being compatible with different products. Proposed system enables the welding of boiler manufacturing, where standard measurements are difficult to achieve on a individual basis, and / or welding of different products in a similar structure, can be done automatically without human touching. In addition, this system prevents workers from being exposed to the gas, light and flame they are exposed to during the welding process.

As novel dental composites filler: Azol functional SiO₂

Ayşe Aslan¹, Sedef Kaptan¹

¹*Department of Biyoengineering, Gebze Technical University
Kocaeli 41400, Turkey
ayseaslan@gtu.edu.tr, sedefkaptan@gmail.com*

Abstract

As an alternative conventional dental composites, we developed them containing PGMA and functional nanoparticles to eliminate periodontal disease causing bacteria. Also, the silica(SiO₂) nanoparticles enables the composite to prevent oral pathogen growth during orthodontic therapy. The epoxy functional SiO₂ nanoparticles modified with triazole and aminotetrazol in order to obtain azol functional SiO₂ molecules via ring opening of the epoxy ring. FT-IR, SEM, DSC, mechanical test, antibacterial test and TGA analysis were confirmed the functionalization of SiO₂.

Human are brush their teeth in order to prevent plaque and provide for good oral hygiene. However various oral bacteria still remain on the oral cavity. Therefore, these residual microorganisms may cause tooth diseases [1]. Treatment of tooth diseases, composites are significant materials which are becoming more durable with advances in the filler particles, monomer matrices, improved adhesive systems, and polymerization devices. Commercial dental restorative composite materials generally consist of three ingredients. The first ingredient is an organic phase with an initiator, diluents, pigments and stabilizers. The second ingredient consists of an inorganic phase such as colloidal silica, glass powder, or quartz. The third ingredient is an interfacing phase acting as a coupling agent between the organic monomer system and inorganic filler material [2].

Failure of dental composite to perform is often due to failure in layer interface. The wetting ability of the adhesive is essential to the formation of a quality bond. The difference in the free energies of the adhesive and solid surface dictates the manner of interaction. High energy surface is easily wetted, while low energy surface causes the adhesive to bead up on the surface. For optimal wetting solid surface energy should be maximized by surface treatments, which are usually able to expose charged groups or other high energy structures on the surface being treated [3]. Although the main reasons for failures of dental composite are usually going on mechanical fatigue, and development of caries lesions adjacent to restorations, the presence of residual microorganisms along the cavity margins or interfaces is inarguably a component playing a role on the development of secondary caries. As a result of this dental composite should provide restoratives materials with antibacterial potential [4]. Current studies are a special emphasis on antibacterial materials for dental applications to control the formation of biofilms within the oral cavity [5]. Bacterial biofilm can be decisive in the formation and progression of peri-implantitis, so inhibiting or decreasing the bacterial colonization of the implant surface in order to reduce biofilm formation is important for the treatment of peri-implantitis. Functional SiO₂ nanoparticles are highly effective for active molecules with different effects on cells and bacteria such as induction of cell proliferation, cell differentiation, or antibacterial properties. Azol units may also induce such biological effects by themselves [6]. Although widely employed approach is to incorporate quaternary ammonium based monomers into the resin formulas, the antimicrobial effects of the resulting resins were rather weak. Another option is to use antimicrobial inorganic fillers which are entrapped in the crosslinked polymers to provide antimicrobial functions [2].

Antibacterial activity of dental adhesives have been made either by the addition of soluble antimicrobial agents, or immobilisation of antibacterial components in the matrix. Nonetheless, the release of antibacterial agent could incline an unfavorable effect on mechanical properties, toxicity and short-term antibacterial effectiveness whilst, the immobilisation of antimicrobial agents frustrates or reduces colonisation of contacted bacteria without leaching out from the material, resulting in long-lasting antibacterial activity without unfavorable effects on mechanical properties and bonding characteristics. PGMA and MMA polymers containing quaternary ammonium groups exhibit bactericidal activity [7].

- [1] S. J. Lee, M. H., D. Lee, S. Han, J. H. Moon, H. N. Lim, K. Kwon. Preparation and characterization of antibacterial orthodontic resin containing silver nanoparticles *Applied Surface Science*, 7 (2017).
- [2] R. Srivastava, Y. Sun. Silver sulfadiazine immobilized glass as antimicrobial fillers for dental restorative materials, *Materials Science and Engineering* 75, 524–534 (2017).
- [3] P. Mehtälä, D.H. Pashley, L. Tjäderhane. Effect of dimethyl sulfoxide on dentin collagen, *Dental materials* 33, 915–922 (2017).
- [4] A. R. Cocco, T. T. Maske, R. G. Lund, R. R. Moraes. The antibacterial and physicochemical properties of a one-step dental adhesive modified with potential antimicrobial agents, *International Journal of Adhesion & Adhesives* 71, 74–80 (2016).
- [5] J. H. Lee, P. Velmurugan, J. H. Park, K. J. Lee, J. S. Jin, Y. J. Park, K. S. Bang, B. T. Oh. In vitro fabrication of dental filling nanopowder by green route and its antibacterial activity against dental pathogens, *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology* 159, 229–236 (2016).
- [6] M. Godoy-Gallardo, M. C. Manzanares-Céspedes, P. Sevilla, J. Nart, N. Manzanares, J. M. Manero, F. J. Gil, S. K. Boyd, D. Rodríguez. Evaluation of bone loss in antibacterial coated dental implants: An experimental study in dogs, *Materials Science and Engineering* 69, 538–545 (2016).
- [7] A. Almaroof, S.A. Niazi, L. Rojo, F. Mannocci, S. Deb. Evaluation of dental adhesive systems incorporating an antibacterial monomer eugenyl methacrylate (EgMA) for endodontic restorations, *Dental materials* 33, 239–254 (2017).

Comparison of MAC protocols in terms of energy consumption in different dBm power

Zafer Albayrak¹, Hatem Musa¹

¹*Karabuk University*
zalbayrak@karabuk.edu.tr, htoph@yahoo.com

Abstract

Among the wireless communication technologies, there are wireless body area networks which can be defined as a minimized network consists of sensing devices which mainly work on or around the human body. In this paper, we compared between many MAC protocols such as SMAC, TMAC, BMAC, BANMAC and ZIGBEE MAC, in terms of energy saving. We used Simulation OMNET++ and we made scenarios. The first scenario is a 6 node in addition to sensor and the second scenario is four persons in one room and each person has six nodes. So, the summation is 24 nodes as a total. We calculate power consumption, and packets congestion with the using of two different sensor output power. A performance evaluation of criteria was given for the five MAC layer protocols and results are briefly evaluated.

Industry 4.0 & CAD: Psychological diagnosis with audivisual data

Turgut Özseven*, Muharrem Düğenci[†]

**Department of Computer Engineering, Gaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey
turgut.ozseven@gop.edu.tr*

*[†]Department of Industrial Engineering, Karabük University, Karabük, Turkey
mdugenci@karabuk.edu.tr*

Abstract

Industry 4.0, the 4th Industrial Revolution or the 4th Industrial Revolution was first used in 2011 at the Hannover Fair in Germany. Industry 4.0 basically aims to bring industrial and information technology together. It includes cyber-physical systems, the internet of things, cloud computing and cognitive computing [1]. Industry 4.0 technology will help to detect defects and production errors early and improve quality. Industry 4.0 is aiming at modular intelligent factories, monitoring physical processes with cyber-physical systems so that objects communicate with each other and with humans, making decentralized decisions. The purpose of the Industry 4.0 is not free from human factory. It is to create a human-focused, high value-added organization for all stakeholders with the use of information technology capabilities [2]. Computer Aided Diagnosis (CAD) is the incorporation of information technology into decision-making processes to support medical field experts. CAD is an interdisciplinary technology that combines artificial intelligence and computer vision with image and speech processing. CAD systems are used to detect abnormalities in data used for diagnostics. Mostly radiological imaging can also be used on speech data as it is the essential data in use [3].

The emotional state of people causes changes in sound structure and face expressions. This situation causes audivisual changes. Audivisual data is also indicative of the person's identity, mental status and physical health. Objective and subjective methods are used for psychological diagnosis, emotional state detection and person recognition. Perceptual evaluation is a subjective evaluation method and is performed by interpretation of the data by experts and by scale data. For this reason, the results vary according to the expert's experience. In order to overcome this problem, objective evaluation methods are used. When objective evaluation is performed, facial expressions are processed by image processing methods and speech are processed by acoustics analysis. The variation of the parameters obtained after the processing of the audiovisual data and the diversity of the affected parameters can be used for psychological diagnosis and emotional state detection [4].

The main purpose of Industry 4.0 is industry-oriented, but also includes the human-focused use of information technology capabilities. When it is considered from the viewpoint of the health sector, it is aimed to capture this revolution by the pharmaceutical industry with the production of medical devices, filling machines and digital codes on medicine. CAD systems have been a subject for many years. However, the use of these technologies as human-oriented can also be evaluated within the scope of Industry 4.0. For psychological diagnosis, the expert needs to pass oral or visual communication with the patient, to apply evaluation questionnaires and to constantly follow the patient. In short, the patient and the expert should have the same place. Within the scope of communication of objects, which is the main topic of Industry 4.0, the necessity of having the same place for the patient and the expert can be removed. Figure 1 gives an example of a CAD system compatible with Industry 4.0.

According to Figure 1, the necessity of the expert and the patient to be in the same place has been abolished. Thus, the audiovisual and scale data of the patient can be stored in the virtual environment and used for psychological diagnosis. The psychologist can make a diagnosis by accessing the data on the cloud technology, expert can reach the results obtained through the CAD system. The most important limitation in this given system is that the content of the text to be read or the speech to be read by the patient is triggered by the psychological disorder. Furthermore, it is not possible to apply this system for all diagnostic systems in the health field. Because, besides audiovisual communication with the patient, individual examination may also be necessary.

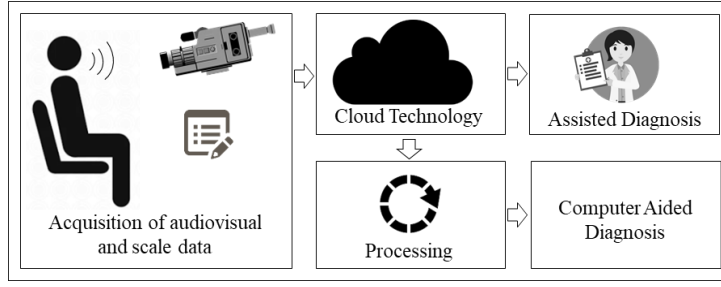


Figure 1. A sample system for Industry 4.0 and CAD systems.

- [1] Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016, January). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In *System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on* (pp. 3928-3937). IEEE.
- [2] Internet: Endüstri 4.0 Platformu, <http://www.endustri40.com/hakimizda/>, (2017).
- [3] Özseven, T., Ertürkler, M., Nurmhammed, M., Gül, M., & Harputluoğlu, M. (2012, July). Quantifying the necrotic areas on liver tissues using support vector machine (SVM) algorithm and Gabor filters. In *Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA), 2012 International Symposium on* (pp. 1-5). IEEE.
- [4] Özseven, T. (2017). Ses analizinde akustik parametrelerin tespiti ve anksiyete bozukluğunun akustik parametrelerle ilişkisinin araştırılması. Ph.D. Thesis, *Department of Computer Engineering, Karabük University*.

Vehicle routing problem with simultaneous pickups and deliveries

Alper Hamzadayı¹, Çağrı Sel²

¹*Yuzuncu Yil University*
alperhamzadayi@yyu.edu.tr

²*Karabük University*
cagrisel@karabuk.edu.tr

Abstract

In this study, we address a scheduling problem. The addressed scheduling problem is one of the special cases of the classical vehicle routing problem. The problem consists of pickups and deliveries and divided into two different categories; (i) simultaneous or (ii) mixed pickups and deliveries. (i) In the simultaneous form, demand customers may both receive and send goods comparing to (ii) the mixed form in which the customers may have either pickup or delivery demand. In this study, we develop a hybrid heuristic to solve the vehicle routing problem with simultaneous pickups and deliveries. The heuristic approach brings the complementary strengths of single solution based heuristics such as Simulated Annealing, Great Deluge, Threshold Accepting, Greedy, Random Search with population based Generic Algorithms. The proposed hybrid heuristic is tested on well-known benchmark instances in the literature. The computational results show that the proposed heuristic is effective in solving the problem.

Vehicle routing problem with mixed pickups and deliveries

Alper Hamzadayı¹, Çağrı Sel²

¹*Yuzuncu Yil University*
alperhamzadayi@yyu.edu.tr

²*Karabük University*
cagrisel@karabuk.edu.tr

Abstract

In this study, we address a scheduling problem. The addressed scheduling problem is one of the special cases of the classical vehicle routing problem. The problem consists of pickups and deliveries and divided into two different categories; (i) mixed or (ii) simultaneous pickups and deliveries. (i) In the mixed form, the customers may have either pickup or delivery demand comparing to (ii) the form in which customers may both receive and send goods simultaneously. In this study, we develop a hybrid heuristic to solve the vehicle routing problem with simultaneous pickups and deliveries. The heuristic approach brings the complementary strengths of single solution based heuristics such as Simulated Annealing, Great Deluge, Threshold Accepting, Greedy, Random Search with population based Generic Algorithms. The proposed hybrid heuristic is tested on benchmark instances in the literature. The computational results show that the proposed heuristic is effective in solving the problem.

Özel sektör işletmelerindeki yönetici ve mühendislerin Endüstri 4.0 algısı

Fuat Simsir¹, Mehmet Bas¹, Merve Gunay¹, Ibrahim Genc¹, Halenur Yetgin¹

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük
fuatsimsir@karabuk.edu.tr, mehmet_0694@hotmail.com, mervegunay@gmail.com, gncadc@hotmail.com,
yetginhalenur@gmail.com

Özet

Endüstri 4.0, yapısı itibarıyla birçok sistemin birbirine entegre edilmesi ile oluşan bir kültürdür. Nesnelerin İnterneti, Siber-Fiziksel Sistemler, Bulut Bilişim, Akıllı Robotlar, 3D Yazıcılar gibi bahsi geçen sistemlerin birbirlerine bütünleşik bir yapıda bağlı oldukları düşünüldüğünde ve bu kavramlardan birinin dahi entegre olmaması halinde Endüstri 4.0 yapısının oluşmasında sorunlar ortaya çıkacaktır. Zincir halkalarının tamamlanması ve yapının sağlam temellere dayanması açısından her bir kavramın alt yapısının oluşturulması ve stratejilerinin geliştirilmesi kaçınılmazdır. Endüstri 4.0 kavramlarının her biri başlı başına uzmanlık isteyen geniş kapsamlı çalışma alanlarıdır. Bu kavramların, öncelikle yakın gelecekte ve sonrasında da uzun dönemde uluslararası piyasada rekabet edebilmek noktasında işletmelerimizdeki bilinirliği ve uygulanabilmesi büyük önem arz etmektedir. Çalışmada uygulanan anket tekniği ve istatistik temellere dayanan analiz yöntemleri ile özel sektörde yönetici ve mühendis olarak çalışan beyaz yakalıların Endüstri 4.0 algısının ölçülmesi hedeflenmiştir. Analiz sonuçları ile; özel sektörün bu çerçevedeki mevcut durumunun saptanmasının yanında Endüstri 4.0'a geçiş veya başlamış olanların ise devam ettirme sürecindeki karşılaşılmış oldukları engellerin de tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Türkiye’deki yükseköğretim ve ortaöğretim üzerindeki Endüstri 4.0 stratejileri

Fuat Simsir¹, Mustafa Ahtik¹, Serkan Ozmen¹, Bennur Bulut¹, Ahmet Gokhan Segmenoglu¹

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük
fuatsimsir@karabuk.edu.tr, mustafa_ahtik@hotmail.com, serkanozmen137@gmail.com,
bennurbulutt@gmail.com, a.segmenoglu@icloud.com

Özet

Endüstri 4.0, değer ve hizmet üretmenin dijitalleşeceği anlamını taşıyan geniş perspektife sahip bir kavramdır. Sanayinin 4. Çağı, Yapay Zeka alt yapısına dayanan; Nesnelerin İnterneti, Siber-Fiziksel Sistemler, Bulut Bilişim, Siber Güvenlik, Yatay ve Düşey Entegrasyon, Akıllı Robotlar, 3D Yazıcılar gibi birçok değeri içinde barındıran sistemler bütünüdür. Ülkemizde; özellikle Endüstri 4.0 kavramlarına haiz olarak yetişmiş nitelikli işgücünün sağlanması ve bu alanda atılacak diğer adımlar için, gerekli alt yapıların oluşturulmasında Yüksek Öğretim ve Orta Öğretim (Teknik Lise) düzeylerinde mesleki eğitim veren görevlilere büyük sorumluluklar düşmektedir. Çalışmada uygulanan anket tekniği ve istatistik temellere dayanan analiz yöntemleri ile öğretim kurumlarındaki öğreticilerin mevcut Endüstri 4.0 algısının ölçülmesi hedeflenmiştir. Analiz sonuçları; var olan algıdaki geliştirmeye açık alanların saptanmasını sağlamasının yanında, Endüstri 4.0’ın bilinirliği ile ilgili strateji oluşturmaya da yardımcı olacaktır. Çalışma ile Mesleki eğitim görevlilerine farkındalık kazandırılması amaçlanırken karşılaştıkları sorunların analiz edilmesi de hedeflenmiştir.

İşletmelerin inovasyon hareketlerine Endüstri 4.0'ın etkilerinin çok kriterli karar verme teknikleri ile analizi

Fuat Simsir¹, Gamze Dana¹, Burak Inan¹, Enes Ketenci¹, Salih Onur Ozcelik¹

¹Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük
fuatsimsir@karabuk.edu.tr, gamzedana09@gmail.com, burak_inan_1996@hotmail.com,
enesketenci277@gmail.com, salih.onur.1996@gmail.com

Özet

Ülkelerin refah ve zenginlik seviyesinin yükselmesi büyümeyi etkileyebilme münasebeti ile gelişen teknoloji ve inovasyon potansiyeline bağlıdır. Küreselleşme ve bilgi iletişim teknolojilerinde meydana gelen hızlı değişimler ile birlikte teknoloji ve inovasyon, verimliliği arttıran en önemli unsurlar haline gelmiştir. 4. Sanayi Devrimi; birçok çağdaş otomasyon sistemini, veri alışverişlerini ve üretim teknolojilerini içeren bütünleşik bir terimdir. Endüstri 4.0 bileşenleri uçtan uca işletmelerin değer yaratan süreçlerinde bir araya gelmektedir. Karar verme; belirlenen kriterler doğrultusunda hedefe ulaşmak ve amacı gerçekleştirmek için alternatifler arasından seçim yapma işlemidir. Sayısal verilere dayanmayan karar verme problemlerinde performans ölçümü ve alternatifler arası seçim yapılabilmesi için ÇKKV yöntemleri geliştirilmiştir. ÇKKV teknikleri sayesinde karar verici, amaçlara ne derece ulaşabildiğini görme ve problem üzerinde amaçları maksimize edecek değişiklikler yapma fırsatına sahip olmaktadır. Bu çalışmanın kapsamını; Endüstri 4.0'a geçiş evresinde sektörel bazda Endüstri 4.0 kavramlarından hangisine ağırlık verilmesi gerektiğinin, gerçekleştirilmiş anket çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda ÇKKV Teknikleri ile belirlenmesi oluşturmaktadır. Bu çerçevede çalışmada, karar vericinin mensubu olduğu sektörde yatırım ağırlığını hangi Endüstri 4.0 kavramı üzerine yoğunlaştırması gerektiğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Kapalı otopark sisteminde benzetim uygulaması ve performans iyileştirme

Deniz Merdin¹, Serkan Özmen¹, Mustafa Ahtik¹, Filiz Ersöz¹

¹Karabük Üniversitesi

dnzmrnd@gmail.com, serkanozmen137@gmail.com, mustafahtik@gmail.com, ferso@karabuk.edu.tr

Özet

Bilgiye ve veriye ulaşmanın giderek kolaylaştığı günümüzde, manuel olarak yapılan pek çok uygulamanın makineleştiği ve stratejik kararlar alınırken bilgisayar tabanlı teknolojilerden faydalandığı görülmektedir. Sanayi 4,0 vizyonu ile beraber ortaya çıkan Siber-Fiziksel Sistemler atomlar dünyasında olan her bir nesnenin bitler dünyasına aktarılmasına olanak sağlamıştır. Çağımızda ortaya çıkan inovatif meslek ve uygulamalar sayesinde işletmelerin yatırım riskleri azalırken yatırım potansiyelleri artmıştır. Bu uygulamalardan biri de benzetim (simülasyon) uygulamaları olarak gösterilebilir. İşletmelerde pek çok üretim sürecinin mevcut halini ortaya koymak ve sistem üzerinde iyileştirme yapmak için yaygın olarak kullanılan benzetim uygulamaları, yöneticilerin karar vermesini hem kolaylaştırmakta hem de hızlandırmaktadır. Pek çok işletmenin tüm süreçlerinde kullanılan simülasyon çalışmaları, çok farklı alanlarda da kullanılabilir. Bu çalışmada; Karabük'te bir AVM'de faaliyet gösteren bir otoparkın çalışma prensipleri ve süreci, Arena paket programı yardımı ile ortaya konularak iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan iyileştirme sonucunda çıkış gişesi ve rampada bekleme süresinin, araçların işlem süresinin ve sistemde geçirilen ortalama zamanın azaldığı görülmüştür.

Endüstri 4.0 üzerine bir literatür taraması

Mehmet Soysal¹, Mustafa Çimen¹, Çağrı Sel²

¹*Hacettepe Üniversitesi*
mehmetsoysal@hacettepe.edu.tr, mcimen@hacettepe.edu.tr

²*Karabük Üniversitesi*
cagrisel@karabuk.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 olarak da adlandırılan dördüncü sanayi devrimi konu alınmaktadır. Çalışma kapsamında endüstri 4.0 kavramı ilk üç endüstri devriminin tarihsel akışı dikkate alınarak tartışılmıştır. Ayrıca nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistem, büyük veri, veri analitiği ve akıllı fabrikalar gibi yeni sanayi devrimi ile beraber sık duyulmaya başlanan kavramlar tanıtılmıştır. Üretim çevrelerinde ve gündelik hayatta Endüstri 4.0 uygulamalarına da bu çerçevede yer verilmiştir. Bu kapsamda yapılan literatür taraması sonucunda elde edilen temel bulgulara göre: (i) Araştırmacıların Endüstri 4.0 konusuna olan ilgilerinin giderek arttığı; (ii) Mühendislik, bilgisayar bilimleri ve telekomünikasyon gibi araştırma alanlarında yer alan dergilerin Endüstri 4.0 konusuna ilgi gösterdiği; ve (iii) Adresler üzerinden yapılan değerlendirmede, ülkemizin Endüstri 4.0 konusunda dünyada söz sahibi konuma gelebilmesi için çalışmaların nicel ve nitel olarak gelişmesi gerektiği görülmektedir.

Akıllı şehirlerde araç rotalama: Benzetimsel Dinamik Programlama tabanlı bir sezgisel yöntem

Mustafa Çimen¹, Mehmet Soysal¹, Çağrı Sel²

¹Hacettepe Üniversitesi

mcimen@hacettepe.edu.tr, mehmetsoysal@hacettepe.edu.tr

²Karabük Üniversitesi

cagrisel@karabuk.edu.tr

Özet

Dördüncü sanayi devrimi, gelişen teknolojinin, birbirleriyle iletişim kuran, insan müdahalesine minimum seviyede ihtiyaç duyan ve kendi kendilerine karar verebilen makinelerin kullanımına olanak tanımaktadır. Akıllı şehirler ve trafik uygulamaları, Endüstri 4.0'ın önemli araştırma alanlarından birisidir. Geleceğin akıllı şehirlerinde trafik ışıklarının, sokak lambalarının ve trafik izleme sensörlerinin birbirleriyle iletişim kurarak trafiği yönlendirecekleri ve şehir hayatını kolaylaştırarak riskleri azaltacakları öngörülmektedir. Bunların yanı sıra, başta kamu araçları ve toplu taşıma araçları olmak üzere tüm araçların da trafik hakkında bilgi edinmeleri ve kendi rotalarını belirleyebilmeleri akıllı şehir temasının belli başlı özelliklerindedir. Bu çalışmada, ele alınan araç rotalama problemi, taşıtların başlangıç noktasından hareket etmeden önce şehirdeki diğer araçlardan trafik ve ortalama hız bilgilerini alabildiği varsayımı altında incelenmiştir. Problemin çözümü için yaygın bir Makina Öğrenmesi tekniği olan Benzetimsel Dinamik Programlama (Approximate Dynamic Programming) tabanlı bir sezgisel yaklaşım önerilmektedir. Geliştirilen bu sezgisel, Kısıtlı Dinamik Programlama yöntemiyle, çözümlerin maliyetleri, sürdürülebilirlik performansları ve süreleri açısından karşılaştırılmıştır. Sayısal analizler Benzetimsel Dinamik Programlama'nın daha kısa sürede kabul edilebilir sonuçlar sunduğunu göstermektedir.

Yapay zeka ile grup asansör sistemleri için kabin yönlendirme optimizasyonun gömülü sistemlerde gerçekleştirilmesi

Semih Pak, Ali Uysal

semihpak@karabuk.edu.tr, aliuysal@karabuk.edu.tr

Özet

Gelişen teknoloji yüksek katlı binaların sayısını artırmıştır. Bununla beraber bina içi insan trafiğini de oldukça artırmış ve çoklu asansör sistemine ihtiyaç doğmuştur. Bu ihtiyaç için birbiri ile entegre grup asansör sistemleri üzerinde çalışmalar başlamıştır. Ancak klasik kontrol yöntemleri ile grup asansör sistemlerinin kontrolü, talepleri karşılama noktasında yetersiz kalmış ve bunun için çeşitli kontrol algoritmaları önerilmeye başlanmıştır. Bu algoritmalar içerisinde yüksek performans sağlayan yapay zeka algoritmaları olmuştur. Ancak, yüksek gömülü donanıma ihtiyaç duyan yapay zeka çalışmaları asansör kartlarındaki düşük donanımlar nedeniyle çoğunlukla simülasyon ortamında gerçekleştirilmiştir. ARM tabanlı yüksek işlem kapasitesine sahip işlemcilerin uygun fiyatlara gelişmesi, asansör kontrol sistemleri için bu işlemcileri tercih edilebilir kılmıştır. Bu nedenle, ARM tabanlı işlemciye sahip kontrol kartları üzerinde, yapay zekanın uygulanabilir olması giderek mümkün olmaya başlamıştır.

Gerçekleştirilen çalışmada, asansör kartlarına uyarlanabilecek nitelikte ARM tabanlı işlemciyi içinde barındıran Beaglebone Black geliştirme kartı seçilmiştir. Beaglebone içerisinde Python dilinde grup asansör sistemlerini kontrol edecek yapay zeka algoritması yazılmış ve koşturulmuştur. Geliştirilen algoritma klasik kontrol algoritmaları ile performans açısından kıyas edilmiştir. Kıyas sonucunda algoritmanın daha iyi performans sunduğu ve asansör sistemlerine uygulanabilir olduğu görülmüştür. Bu yapılanlar göz önüne alındığında, çalışmamız bu alanda yapılan diğer çalışmalardan farklı olarak asansör endüstrisine yüksek teknoloji içeren ciddi bir çözüm sunmuştur.