OECD STUDIES CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY and ROBOTICS

19-21 MARCH 2020

ANKARA, TURKEY

FULL TEXT BOOK

Edited by

Dr. E. Ihan SAHIN

Nurlan AKHMETOV

ISBN 978-625-7914-91-8

www.oecdstudies.org

www.oecdstudies.org

www.oecdstudies.org

FULL TEXT BOOK

OECD STUDIES CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY and ROBOTICS

March 19-21, 2020

Ankara, Turkey

Editors

Dr. E. İlhan ŞAHİN

Nurlan AKHMETOV

Institute Of Economic Development And Social Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY

TR: +90 342 606 06 75

E posta: kongreiksad@gmail.com

www.iksad.org.tr www.iksadkongre.org

All rights of this book belong to IKSAD Publishing House

Authors are responsible both ethically and jurisdically

Iksad Publications - 2020©

Issued: 15.04.2020

ISBN 978-625-7914-91-8

CONFERENCE ID

TITLE OF CONFERENCE

OECD STUDIES CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY and ROBOTICS

PARTICIPATION

Keynote & Invited

DATE - PLACE

March 19-21, 2020

Ankara, Turkey

ORGANIZATION

Institute Of Economic Development And Social Researches Publications®

ORGANIZING COMMITTEE MEMBER

Dr. Hatice Nur GERMİR

Mariam Sheddahi OLSSON

Samira KHADHRAOUI

Dr. Zhuldyz TASHKENBAYEVA

Angela MISTRETTA

Dr. Akbar VALADBIGI

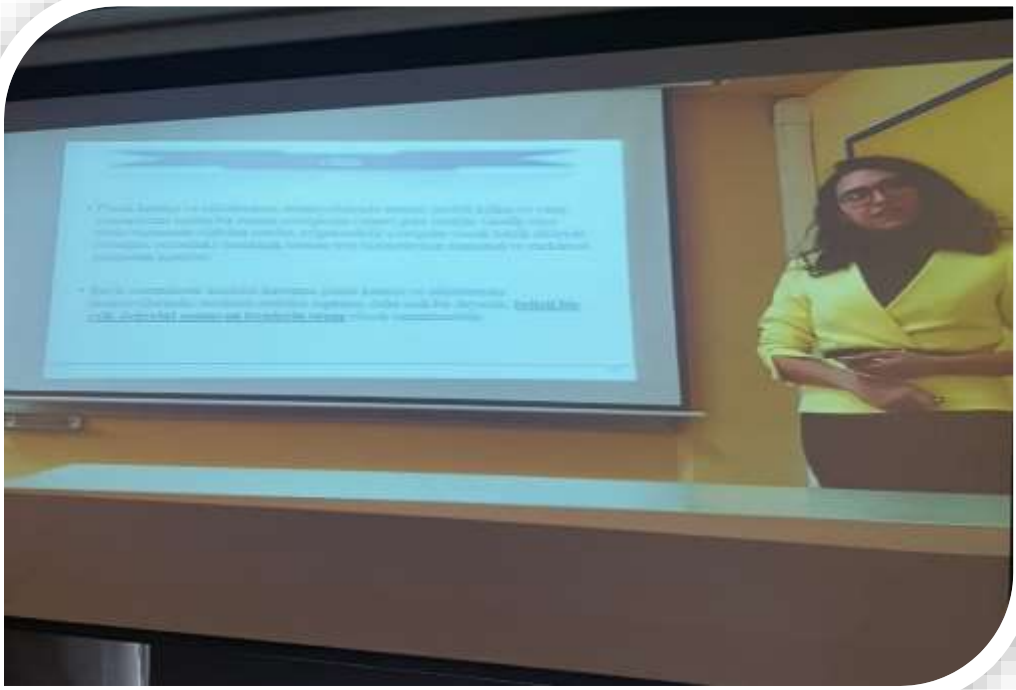
COORDINATOR

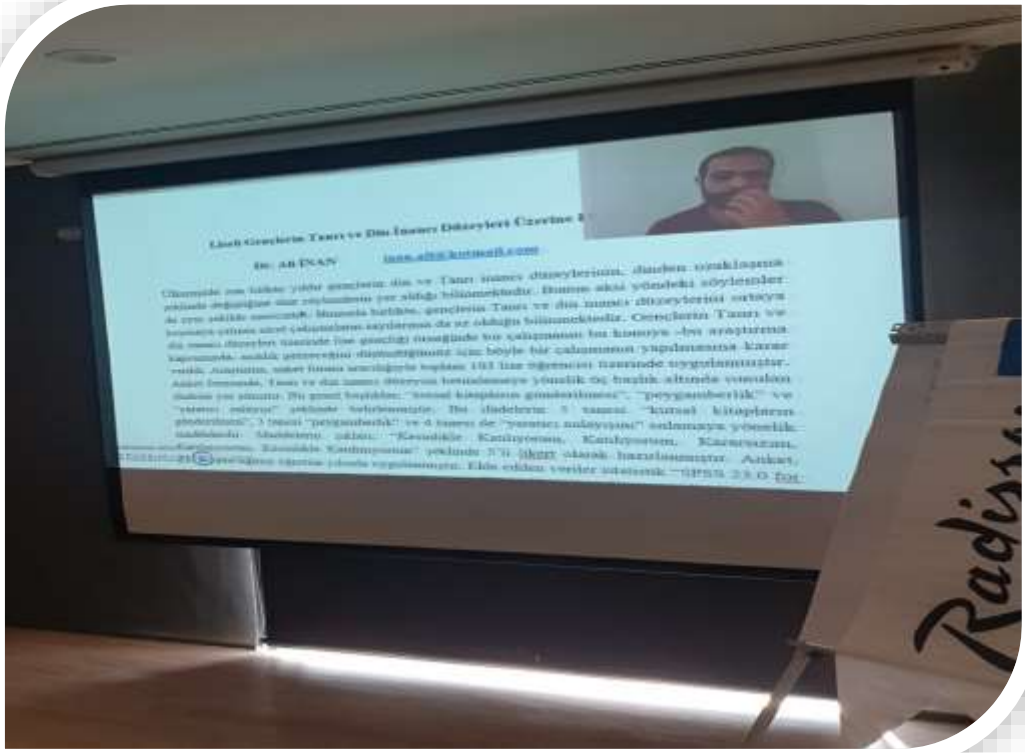
Nurlan AKHMETOV

LANGUAGES

English, Turkish, Russian, Arabic

PHOTO GALLERY





OECD Ülkeleri Kongresi 14:00

Radisson

Radisson

OECD Ülkeleri Kongresi 14:00
Radisson

GİRİŞ: DİNİN TANIMI

SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Ichiro Sakata
Tokyo University- member of OECD's Expert Advisory Group (EAG)

Ahmed Al-Jumaily, PhD, MSc, BSc
Director, Institute of Biomedical Technologies Auckland University of Technology

Prof. Lydia Katrova
Medical University of Sofia, Bulgaria

Prof. Dr. Jacqueline AYOUB
Lebanese University

Kazuhito YAMASHITA
Research Director, Canon Institute for Global Studies Activities at RIETI

Assoc.Prof. Dr. Mine GÖZÜBÜYÜK TAMER
Black Sea Technical University

Dr. Kaan DIYARBAKIRLIOĞLU
Yalova University

Dr. Cynthia CORREA
University of São Paulo

Prof. Dr. İrina DERGACHEVA
Moscow State Cultural Institute

PhD. PJosé G. Vargas-HernándezJosé G. Vargas-Hernández
University of Guadalajara

Cecilia Bjursell
Jönköping University

Stephanie Berkhout
NEUROPEDIA Children's Neuroscience Centre

Dr. Andrea Lucchesi
University of São Paulo

Dr. Jean Philippe Praene
University of La Réunion

Prof. Dr. Ayla UNSAL
Kırşehir Ahi Evran University

Dr. Abidin SAHINOGLU
Çankırı Karatekin University VS

Dr. Halilov Taleh Ferman oglu
Nahçıvan State University

Dr. Mustafa Goktug KAYA
Visiting Scholar Department of Economics St. Cloud State University

Dr. Ahmet GUMUS
TKGM Strategy Development Department

Prof. Dr. IRFAN KALAYCI
İnönü University

Dr. Leyla Delibas
Hasan Kalyoncu University

Dr. Didem GUVEN
İnönü University

Dr. Serhan Hakgudener
American University

Dr. Volkan HAN
Aksaray University

OECD STUDIES CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY and ROBOTICS

March 19-21, 2020
Ankara - TURKEY

CONFERENCE VENUE: RADISSON BLU HOTEL, ANKARA
İstiklal Str. No:20 Ulus, Ankara 06100 Turkey

- Registration desk opens at 09:00 and shall function till 17:00 pm.
- Please registrate at least an hour prior to your session - Be in the session room at least 10 minutes before the session starts
- Head of session are fully empowered in all matters related to the presentations, coffee-breaks and session.
- Certificates will be given by the session chair at the end of the session.
- In the congress program, requests such as location and time changes will not be taken into consideration.
- The names of the authors and titles of paper in the certificate will be printed as in the program.

OECD STUDIES CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY and ROBOTICS
20 - 22 March 2020
Ankara, TURKEY

21.03.2020
SATURDAY / 10:00-12:00

SESSION - 1. HALL - 1	HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Ali BULDU
B.Sc. Mustafa KARAKAYA Assoc. Prof. Mehmet Serdar GÜZEL Assoc. Prof. Gazi Erkan BOSTANCI	EDUCATION BASED ROBOTIC APPLICATION DEVELOPMENT FRAMEWORK
Kübra ÇOŞAR Dr. Buket DOĞAN Prof. Dr. Ali BULDU	OECD ÜLKELERİ İNSANİ GELİŞİM ENDEKSİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ (2011-2016)
Onur KILINÇ Mutlu KARAASLAN	A NEW STRUCTURAL SEGMENTATION METHODOLOGY BASED ON A TEXTURAL DESCRIPTOR FOR URBAN AREAS
Onur KILINÇ Alperen SAYAR Mehmet Serhat CEYLAN	TREE IDENTIFIER
Beyza Nur KESKİN Dr. Öğr. Üyesi Seda HATİPOĞLU	KENTİÇİ OTOBÜS SİSTEMİNDE HİZMET KALİTESİ: ANKARA EGO ÖRNEĞİ
Mehmet FIDAN Murat BAŞARAN	AN HOURLY WIND ACCELERATION PREDICTION METHOD BASED ON BACK-PROPAGATION NEURAL NETWORK
Sinan BAŞARAN	LYAPUNOV TYPE NONLINEAR ROBUST CONTROL OF ACTIVE MAGNETIC LEVITATION EXPERIMENTAL SYSTEM
Doç. Dr. Varol KOÇ Adeeb BABAT	SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE EŞDEĞER DEPREM YÜKLERİ ALTINDA BETONARME SİSTEM ANALİZİ
Arda ZAİM Fikret Kemal AKYÜZ	ENERGY EFFICIENCY IN PNEUMATIC SYSTEMS
Dr. Öğr.Üyesi Fevzi Cakmak BOLAT	ELECTROMAGNETIC ENERGY HARVESTING FROM VEHICLE VIBRATIONS USING LORENTZ ACTUATOR

OECD STUDIES CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY and ROBOTICS
19 - 21 March 2020
Ankara, TURKEY

21.03.2020
SATURDAY / 15:00-17:00

SESSION - 3. HALL - 1	HEAD OF SESSION: Prof. Dr. İsmail ŞAHİN
Dr. Öğr. Üyesi Murat BAŞARAN Dr. Öğr. Üyesi Mehmet FİDAN	BROKEN ROTOR BAR CLASSIFICATION IN INDUCTION MOTORS BY WAVELET PACKET DECOMPOSITION OF THE STATOR CURRENT
Seda GENÇ Dr. Öğr. Üyesi Serkan APAY	YAPI ÇELİĞİNDEN T PROFİLİ İMALATINDA MAG KAYNAĞINDA ISI TRANSFERİNİN SONLU ELEMANLAR METODUYLA ANALİZİ
Res. Asst. Mehmet Şirin ARTAN Prof. Dr. İsmail ŞAHİN İrem OLGAY	STATISTICAL ANALYSIS OF PUNCTUALITY IN RAILWAY OPERATIONS
Arş. Gör. Mehmet Şirin ARTAN Prof. Dr. İsmail ŞAHİN	DEMİRYOLU İŞLETİMLERİNDE KULLANILAN TOLERANS SÜRELERİN DEĞERLENDİRİLMESİ
Dr. Çetin Önder İNCEKARA	EVALUATION OF TURKEY'S INTERNATIONAL ENERGY PROJECTS CONSIDERING TURKEY AND EU'S ENERGY TARGETS
Alparslan GÜZEY Dr. Öğr.Üyesi Mehmet Mutlu AKINCI Prof. Dr. Şenol ALTAN	OTONOM KARA VE HAVA ARAÇLARI İLE AKILLI TARIM: HASAT OPTİMİZASYONUNDA OPTİMAL DURAK SAYISININ HESAPLANMASINA İLİŞKİN YAKLAŞIMLAR
Aziz MERAL Dr. Öğr. Üyesi Abdulhakim KARAKAYA	TAŞINABİLİR GÜÇ KAYNAKLARINDA POLY KRİSTAL GÜNEŞ PANELLERİNİN KULLANILMASI VE VERİMİNİN ARTIRILMASI
PhD. Cand. Azimollah ALESHZADEH Assoc. Prof. Dr. Enver Vural YAVUZ	LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ASSESSMENT BY INFORMATION ENTROPY AND STATISTICAL INDEX MODELS, UZUNDERE COUNTY, ERZURUM PROVINCE, NORTHEASTERN TURKEY
AID ABDELKRIM, BENDOUBA Mostefa, SID AHMED ATHMANE, DJEBLI ABDELKADER	A CUMULATIVE DAMAGE MODEL FOR VERRE/EPOXY COMPOSITE UNDER TWO BLOCKS LOADING
Abdelkrim AID, Abdelkader DJEBLI, Mostefa BENDOUBA, Sahnoun ZENGAH, Mohamed BENGUEDIAB	PREDICTION OF FATIGUE DAMAGE AND FATIGUE LIFE UNDER BLOCKS LOADING

OECD STUDIES CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY and ROBOTICS
19 - 21 March 2020
Ankara, TURKEY

21.03.2020
SATURDAY / 17:00-18:30

SESSION - 4. HALL - 1	HEAD OF SESSION: Doç Dr. Göksal BİLGİCİ
Doç Dr. Göksal BİLGİCİ	KISITLAMASIZ PELL VE PELL – LUCAS HİBRİT SAYILARI
Dr. Recep YURTSEVEN	UÇUCU KÜL KATKILI ESNEK POLİÜRETAN KÖPÜK ESASLI KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ
Murat CAN Emre ÇALIŞIR Prof. Dr. Adem AKPINAR	BARAJ İNŞAATI SÜRESİNCE BARAJLARIN MANSABINDAKİ MORFOLOJİK DEĞİŞİMLERİN ALANSAL DAĞILIMI: BÜYÜKKUMLA ÖRNEĞİ
Dr. Recep YURTSEVEN	TERMOPLASTİK POLİÜRETAN MALZEMELERDE UÇUCU KÜL DOLGU MADDESİNİN MEKANİK VE TERMAL ÖZELLİKLERE ETKİSİ
Dr. Recep YURTSEVEN	SUSUZ DİSODYUM TETRABORATIN SERT POLİÜRETAN KÖPÜK MALZEMELERİN MEKANİK VE YANMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

CONTENT

CONGRESS ID	I
PHOTO GALLERY	II
SCIENTIFIC COMMITTEE	III
PROGRAM	IV
CONTENT	V

FULL TEXT OF PAPERS

Beyza Nur KESKİN & Seda HATİPOĞLU ***KENTİÇİ OTOBÜS SİSTEMİNDE HİZMET KALİTESİ: ANKARA EGO ÖRNEĞİ***	**1-12**
Seda GENÇ & Serkan APAY ***YAPI ÇELİĞİNDEN T PROFİLİ İMALATINDA MAG KAYNAĞINDA ISI TRANSFERİNİN SONLU ELEMANLAR METODUYLA ANALİZİ***	**13-20**
Mustafa KARAKAYA, Mehmet Serdar GÜZEL, Gazi Erkan BOSTANCI ***EDUCATION BASED ROBOTIC APPLICATION DEVELOPMENT FRAMEWORK***	**21-37**
Göksal BİLGİCİ ***UNRESTRICTED PELL AND PELL – LUCAS HYBRID NUMBERS***	**38-45**
Onur KILINÇ & Mutlu KARAASLAN ***KENTSEL ALANLAR İÇİN DOKUSAL BETİMLEYİCİYE DAYALI YENİ BİR YAPISAL SEGMENTASYON METODOLOJİSİ***	**46-53**
Arda ZAİM & Fikret Kemal AKYÜZ ***PNÖMATİK SİSTEMLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ***	**54-63**
Aziz MERAL & Abdulhakim KARAKAYA ***TAŞINABİLİR GÜÇ KAYNAKLARINDA POLY KRİSTAL GÜNEŞ PANELLERİNİN KULLANILMASI VE VERİMİNİN ARTIRILMASI***	**65-72**
Kübra ÇOŞAR, Buket DOĞAN, Ali BULDU ***OECD ÜLKELERİ İNSANİ GELİŞİM ENDEKSİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ(2011-2016)***	**73-87**
Murat BASARAN & Mehmet FIDAN ***BROKEN ROTOR BAR CLASSIFICATION IN INDUCTION MOTORS BY WAVELET PACKET DECOMPOSITION OF THE STATOR CURRENT***	**88-94**
Mehmet FİDAN & Murat BAŞARAN ***AN HOURLY WIND ACCELERATION PREDICTION METHOD BASED ON BACK-PROPAGATION NEURAL NETWORK***	**95-109**
Recep YURTSEVEN ***UÇUCU KÜL KATKILI ESNEK POLİÜRETAN KÖPÜK ESASLI KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ***	**110-118**
Recep YURTSEVEN ***TERMOPLASTİK POLİÜRETAN MALZEMELERDE UÇUCU KÜL DOLGU MADDESİNİN MEKANİK VE TERMAL ÖZELLİKLERE ETKİSİ***	**119-127**
Recep YURTSEVEN ***SUSUZ DİSODYUM TETRABORATIN SERT POLİÜRETAN KÖPÜK MALZEMELERİN MEKANİK VE YANMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ***	**128-135**

Murat CAN, Emre ÇALIŞIR, Adem AKPINAR ***BARAJ İNŞAATI SÜRESİNCE BARAJLARIN MANSABINDAKİ MORFOLOJİK DEĞİŞİMLERİN ALANSAL DAĞILIMI: BÜYÜKKUMLA ÖRNEĞİ***	**136-143**
Onur KILINÇ, Alperen SAYAR, Mehmet Serhat CEYLAN ***TREE IDENTIFIER***	**144-148**

KENTİÇİ OTOBÜS SİSTEMİNDE HİZMET KALİTESİ: ANKARA EGO ÖRNEĞİ

SERVICE QUALITY IN THE URBAN BUS SYSTEM: ANKARA EGO EXAMPLE

Beyza Nur KESKİN

Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı, Ankara

Dr. Öğr. Üyesi Seda HATİPOĞLU

Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trafik Planlaması ve Uygulaması Anabilim Dalı, Ankara

ÖZET

Son yıllarda tüm dünyada hizmet sektörünün öneminin gün geçtikçe artması, bütün hizmet sektörleri gibi ulaşım sistemlerinde de hizmet kalitesinin belirlenmesi ve sistemi iyileştirmek için atılması gereken adımların belirlenen bu kriterlere göre planlanması zorunluluğunu getirmektedir. Özellikle kentsel yolculukların özel araçtan toplu ulaşıma yönlendirilmesi çalışmalarında, toplu taşıma sistemlerinin hizmet kalitesinin belirlenip bu kalitenin artırılması için yapılan çalışmalar büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada; kent içi otobüs sistemlerinde hizmet kalitesinin ölçülebilmesi için sorgulanması gereken önermeler; yapılan literatür araştırması ve ülkenin ulaşım davranış modeli yardımı ile oluşturulmuş ve bu önermeler Parasuraman, Zeithaml ve Berry tarafından geliştirilen Servqual hizmet kalite ölçüm modeli çerçevesinde anket haline getirilmiştir. Anket çalışmasındaki önermeler de Servqual modelinin 5 boyutu olan fiziksel özellik, güvenilirlik, heveslilik, güven ve empati kullanılmıştır. Oluşturulan anketin evrenini, Ankara'da Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğü'ne bağlı EGO otobüs sistemini kullanan yolcular oluşturmaktadır. Örneklem grubu rastgele olarak seçilmiş ve anket çalışması yüz yüze ve internet üzerinden 300 yolcuya uygulanmıştır. Anket çalışmasında sonuçlar Quadrant analizi yardımıyla değerlendirilmiştir ve Ankara EGO otobüs sisteminin hizmet kalitesindeki boşluklar derecelendirilmiş ve kalitenin artırılması için öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: hizmet, kalite, otobüs, servqual

ABSTRACT

The fact that the importance of the service sector in the world has been increasing day by day recently makes it obligatory to determine the service quality in transportation systems as in all service sectors, and to plan the steps to be taken to improve the system according to these criteria. Especially in the studies of directing urban journeys from private vehicle to public transportation, the efforts to determine the service quality of public transportation systems and to increase this quality are of great importance.

In this study; proposals to be questioned in order to measure service quality in urban bus systems were formed with the help of literature research and the transportation behavior model of the country, and these proposals were questioned in the framework of the Servqual

service quality measurement model developed by Parasuraman, Zeithaml and Berry. 5 dimensions of Servqual model, which are tangibles, reliability, responsiveness, assurance and empathy were used for the proposals of the survey. The population of the survey is composed of passengers using the EGO bus system affiliated to Ankara Metropolitan Municipality EGO General Directorate in Ankara.The sample group was chosen randomly and the questionnaire was applied face-to-face to 300 passengers over the internet. In the survey, the results were evaluated with the help of Quadrant analysis, and the gaps in the service quality of the Ankara EGO bus system were graded and suggestions were made to increase the quality.

Keywords: service, quality, bus, servqual

1. GİRİŞ

Hizmet, insanların ya da insan gruplarının, ihtiyaçlarını gidermek amacıyla belirli bir fiyattan satışa sunulan, elle tutulamayan, koklanamayan, standartlaştırılamayan, yarar ve doyum oluşturan soyut faaliyetler bütündür. Hizmetler soyut kavramlardır stoklanmazlar, talebe göre sunulurlar, hizmetin temel üretim şekli insan davranışlarına göre oluşturulur. (Sayım,2011)

Kalite,müşteri isteklerinin tatmini, performansın iyileştirilmesi, maliyetlerin düşürülmesi işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri gibi amaçlar için kullanılan stratejik bir yönetim aracıdır. (Dalgıç,2013)

Hizmet kalitesi müşteriyi tatmin etmek için servis sağlayıcının performansını en iyi hale getirmektir. Servqual modeli müşterilere verilen hizmetin kalitesini belirler. Yöntem 1985 yılında Parasuraman, Zeithaml ve Berry tarafından geliştirilmiştir. 1988 yılında revize edilip yayınlanmıştır. (Griadhi vd.) Servqual modelinin 5 kalite boyutu vardır. Bunlar; fiziksel özellik, güvenilirlik, heveslilik, güven ve empatidir. (Işık,2010)

Fiziksel Özellik: Fiziksel özellik ekipmanın, tesisin, personelin görünümü ile ilgilidir. Ulaşım endüstrisinde fiziksel özellik araçların yeni olması, personelin giyimi, araçların modern görünüme sahip olmasıyla ilgilidir. (Agbı v.d.,2020)

Güvenilirlik: Güvenilirlik vaat edilen hizmetin doğru bir şekilde vaat edilen zamanda yerine getirilmesidir. Güvenilirlik müşteri tarafından kalite algısını belirler. (Ramya v.d.,2019)

Heveslilik : Çalışanların hızlı bir şekilde hizmeti yerine getirme isteğidir. (Işık,2010)

Güven: Güven boyutu çalışanın bilgisi, nezaketi, yeteneği ile ilgilidir. (Ramya v.d.,2019)

Empati: Boyutun odak noktası işletmelerin müşterilerin kişisel isteklerine ve tercihlerine özen göstermesidir. (Ramya v.d.,2019)

Bu çalışmanın amacı kent içi ulaşım sistemi olan Ankara EGO otobüs sisteminde hizmet kalitesini değerlendirmektir. Çalışmada Servqual modeline göre 3 bölümden oluşan anket oluşturulmuş ve anket EGO kullanan 300 yolcuya uygulanmıştır.

2. KENTİÇİ OTOBÜS SİSTEMİNDE HİZMET KALİTESİ: ANKARA EGO ÖRNEĞİ

2.1. Araştırmanın Amacı, Kısıtları ve Evreni

Bu araştırma Ankara Büyükşehir Belediyesi EGO Genel Müdürlüğüne bağlı kent içi otobüs sistemi olan EGO otobüslerinde hizmet kalitesini belirlemek için yapılmıştır. Araştırma ile Ankara EGO otobüs sistemindeki mevcut hizmetlerin kalitelerinin ölçülmesi, ortaya koyulması ve algılanan hizmetle boşlukların bulunup gerekli iyileştirmelerin yapılması amaçlanmaktadır.

Araştırma Ankara ilinde EGO otobüs sistemini ayda en az 2 kez kullanan yolculara yöneliktir.

Araştırmanın evrenini Ankara ilinde EGO otobüs sistemini kullanan yolcular oluşturmaktadır. Ankara'nın nüfusu 5.639.076'dır. (TÜİK,2019) 1.000.000-25.000.000 aralığında bir evren büyüklüğü için %95 güven düzeyi % 5 toleransta örneklem büyüklüğü 348tür.(Balcı,2007; aktaran Işık,2010) Anket 300 yolcuya uygulanmıştır. Ancak 290 anket geçerli sayılmıştır.

2.2. Araştırmanın Yöntemi

Araştırmada Parasuraman, Zeithaml ve Berry tarafından geliştirilen Servqual hizmet kalite ölçüm modeli kullanılmıştır. Servqual modeli beklenen hizmet ile algılanan hizmet arasındaki farktır. Servqual modelinde katılımcılar biri genel diğeri söz konusu kuruluşla ilgili sorulara cevap verir (Ograjensek,2016). Sorularda Kesinlikle atılıyorum, katılıyorum, ne katılıyorum ne katılmıyorum, katılmıyorum, kesinlikle katılmıyorum gibi likertler kullanılır.

2.3. Veri Toplama Aracı ve Analizi

Araştırmada veri toplama aracı olarak anket kullanılmıştır. Anket formu Servqual hizmet kalite ölçüm modeline göre benzer çalışmalar incelenerek oluşturulmuştur.

Anket formu A, B ve C bölümünden oluşmaktadır. Anketin A bölümünde, yolcuların demografik yapısını ölçen, EGO kullanma alışkanlıklarını ölçen sorular bulunmaktadır. Anketin B ve C bölümlerinde Servqual modeli çerçevesinde 5 kalite boyutu ve 25 adet önerme kullanılmıştır. B bölümünde yer alan önermeler yolcuların EGO ile ilgili beklentilerini, C bölümünde yer alan önermeler ise EGO ile ilgili algılarını ölçmektedir. Anket çalışması tamamlandıktan sonra veriler Excel programı kullanılarak analiz edilmiştir.

2.4. Bulgular

Tablo 1'de ankete katılan yolcuların demografik özellikleri ile ilgili dağılımlar verilmiştir. Buna göre ankete katılan yolcuların %45 Kadın, %55'i ise erkektir.

Ankete katılan yolcuların yaş aralığına göre sıralama yapıldığında birinci sırada %32 ile 26-35 yaş grubu yer almaktadır. Bu yaş aralığını sırasıyla %23 ile 36-45 yaş grubu, %22 ile 16-25 yaş grubu, %17 ile 46-55 yaş grubu, %5 ile 56-65 yaş grubu ve %1 ile 66 ve üzeri yaş grubu takip etmektedir.

Ankete katılan yolculardan eğitim durumuna göre sıralama yapıldığında birinci sırada %41 ile lisans mezunları yer almaktadır. Bunu sırasıyla, %25 lise mezunları, %16 ön lisans mezunları, %11 lisans üstü mezunları ve %7 ile ilköğretim mezunları takip etmektedir.

Ankete katılan yolcuların gelir düzeyine göre sıralama yapıldığında birinci sırada gelir düzeyi %43 ile 3001-5000 TL olan yolcular yer almaktadır. Bunu sırasıyla, %26 ile 1001-3000 TL, %16 ile 1000 TL ve altı, %13 ile 5001-7000 TL ve %2 ile 7001 TL ve üzeri talip etmektedir.

Tablo 1. Yolcuların Demografik Özellikleri

CİNSİYET	**FREKANS**	**YÜZDE**
Kadın	130	45
Erkek	160	55
TOPLAM	**290**	**100**

YAŞ	**FRENKANS**	**YÜZDE**
16-25	65	22
26-35	93	32
36-45	66	23
46-55	48	17
56-65	16	5
66 ve üzeri	2	1
TOPLAM	**290**	**100**

EĞİTİM DURUMU	**FREKANS**	**YÜZDE**
İlköğretim	21	7
Lise	71	25
Ön Lisans	46	16
Lisans	120	41
Lisans Üstü	32	11
TOPLAM	**290**	**100**

GELİR DÜZEYİ	**FREKANS**	**YÜZDE**
1000 TL ve altı	46	16
1001-3000 TL	74	26
3001-5000 TL	125	43
5001-7000 TL	39	13
7001 TL ve üzeri	6	2
TOPLAM	**290**	**100**

Tablo 2'de yolcuların EGO otobüs sistemiyle ilgili son 1 ay içindeki kullanımları verilmiştir. Buna göre, ankete katılan yolcuların son 1 ay içinde EGO otobüs sistemini kullanma sıralamasında birinci sırada %41 ile 10 ve altı yer almaktadır. Bunu sırasıyla, %18 ile 11-20, %13 ile 21-30, %10 ile 31-40 ve %9 ile 41-50, 51 ve üstü takip etmektedir.

Tablo 2. Yolcuların Son 1 Ay İçinde EGO Otobüs Sistemini Kullanmaları

OTOBÜS (EGO) KULLANIMI	**FREKANS**	**YÜZDE**
10 ve altı	119	41
11-20	53	18
21-30	38	13
31-40	28	10
41-50	26	9
51 ve üstü	26	9
TOPLAM	**290**	**100**

Tablo 3'te yolcuların EGO otobüs sistemiyle ilgili son 1 ay içinde problem yaşama durumları gösterilmiştir. Buna göre, ankete katılan yolcuların %69,31'i EGO otobüs sisteminde son 1 ay içinde problem yaşamamış %30,69'u ise problem yaşamıştır.

Tablo 3. Yolcuların Son 1 Ay İçinde EGO Otobüs Sisteminde Problem Yaşama Durumları

OTOBÜS SİSTEMİNDE PROBLEM YAŞAMA	**FREKANS**	**YÜZDE**
Evet	89	30,69
Hayır	201	69,31
TOPLAM	**290**	**100**

Tablo 4'te Servqual modeli çerçevesinde 25 önermenin beklenen hizmet, algılanan hizmet ve boşluk skorları hesaplanmıştır. Bu değerler ankete katılan yolcuların verdiği cevapların ortalaması ve standart sapması bulunarak hesaplanmıştır. Boşluk skoru ise beklenen ve algılanan hizmetin farkıdır. (Kasper v.d., 1999;aktaran Işık,2010)

Tablo 4. Beklenen Hizmet, Algılana Hizmet ve Boşluk Skoru

ÖNERMELER		BEKLENEN HİZMET ORTALAMASI VE STANDART SAPMA	ALGILANAN HİZMET ORTALAMASI VE STANDART SAPMA	BEKLENEN HİZMET – ALGILAN HİZMET (BOŞLUK SKORU)
Otobüsün içinin hijyeni ve temizliği	Ö1	4,541±0,93	2,720±1,27	1,822
Otobüsün dışının hijyeni ve temizliği	Ö2	4,055±1,01	2,855±1,25	1,201
Engelli yolcuların kullanımına uygunluğu	Ö3	4,590±0,85	2,993±1,16	1,597
Koltukların rahatlığı ve temizliği	Ö4	4,469±0,88	2,751±1,19	1,718
Havalandırma ve klima sistemi yeterliliği	Ö5	4,528±0,86	2,907±1,23	1,621
Merdiven yüksekliğinin yaşlılara/engellilere/çocuklara uygunluğu	Ö6	4,514±0,88	2,917±1,20	1,597
Tutunacak yerlerin yeterliliği	Ö7	4,507±0,89	2,855±1,22	1,652
Otobüslerde son teknoloji kullanılması	Ö8	4,262±1,05	2,768±1,20	1,494
Durağa zamanında gelmesi	Ö9	4,469±0,90	2,969±1,18	1,500
Durakların temizliği ve oturma yerinin yeterliliği	Ö10	4,166±1,01	2,469±1,18	1,697
Seferlerin kamera ile kaydedilmesi	Ö11	4,390±0,91	3,170±1,13	1,220
Otobüs işletmesinin problem çözme hızı ve samimiyeti	Ö12	4,407±0,88	2,696±1,19	1,714
Acil durumlar için imdat çekici/kolu sayısı	Ö13	4,383±0,93	3,028±1,14	1,355
Şoförlerin davranışları	Ö14	4,469±0,90	2,827±1,18	1,642
Şoförlerin yardımcı olma isteği	Ö15	4,362±0,88	3,048±1,15	1,314
Şoförlerin teknik bilgisi	Ö16	4,331±0,92	2,890±1,09	1,441
Şoförlerin trafik kurallarına uyması	Ö17	4,607±0,85	2,900±1,21	1,707
Otobüsün arızalanma olasılığı	Ö18	4,407±0,87	2,855±1,18	1,552
Bekleme süresi ve sefer sayısı	Ö19	4,469±0,82	2,481±1,31	1,988
Mesafeye göre ücretin uygunluğu	Ö20	4,345±1,00	2,464±1,35	1,881
Otobüste ayakta yolculuk yapan	Ö21	4,300±0,88	2,107±1,33	2,193

yolcu sayısı				
Otobüslerde durak ve güzergah bilgisi, anonsların net olması	Ö22	4,417±0,85	2,855±1,29	1,563
Otobüs işletmesinin internet sitesinin güncelliği	Ö23	4,341±0,86	2,972±1,14	1,369
Ulaşım kartı dolum yerinin yeterliliği ve kullanımı	Ö24	4,483±0,80	2,776±1,30	1,707
Mobil uygulamalardaki bilgilerin güncelliği	Ö25	4,476±0,82	3,003±1,24	1,472
ORTALAMA		**4,41**	**2,81**	**1,60**

Tablo 5'te yolcuların verdiği cevaplara göre beklenti skorunun en yüksek olduğu 5 önerme verilmiştir. Buna göre en yüksek önerme 4,607 beklenti skoru ile şoförlerin trafik kurallarına uymasıdır bu önermeyi sırasıyla 4,590 ile otobüsün engelli yolcuların kullanımına uygunluğu, 4,541 ile otobüslerin içinin hijyeni ve temizliği, 4,528 ile havalandırma ve klima sisteminin yeterliliği ve 4,514 ile merdiven yüksekliğinin yaşlılara/engellilere/çocuklara uygunluğu önermeleri takip etmektedir. Bu önermelerin kalite boyutları ise güvenilirlik, empati ve fiziksel özellik ile ilgilidir.

Tablo 5. Yolcuların Otobüs Sistemiyle İlgili Beklentisinin En Yüksek Olduğu 5 Önerme

ÖNERMELER	BEKLENTİ SKORU	KALİTE BOYUTU
Şoförlerin trafik kurallarına uyması	4,607	Güvenilirlik
Otobüsün engelli yolcuların kullanımına uygunluğu	4,590	Empati
Otobüslerin içinin hijyeni ve temizliği	4,541	Fiziksel Özellik
Otobüslerde bulunan havalandırma ve klima sisteminin yeterliliği	4,528	Fiziksel Özellik
Merdiven yüksekliğinin yaşlılara/engellilere/çocuklara uygunluğu	4,514	Fiziksel Özellik

Tablo 6'da yolcuların verdiği cevaplara göre beklenti skorunun en düşük olduğu 5 önerme verilmiştir. Buna göre beklentinin en düşük olduğu önerme 4,055 ile otobüsün dışının hijyeni ve temizliğidir, bu önermeyi sırasıyla 4,166 ile duraklarının temizliği ve oturma yerinin yeterliliği,4,262 ile otobüslerde son teknoloji kullanılması, 4,3 ile otobüste ayakta yolculuk yapanların sayısı ve 4,331 ile şoförün teknik bilgisi önermeleri takip etmektedir. Bu önermelerin kalite boyutları ise fiziksel özellik, güven ve empati ile ilgilidir.

Tablo 6. Yolcuların Otobüs Sistemiyle İlgili Beklentisinin En Düşük Olduğu 5 Önerme

ÖNERMELER	BEKLENTİ SKORU	KALİTE BOYUTU
Otobüsün dışının hijyeni ve temizliği	4,055	Fiziksel Özellik
Duraklarının temizliği ve oturma yerinin yeterliliği	4,166	Fiziksel Özellik
Otobüslerde son teknoloji kullanılması	4,262	Güven
Otobüste ayakta yolculuk yapanların sayısı	4,300	Empati
Şoförün teknik bilgisi	4,331	Güven

Tablo 7 'de algı skorunun en yüksek olduğu 5 önerme verilmiştir. Buna göre en yüksek önerme 3,170 ile seferlerin kamera ile kaydedilmesidir bunu sırasıyla 3,048 ile EGO şoförlerinin yolculara yardımcı olması, 3,028 ile acil durumlar için imdat çekici/kolu sayısının yeterliliği, 3,003 ile mobil uygulamadaki (EGOCepte) bilgilerin doğruluğu ve güncelliği ve 2,993 ile otobüsün engelli yolcuların kullanıma uygunluğu önermeleri takip etmektedir. Bu önermelerin kalite boyutları ise güvenilirlik, heveslilik ve fiziksel özellik ile ilgilidir.

Tablo 7. Yolcuların EGO Otobüs Sistemiyle İlgili Algısının En Yüksek Olduğu 5 Önerme

ÖNERMELER	ALGI SKORU	KALİTE BOYUTU
Otobüs seferleri kamera ile kaydedilmektedir.	3,170	Güvenilirlik
EGO şoförleri yolculara yardımcı olur.	3,048	Heveslilik
EGO otobüslerinde acil durumlar için imdat çekici/kolu yeterlidir.	3,028	Güvenilirlik
Mobil uygulamalardaki (EGOCepte) bilgiler doğru ve günceldir.	3,003	Güvenilirlik
Otobüsler engelli yolcuların kullanımına uygundur.	2,993	Fiziksel Özellik

Tablo 8'de yolcuların EGO otobüs işletmesinden aldığı hizmetin en düşük olduğu 5 önerme verilmiştir. Buna göre en düşük önerme 2,107 ile ayakta yolculuk yapan yolcu sayısı ile ilgilidir. Bu önermeyi sırasıyla 2,464 ile otobüsün biniş ücreti, 2,47 ile durakların temizliği ve oturma yerinin yeterliliği, 2,48 ile bekleme süresi ve sefer sıklığı ve 2,69 ile Otobüs işletmesi yolcuların problemi olduğunda samimi ve hızlı bir şekilde çözmesi önermeler takip etmektedir. Bu önermelerin kalite boyutları ise empati, fiziksel özellik ve heveslilik ile ilgilidir.

Tablo 8. Yolcuların EGO Otobüs Sistemiyle İlgili Algısının En Düşük Olduğu 5 Önerme

ÖNERMELER	ALGI SKORU	KALİTE BOYUTU
Otobüslerde ayakta yolculuk yapan yolcu sayısı azdır.	2,107	Empati
EGO otobüslerinde biniş ücreti makul olması	2,464	Empati
Otobüs durakları temiz ve bakımlıdır, yeterince oturma yeri bulunmaktadır.	2,47	Fiziksel Özellik
Duraklarda otobüs bekleme süresi azlığı ve seferlerin sıklığı	2,48	Empati
Otobüs işletmesi yolcuların problemi olduğunda samimi ve hızlı bir şekilde çözmesi	2,69	Heveslilik

Tablo 9'da beklenti ve algı arasındaki farkın yani boşluk skorunun en yüksek olduğu 5 önerme verilmiştir. Buna göre en yüksek boşluk skoru 2,193 ile otobüste ayakta yolculuk yapan yolcu sayısı ile ilgilidir. Yani otobüste ayakta yolculuk edenlerin sayısı yüksektir. Bunu sırasıyla, 1,988 ile otobüs bekleme süresi ve sefer sıklığı, 1,881 ile biniş ücreti, 1,822 ile otobüslerin temizliği ve hijyeni, 1,718 ile otobüslerin koltuklarının rahatlığı ve temizliği önermeleri takip etmektedir. Bu önermelerin kalite boyutları ise empati ve fiziksel özelliktir.

Tablo 9. En Yüksek Kalite Boşluğuna Sahip 5 Önerme

ÖNERMELER	FARK SKORU	KALİTE BOYUTU
Otobüslerde ayakta yolculuk yapan yolcu sayısı az olmalı	2,193	Empati
Duraklarda otobüs bekleme süresi azdır ve seferler sık olmalı	1,988	Empati
Otobüslerde biniş ücreti uygun olmalı	1,881	Empati
Otobüslerin içinin hijyenik ve temiz olması	1,822	Fiziksel Özellik
Otobüslerin koltukları rahat ve temiz olması	1,718	Fiziksel Özellik

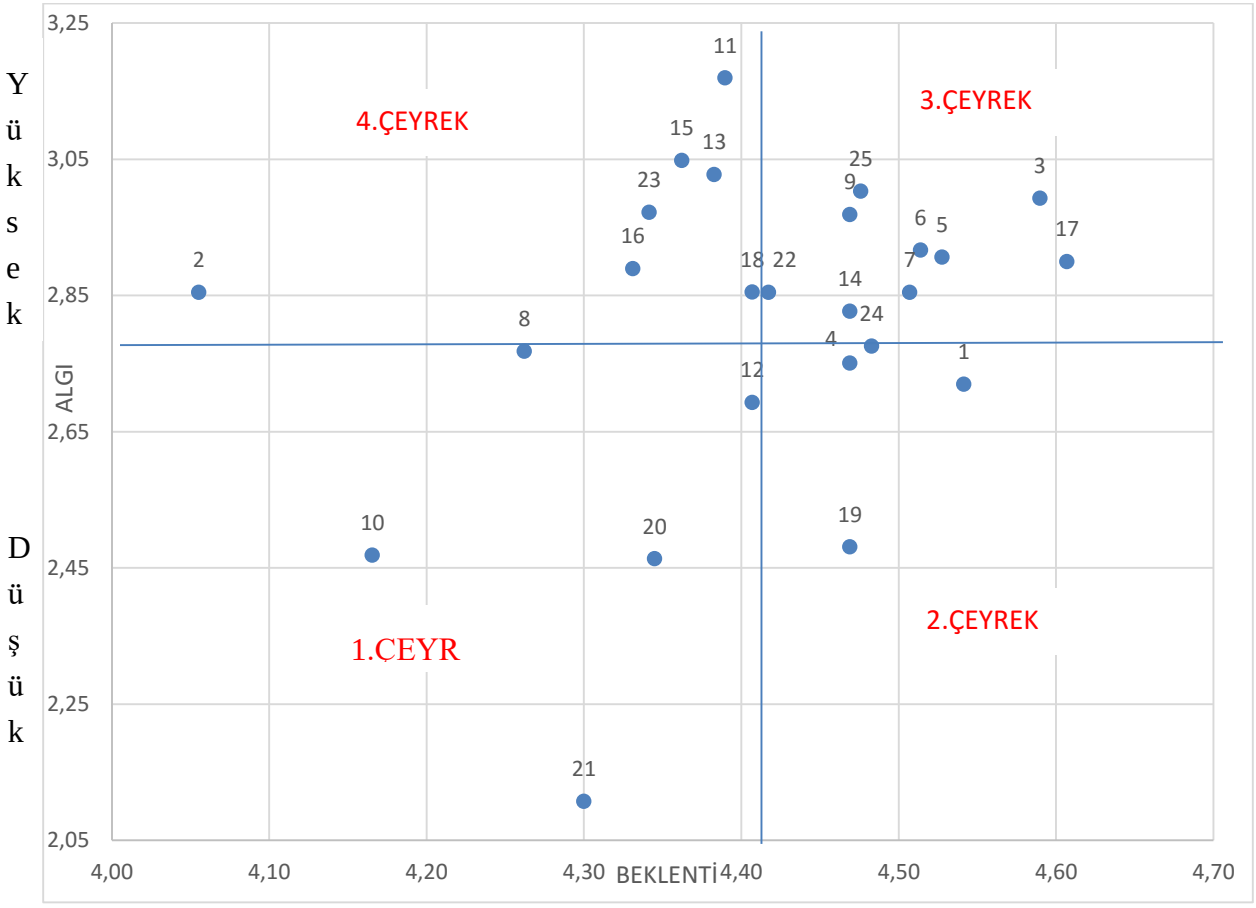
Tablo 10'da beklenti ve algı arasındaki farkın yani boşluk skorunun en düşük olduğu 5 önerme verilmiştir. Buna göre en düşük boşluk skoruna sahip önerme 1,201 ile otobüsün dışının temiz ve hijyenik olması ile ilgilidir. Bu önermeyi sırasıyla 1,220 seferlerin kamera ile kaydedilmesi, 1,314 ile şoförlerin yolculara yardımcı olması, 1,355 acil durumlar için imdat çekici/kolu sayısının yeterli olması ve 1,369 ile otobüs işletmesinin sitesinin güncel olması önermeleri takip etmektedir.

Tablo 10. En Düşük Kalite Boşluğuna Sahip 5 Önerme

ÖNERMELER	FARK SKORU	KALİTE BOYUTU
Otobüsünün dışı temiz ve bakımlı olması	1,201	Fiziksel Özellik
Otobüs seferlerinin kamera ile kaydedilmesi	1,220	Güven
Şoförleri yolculara yardımcı olması	1,314	Heveslilik
Otobüslerde acil durumlar için imdat çekici/kolu yeterli olması	1,355	Güvenilirlik
Otobüs işletmesinin internet sitesinde güncel ve doğru bilgiler bulunması	1,369	Güvenilirlik

2.5. Quadrant Analizi

Servqual yöntemi ile elde edilen algılanan hizmet kalitesi ve beklenen hizmet kalitesi skorları Şekil 1'de gösterildiği gibi ortalama değerlere (beklenti için 4,41 algı için 2,81) göre belirlenen çeyreklere yerleştirilmiş, quadrant grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 1. *Kalite Boyutları İle ilgili Önermeler İçin Quadrant Grafiği*

Birinci çeyrekte yer alan önermelere yönelik, yolcuların beklentileri düşüktür. Yolcular, EGO otobüs işletmesinin bu önermelerle ilgili performansının da düşük olduğunu düşünmektedir. Mevcut yolcu profili, bu çeyrekte yer alan önermeleri, kendileri için çok önemli bulmamaktadır. Burada 5 önerme mevcuttur.

İkinci çeyrekte, yer alan önermelere yönelik yolcuların beklentileri yüksek olup; Yolcular, EGO otobüs işletmesinin bu önermelerle ilgili performansının da düşük olduğunu düşünmektedir Mevcut yolcu profili, bu çeyrekte yer alan önermeleri çok önemli bulmaktadır. Bu nedenle, ikinci çeyrekte yer alan önermelerin öncelikli olarak ele alınarak "geliştirilmesi" gerekmektedir (Bulgan, 2002, aktaran Işık, 2010). Öncelikli olarak iyileştirilmesi gereken ikinci çeyrekte,4 önerme mevcuttur.

Üçüncü çeyrekte yer alan önermelere yönelik, yolcuların beklentileri yüksek olup Yolcular, EGO otobüs işletmesinin bu önermelerle ilgili performansının da yüksek olduğunu düşünmektedir. Üçüncü çeyrekte yer alan önermeler ilgili performans şu an itibariyle sürdürülmeli diğer bir ifadeyle kalite düzeyi "elde tutulmalıdır".

Dördüncü çeyrekte yer alan önermelere yönelik, yolcuların beklentileri düşük çıkmıştır. EGO otobüs işletmesinin bu önermelerle ilgili performansının da yüksek olduğunu düşünmektedir. Dördüncü çeyrekte yer alan önermelerle ilgili performans, "tekrar gözden geçirilmelidir"..(Bulgan, 2002, aktaran Işık, 2010).

3. SONUÇ

Ankara kent içi otobüs sistemi olan EGO'da hizmet kalitesini ölçmek için SERVQUAL yöntemiyle hazırlanan anket çalışması EGO kullanan 300 yolcuya uygulanmış ve anket çalışması sonucunda 290 anket geçerli sayılmıştır. Ankete katılan yolcuların %55'ini erkekler, %45'ini ise kadınlar oluşturmaktadır. 5 kalite boyutuna göre hazırlanan 50 soruluk (25 beklenti, 25 algı) anket sonucunda EGO'da hizmet kalitesinde en büyük boşluk yani; beklenen hizmetin yüksek olduğu ve buna karşılık algılanan hizmetin düşük olduğu 5 önerme;

- Otobüslerde ayakta yolculuk yapan yolcu sayısı azlığı
- Duraklarda otobüs bekleme süresi az ve seferler sık olması
- Otobüslerde biniş ücreti
- Otobüslerin içinin hijyenik ve temiz olması
- Otobüslerin koltukları rahat ve temiz olması ile ilgili önermelerdir.

Buna göre ankete katılan yolcular ayakta yolculuk yapan yolcu sayısını fazla bulmaktadır. Ayrıca, otobüs bekleme süresi fazla ve sefer sayısı yetersiz gelmektedir. Otobüse biniş ücreti yüksek gelmekte ve otobüs yeteri kadar hijyenik ve konforlu bulunmamaktadır.

Boşluk skoru en yüksek olan önermeler hizmet kalitesini artırmak için öncelikli olarak düzenlenmesi gereken önermelerdir EGO işletmesinin planlanan yatırım çalışmalarında boşluğu en yüksek olan önermeleri dikkate alması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Işık, E. S. (2010). *Havayolu Ulaşımında Hizmet Kalitesinin Ölçümü: İç Hatlarda Pilot Uygulama (*Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Dalgıç.A. (2013). *Hizmet Sektöründe Hizmet Kalitesinin Ölçümü Ve Hizmet Kalitesini Etkileyen Faktörler Antalya'da Hizmet Kalitesi Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama (Yüksek Lisans Tezi)* Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.

Ograjensek, I.. (2016). *SERVQUAL Surveys*. [Abstract]

Griadhi, M. H. W., Suarni, N. K., Marhaeni, A. N. and Sutajaya, I. M, (2018) "*The Effect Of Lıbrary Servıces Qualıty Towards Achıevement Motıvatıon And Learnıng Achıevement Of Undıksha Students On Balı-Indonesıa*" Library Philosophy and ractice (e-journal). 1822. E.A: https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/1822

Agbi, B. D. and Adekunle, S. A,. (2020). *Servıce Qualıty And Customer Loyalty In Road Transport Industry* (E.A:https://www.researchgate.net/)

Ramya, N., Kowsalya, A. and Dharanipriya, K., (2019). Servıce Qualıty And Its Dımensıons. *Epra Journal*, *4*(2). 38-41

Sayım, F. ve Aydın, V., (2011*).* Hizmet Sektörü Özellikleri Ve Sistematik Olmayan Risklerin Sektör Menkul Kıymetleri İle Etkileşimine Dair Teorik Bir Çalışma. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. Sayı:29. 245-262

TÜİK (2019). *Yıllara Göre İl Nüfusları 2000-2019.* E.A:(http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059)

YAPI ÇELİĞİNDEN T PROFİLİ İMALATINDA MAG KAYNAĞINDA ISI TRANSFERİNİN SONLU ELEMANLAR METODUYLA ANALİZİ

ANALYSIS OF HEAT TRANSFER IN MAG WELDING BY FINITE ELEMENT METHOD IN T PROFILE MANUFACTURING FROM STRUCTURAL STEEL

Seda GENÇ

Timko Makina İmalat Pazarlama San. Kdz. Ereğli, Zonguldak

Dr. Öğr. Üyesi Serkan APAY

Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine ve İmalat Müh. Bölümü, Düzce

ÖZET

Kaynak teknolojisinde ortaya çıkan gelişmeler, kaynaklı birleştirmenin sanayi sektöründe artarak yaygınlaşmasına neden olmuştur. Kaynaklı birleştirmelerde termal analizlerinin yapılarak modellenmesi ve davranışlarının belirlenmesi mühendislik tasarım sürecinde önemli bir aşamadır. Genel yapı ve yapılan imalat özellikleri hakkında fikir sahibi olabilmek, araştırmak ve geliştirmek için sonlu elemanlar yöntemi en uygun çözümdür. Çalışmada kullanılan malzeme S355J2+N olup, yüksek mukavemetli yapısal çeliktir. Genel olarak mühendislik ve inşaat endüstrilerinde yaygın olarak kullanılır. Otoyol köprüleri, kaldırma ekipmanları ve liman ekipmanları gibi birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. S355J2+N malzemesi ile kaynak işleminin kaynak bölgesine uyguladığı ısıl çevrim, bu bölgenin içyapısını değiştirmekte ve mikroyapısını etkilemektedir. Bu sorunları önceden belirlemek önemlidir. Önceden belirleme deneyerek yanılma sürecini de kapsadığından yüksek maliyet ve uygulama zamanı gerektirir. Bu sebeple sonlu elemanlar yöntemi üreticilere fayda sağlamakta kaynak işlemi sırasında oluşabilecek problemlerin önüne geçmede ek önlemler alınmasını öngörebilmektedir.

Bu çalışmada, günümüzde yaygın olarak kullanılan birleştirme yöntemlerinden biri olan gazaltı kaynak işleminin çelik yapı imalatında kullanılan T profilinin imalatında kullanılması ve termal analizlerin sonlu elemanlar analizi (FEA) kullanılarak simülasyonunu gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gazaltı kaynağı, Sonlu elemanlar yöntemi, S355J2+N.

ABSTRACT

The developments in welding technology have caused the welded joining to become widespread in the industrial sector. Modeling and determining the behavior of welded joints by making thermal analysis is an important step in the engineering design process. Finite element method is the most suitable solution to have an idea about the general structure and manufacturing properties. The material used in the study is S355J2 + N and it is high strength structural steel. It is widely used in engineering and construction industries in general. It appears in many areas such as highway bridges, lifting equipment and port equipment. The thermal cycle applied by the welding process with the material S355J2 + N changes the internal

structure of this region and affects its microstructure. It is important to identify these problems in advance. It requires high cost and application time since it includes the process of error by trying to determine beforehand. For this reason, the finite element method provides benefits to the producers and it can foresee additional measures to prevent problems that may arise during the welding process.

In this study, the use of the arc welding process, which is one of the joining methods widely used today, in the manufacture of the T profile used in steel structure manufacturing and the simulation of thermal, analyzes using finite element analysis (FEA).

Keywords: Gas shielded welding, Finite element method, S355J2+N.

1. GİRİŞ

Kaynak işlemi, günümüzde imalat sanayisinde yaygın olarak kullanılan birleştirme yöntemlerinden birisidir. Bu sebeple, kaynaklı parçaların emniyetinin sağlanması, birleştirmelerin kullanıldığı tüm yapının güvenilirliği açısından, kaynaklarda ve ana metallerde malzeme bileşimi ve sıcaklık değişimleri; malzeme özelliklerine, kalıntı gerilmelere, kaynaklı imalatlarda boyut ve şekil doğruluğu üzerinde önemli etkiye sahiptir.

Yapısal uyumsuzluk ya da ısıl genleşmeler sonucunda kalıntı gerilmeler oluşabilir ve kaynak metalinde makro ve mikro yapıyı etkileyebilir. Bu sonuçlar kaynak kalitesini bozar ve kaynak çeliklerinin kullanıldığı yerlerde üretim ömrünü etkiler. Bu sebeplerden dolayı kaynak deformasyonunun tahmini ve kontrolü kritik öneme sahiptir.

Gazaltı ark kaynağı, kaynak bölgesini dış etkilerinden korumak amacıyla çeşitli gazlar kullanılarak gerçekleştirilen bir kaynak yöntemidir. Koruyucu gaz, kaynak arkını ve kaynak yerini korurken aynı zamanda kaynağın en az hata ile gerçekleşmesini sağlar.

MAG diğer bir deyimle aktif gaz altında ergiyen elektrod ile kaynak, son yıllarda büyük gelişme göstermiş, az alaşımlı çeliklerin kaynağında diğer yöntemlere karşı büyüyen bir rakip konumuna gelmiştir. Özellikle son yıllarda MAG kaynak yönteminde kullanılan koruyucu gaz karışımları üzerinde birçok bilimsel araştırma yapılmış, alaşımsız ve yüksek alaşımlı çeliklerin kaynağında bu tür koruyucu gazların kaynak dikişinin mekanik özelliklerini arttırdığı, kaynak hatalarında gazlardan gelen türlerin en aza indiği, sıçramaların azaldığı, kaynak dikiş profilinin düzeldiği ve nüfuziyetin arttığı saptanmıştır [1].

Karmaşık geometriye, malzeme özelliklerine ve zorlanma koşullarına sahip yapıların analiz edilmesine olanak sağlaması ve bilgisayar destekli tasarım programları ile entegre edilebilmesi nedeni ile sonlu elemanlar metodu birçok mühendislik dalında kendine uygulama alanı bulmaktadır.

Uygulanan parametreler ve kaynaklı yapının şekli, kaynak işleminden önce soğuk şekillendirme sonucu içyapıda meydana gelen artık gerilmeler ve distorsiyonlara dikkat edilerek hesaplanmaktadır. Modelleme işleminde, simülasyon sonuçları ile deneysel olarak bulunan sonuçlar karşılaştırmaktadır. Kaynak işlemi sonunda meydana gelen şekilsel

çarpılmalar, uzamaları ve artık gerilmelerin yapılan modelleme işlemi ile düşürülebileceğini gösterilmiştir. Bunun sonucu olarak; sonlu elemanlar metodu, kaynak işlemi sonucunu anlamak için yapılabilir ve malzemelerin özelliklerini araştırmak ve geliştirmek için gelecekte faydalı bir araç olarak kullanılabilir.

T bağlantılar, kaynaklı kontrüksiyonlarda çok kullanılan bağlantı tiplerindendir. Bunun yanında boru bağlantıları, boru-plaka bağlantıları gibi daha karmaşık bazı kaynaklı birleştirmeler de gerilme analizini kolaylaştırmak için bazen iki-boyutlu T-bağlantı şeklinde modellenirler [2]. Sonlu elemanlar paket programlarının gelişmesine paralel olarak, kaynaklı bağlantılarda lokal gerilme alanı yaklaşımıyla yorulma dayanımının tespitine yönelik teorik çalışmalar artmıştır [3-8].

Bu çalışmada; Gazaltı MAG kaynak yöntemiyle birleştirilen numunelerin sonlu elemanlar metoduyla ısı transferi analizleri yapılarak modellenmesi yapılmıştır. Bunun için gazaltı kaynak yöntemi ile yüksek mukavemetli yapısal çelik olan S355J2+N malzemesi T pozisyonunda kaynatılarak, ergiyik bölgesi ve ana malzeme sıcaklıkları değerleri zamana bağlı olarak ölçülmüştür. ITAB bölgesindeki sıcaklık dağılımı ve yapısal analizleri sonlu elemanlar yöntemine dayalı Simufact Welding programında 3 boyutlu ve deneysel şartlara uygun olarak yapılmıştır. Daha sonra deneysel sonuçlar ile programdan elde edilen değerler karşılaştırılarak tartışılmış ve sonuçlar incelenmiştir.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. DENEYLERDE KULLANILAN MALZEMELER

Kaynak esnasında T profilinde kaynatılan numunelerin sıcaklık ölçümleri lazer infrared termometreyle yapılarak ve birleştirilen numunelerin ısı dağılımı ve termal analizlerin tespiti için simufact welding paket programı kullanılarak simülasyon uygulaması yapılmıştır. Bu çalışmada, S355J2+N yapısal çeliklerin koruyucu gaz altında, T bağlantısı şeklindeki çift taraflı kaynakları sonrası meydana gelen açısal distorsiyonlar incelenmiştir.

Kaynak ile birleştirilen numunelerin kaynak sonrası meydana gelen açısal çarpılma değerleri; dijital kumpas ile incelenerek, deneysel sonuçlar elde edilmiştir. Kaynaklı bölgenin mikro yapısı, kaynak parametreleri gibi özellikler kullanılarak modellemesi gerçekleştirilmiştir. Böylece, modelleme ve deneysel sonuçlardan elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

Genel olarak, herhangi bir doğru model, malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin sıcaklık bağımlılığını ve sıcaklığın üç boyutlu (3D) alanlarını ve ısı kaynağının etrafındaki gerilmeleri göz önünde bulundurmalıdır [9-11]. Yapılan deneyde kimyasal özellikleri Tablo 1'de ve fiziksel özellikleri Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo1. S355J2+N Yapısal çelik kimyasal bileşim (% Ağırlık)

Malzeme	C	Mn	P	Ni	Al	S	Si	Fe
S355J2+N	0,17	1,34	0,011	0,05	0,028	0,009	0,02	Kalan

Tablo2. S355J2+N Yapısal çelik mekanik özellikleri

Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Sertlik (HB)	Uzama (MPa)
555	430	189 HB	26

Mekanik özellikleri bakımından yapı çeliklerinin akma/çekme dayanımları ve darbe dayanımları malzemenin servis koşulları için büyük önem taşımaktadır.

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere rutil özlü kaynak teli seçilmiştir. Kullanılan tele ait kimyasal bileşimler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Deneylerde kullanılan kaynak telinin kimyasal bileşimleri (Ağırlıkça %)

Kaynak Teli	C	Si	Mn	P	S
Rutil Özlü Kaynak Teli (E71 T-1C7)	0,06	0,50	1,30	0,015	0,015

2.2. DENEYLERDE KULLANILAN METOD

2.2.1. DENEYİN YAPILIŞI

Alaşımsız çeliklerde en yaygın olarak MAG (Metal Active Gas) ark kaynağı kullanılmaktadır. Kaynak Makinesi, sürekli tükenen tel elektrot ile ana malzeme arasında elektrik arkını oluşturmak, telin ve koruyucu gazın devamlı bir şekilde kaynak bölgesine gönderilmesini sağlamaktır. MAG güç kaynaklarında kaynak voltajı, kaynak akımı v kaynak hızı olmak üzere 3 parametre ayarımız vardır.

Numuneler, T profili şeklinde kaynatılmadan önce üzerindeki şekil bozuklukları giderilmiştir. Kaynak öncesinde numuneler birbirlerine puntalanmış ve T profil geometrisi oluşturulmuştur. Kaynak öncesi oluşturulan T profilleri Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1. *T profillerin kaynatılması işlemi.*

Deney Parametreleri

Puntalama işlemi yapıldıktan sonra, T profillerin kaynatılarak birleştirme işlemine geçilmiştir. Kaynatma işlemi Gazaltı kaynak yöntemi kullanarak yapılmıştır. Açısal çarpılma, distorsiyon oluşumunu görebilmek adına profiller belirlenen akımda, belirlenen voltajda ve kaynak hızlarında kaynatılmışlardır. Deneylerde kullanılan kaynak parametreleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Deneylerde kullanılan kaynak parametreleri

Kaynak Yöntemi	Akım Değeri (Amper)	Voltaj Değeri (V)	Kaynak Hızı (mm/sn)
Gazaltı kaynak	205 – 225	28 – 30	6 – 8

Kaynak parametreleri, kaynak işlemini ve elde edilen kaynak bağlantısının kalitesini belirleyen en önemli unsurlardır. Kaynak parametreleri, kaynaklanan metal veya alaşım ile kaynak metalinin türü ve kaynak ağız geometrisi göz önünde bulundurularak saptanır. Bu parametrelerin seçimi çalışma koşullarını kolaylaştırdığı gibi istenen özellik ve kalitede kaynaklı bağlantı elde edebilme olasılığını da arttırır [12].

2.3. SAYISAL ANALİZ VE ÇÖZÜMLEME

Sayısal çözüm için, deney sonuçlarından alınan veriler sınır şartları olarak kabul edilerek, çözüm yöntemi olarak Sonlu Elemanlar kullanan simufact welding programı kullanılmıştır. Programda, deneysel çalışmalarda kullanılan malzemelerle aynı ölçülerde katı model oluşturulmuş ve malzemenin sıcaklığa bağlı ısı kapasitesi, termal iletim katsayısı, gizli ısısı ve yoğunluğu malzeme özelliği olarak girilmiştir. Sonlu eleman sistemi ile düğüm noktalarına bölünen modele kızıl ötesi yöntemi ile ölçülen sıcaklık değerleri sıcaklık zaman tablosu olarak girilmiş ve ölçüm alınan bölgelerin düğüm noktalarına sınır şartı olarak tanımlanmıştır.

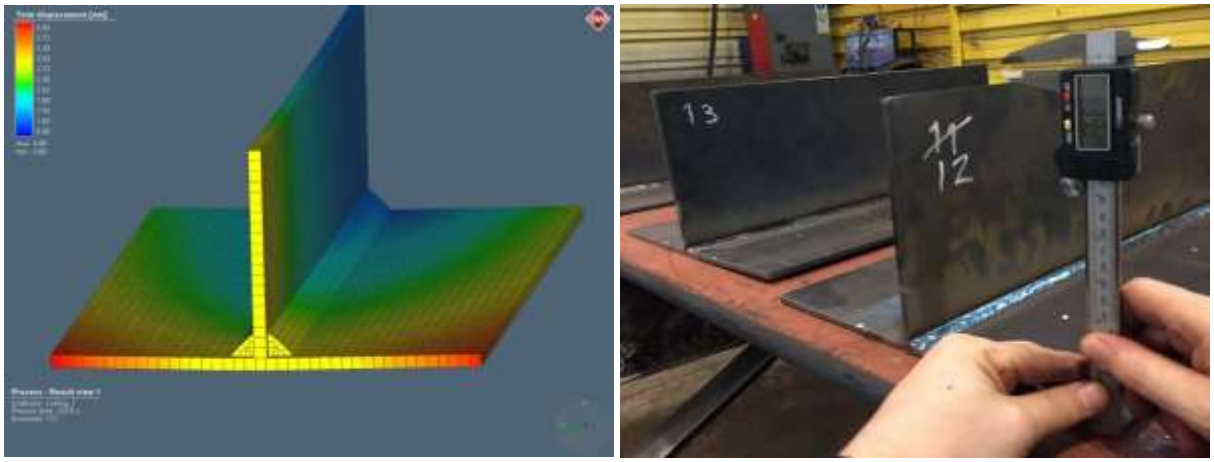
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, S355J2+N çelikten gazaltı kaynak yöntemleri ile T profili üretiminde, gerçekleştirilen açısal distorsiyon deneyleri sonucunda elde edilen çarpılma değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Deney tasarımı ve çarpılma

Deney No	Ölçüm Yöntemi	Akım (Amper)	Kaynak Hızı (mm/sn)	Çarpılma (mm)
1	Dijital kumpas	270	6,5	3,93
2	Sonlu elemanlar yöntemi	270	6,5	4,06

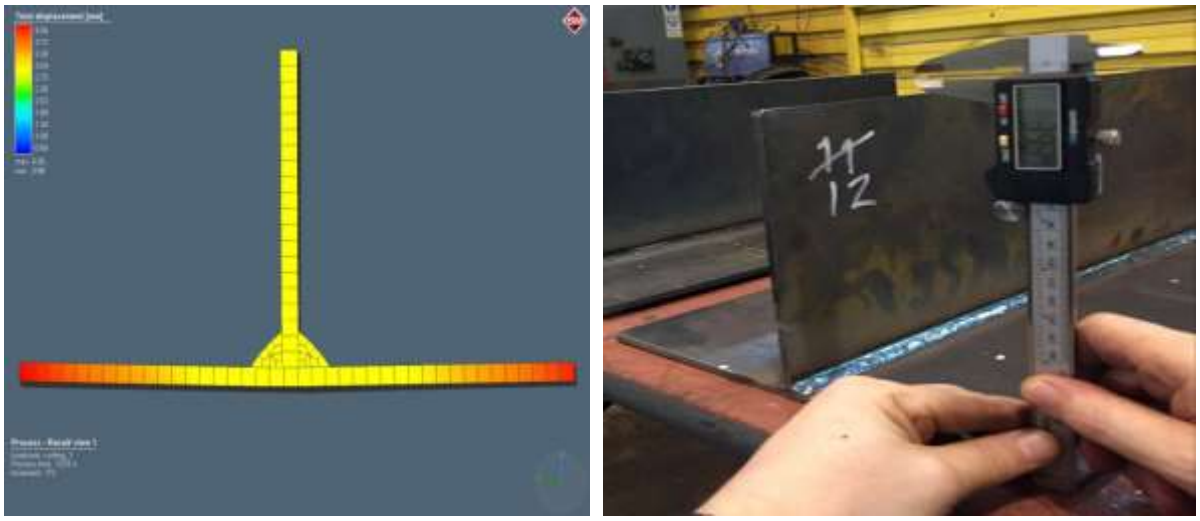
270 amperde 6,5 mm/sn kaynak hızında yapılan kaynak işlemi sonucunda parçada çarpılma olduğu tespit edilmiştir. Dijital kumpas ile yapılan distorsiyon miktarı ölçümleri sonucunda 3,93 mm kadar açısal çarpılma olduğu, Sonlu elemanlar yönteminde yapılan analizde ise yaklaşık olarak 4,06 mm kadar açısal çarpılma olduğu görülmüştür.



Şekil 2. *Dikey* plaka ve kaynak tarafındaki yatay plakanın kaynak sonrası görülen açısal çarpılma.

Gerçek çarpılma değeri ile simüle edilen çarpılma değerinin Şekil 2'de yaklaşık olarak 0,13 mm kadar olduğu görülmüştür. Kaynaklı imalat işlemlerinde özellikle yapı imalatı için kullanılan çelik yapılardaki bu fark tolere edilebilecek kadar küçük bir fark olarak kabul edilebilir.

Aşağıdaki şekilde malzemede kaynaklı birleştirme sırasında oluşan ısı girdisi ile meydana gelen çarpılma durumunun yazılım ile simüle edilmiş hali birlikte verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde yapılan simülasyon ile gerçek kaynatılan numunenin benzer oranda distorsiyona uğradığı görülmektedir. Bu durum yapılan simülasyon çalışmasının da geçerliliğini doğrulamaktadır.



Şekil 3. *Simülasyon ile gerçek kaynatılan numunenin benzer oranda distorsiyon görüntüsü.*

Meo, Vignjevic, Erol ve Esener tarafından yapılmış oldukları çalışmalarda, Sonlu eleman metodu kullanılarak kaynak prosesinin nümerik bir analizi gerçekleştirilmiştir. Nümerik analiz sonuçları deneysel testlerle karşılaştırılmış ve sonuçta elde edilen değerlerin birbiriyle uyumlu olduğu tespit edilmiştir [13-14]. Literatürler incelendiğinde elde edilen sonuçlarla bizim çalışmamız benzerlik göstermektedir.

4. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada, Gazaltı kaynak yöntemiyle T pozisyonunda kaynatılarak birleştirilen numunelerin oluşan kaynak işleminin kaynak bölgesine uyguladığı ısıl çevrim, bu bölgenin içyapısını değiştirmekte ve mikroyapısını etkilemektedir. Numunelerin kaynak prosesi sonrasında sonlu elemanlar analizi ile proses tahmini gerçekleştirilmiş ve proses parametrelerinin kaynak sonrası çarpılmaya etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Sonuçlar incelendiğinde deneysel çalışma sonuçları ile sonlu elemanlar yönteminin sonuçlarının birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.

- Numunelerin birbirine yakın oranda açısal çarpılmaya maruz kaldıkları görülmektedir. Sonlu elemanlar analizi sonucunda da numunelerde çarpılma olduğu görülmüştür.

- Yapılan analiz sonuçlarında çarpılma değeri gerçek numunede 3,93 mm iken sonlu elemanlar analizde 4,06 mm olarak ölçülmüştür. Arada sadece 0,13 mm'lik bir fark olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

[1] Kaluç, E . (2004): Kaynak Teknolojisi El Kitabı. MMO, Cilt 1,Kocaeli.358s

[2] Nwosu D.I., Olowokere, D.O. (1995): "Evaluation of stress intensity factors for steel tubular T-joints using line spring and shell elements", Eng. Failure Analysis, v2, n1, p. 31-44.

[3] Tovo R., Lazzarin P. (1999): "Relationship Between Local and Structural Stress in the Evaluation of the Weld Toe Stress Distribution", Int.J.Fatigue, 21, p. 1063-1078.

[4] Labesse F., Recho N. (1999): "Geometric Stress Level at the Weld Toe and Associated Local Effects", Welding in the World, v 43, no 1, p. 23-32.

[5] Brennan F.P., Dover W.D., Kare R.F., Hellier A.K. (1999): "Parametric Equations for T-Butt Weld Toe Stress Intensity Factor", Int.J.Fatigue, 21, p. 1051-1062.

[6] Brennan F.P., Peleties P., Hellier A.K. (2000): "Predicting Weld Toe Stress Concentration Factors for T and Skewed T-Joint Plate Connections", Int.J.Fatigue, 22, p. 573-584.

[7] Atzori B., Meneghetti G. (2001): "Fatigue Strength of Fillet Welded Structural Steels: Finite Elements, Strain Gauges and Reality", Int.J.Fatigue, 23, p. 713-721.

[8] Lie S.T., Lee C.K., Wong S.M. (2001): "Modelling and Mesh Generation of Weld Profile in Tubular Y-Joints", J.of Constructional Steel Research, 57, p.547-567.

[9] Deng D, Murakawa D. (2006): Numerical simulation of temperature field and residual stress in multi-pass welds in stainless steel pipe and comparison with experimental measurements. J Comput Mater Sci, 37(3):269–77

[10] Smith MC, Bouchard PJ, Turski M, Edwards L, Dennis RJ.(2012): Accurate prediction of residual stress in stainless steel welds. J Comput Mater Sci, 54: 312–28.

[11] Goldak J, Asadi M, Alena RG.(2010): Why power per unit length of weld does not characterize a weld? J Comput Mater Sci, 48(2):390–401.

[12] Tülbentçi, K.(1990): "MIG-MAG Eriyen Elektrod İle Gaz altı Kaynağı", Gedik Eğitim Vakfı Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü.

[13] R. . Meo, M.; Vignjevic,(1999): "'Welding Simulation Using FEA,'" pp. 59–64.

[14] Erol, Esener (2017): "Gaz Altı Ark Kaynağı Yönteminde Proses Parametrelerinin Yapıdaki Çarpılmaya Etkisinin İncelenmesi", Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi.

EDUCATION BASED ROBOTIC APPLICATION DEVELOPMENT FRAMEWORK

Mustafa KARAKAYA, Assoc. Prof. Dr. Mehmet Serdar GÜZEL,

Assoc. Prof. Gazi Erkan BOSTANCI

Computer Engineering Department, Ankara University, Turkey.

ABSTRACT

The aim of this study is to create a simulation in the field of robotics for the purpose of education to students or related persons in Robot Motion field. Using this simulation, the shortest path algorithms can be compared between each other and their working types have been visualized. User can create and run its own algorithm and display the results on the visual screen. The direction finding algorithms in the robotic field have been compared in different scenarios. Robots were sent from the same starting points to the same target points with different algorithms and the results were recorded and analyzed. Correspondingly, these robot motion algorithms have been compared between each other with moving or fixed obstacle scenarios . Dynamic Window Approach and Potential Field algorithm are compared on different moving obstacle scenarios. A Star Algorithm, Lee algorithm, RRT and RRT Star Algorithms have been compared on fixed obstacle scenarios. These algorithms were compared in areas such as angular velocity, time spent, linear velocity, traveled road. The results are reported. Dynamic Window Approach and Potential Field Algorithms that can calculate paths in real time. So they have the ability to avoid moving obstacles. With this framework, the route, working and calculation speeds are easily observed. According to the results, the superiority of the algorithms against each other has been observed. Whether these advantages depend on scenarios or specific areas has been analyzed. In order to make easier analysis, results in different fields are presented to the users with visual graphics.

Keywords: Robotic Simulation, Motion Planning , Obstacle Avoidance, Open Source Platform

1. INTRODUCTION

Robot Motion Control is a software component that determines how a robot should move to perform predefined tasks. If there is more than one way in order to do something with the robot, the chosen path should have more special qualities than other paths. (1) Firstly; the chosen path should reduce time and it should avoid collisions at maximum rate , should avoid working area limits, reduce power consumption and increase accuracy. Robot Motion Control should always include certain restrictions.. Nowadays, real time robot motion control is one of the attractive and fast-growing area. Most of the algorithms calculate directions first and then the moving process starts. When the robot starts to move on a pre-calculated path, it cannot respond to environmental or user input changes. (2) Moving the robot in real time is harder than pre-calculated moving process. The calculation speed plays an important role in robot motion control algorithms. It is important to evaluate many alternatives in terms of time and steps, and

also about choosing the strongest algorithmic approach. The focus of this research is on the movement planning of robots. From the beginning of modern robotics science, researchers and engineers have been looking for ways to improve the trajectory of their robot's outlines. Much progress has been recorded in this regard day by day, and reliable algorithms have been developed. The robots were able to draw their own routes automatically without hitting objects. While drawing these routes, two important concepts were focused on. These are free space, and itinerary. (3) For instance , it can be faced with some obstacles where robots can't move or enter directly. The algorithm needs to remove all disabled locations from the configuration area. This arrangement provides algorithm's working efficiently. (4) Next step will be configuration area's fixing process . However, empty space may change when new objects enter or exit the space.

2. ROBOTIC APPLICATION DEVELOPMENT FRAMEWORK

In this section, the content and usage of robotic application development framework will be mentioned. It is a platform where users can develop their own algorithms in javascript language. This framework is written in Java and it can compile and run javascript code with nashorn script engine. Users can compare their own algorithms with other algorithms or basic robot motion plan algorithms. A Star Algorithm, Lee Algorithm can ne compared with RRT and its derivatives. The written algorithm creates a path according to a specific start and end point or fixed obstacles. User algorithms can always be compared with A Star, Lee and RRT algorithms because these algorithms work separately and their results are saved on framework.. However, path real time is calculated with Dyanmic Window Approach and Potential Field Algorithms hence these algorithms can also work with moving obstacles. It shows that it is more compatible with the real environment. These algorithms avoid moving obstacles in real time. This application has been developed in java software language and also Jide framework has been used. In addition to that, Script engine was used to process javascript codes.

3. EXPERIMENTAL RESULTS

The application which has been developed for this work purpose, shows that , robot motion control algorithms have been compared in different fields and study results were interpreted. A Star, Lee, RRT and RRT Star algorithms were compared between each other. It has been compared on different scenarios. Dynamic Window Approach and Potential Field Algorithms have been compared with each other in different scenarios. The same mobile robot was sent from the same starting point to the same end point by running these algorithms. Angular velocity , amount of time spend and amount of road traveled values were calculated on each algorithms and the results have been viewed on graphs. These algorithms run on the same computer. The features of the computer are as follows:

Processor: Intel® Core™ i7-9750 CPU @ 2.60 GHz

RAM:16GB Screen Card : 3GB GTX 1050

Five different scenarios were run for the experiments. The contents of the scenario will be explained below.

A. Scenario 1

A Star, Lee, RRT and RRT Star algorithms have been compared with each other in a scenario which has no obstacles. Angular Velocity Result has been presented in Figure 1. According to Result RRT Star Angular Velocity is higher than other algorithms.

These algorithms do not calculate the route in real time. It calculates the route according to the starting point, ending point and fixed obstacle. The Amount of time spent(ms) is actually difference between times of starting algortihm and finding the route. Mobile robots move on grids on this framework. The amount of time traveled is calculated on the grids Angular velocity has inverse proportion between how many seconds mobile robot arrives from starting point to the destination point. The angular velocity decreases as the arrival time increases.

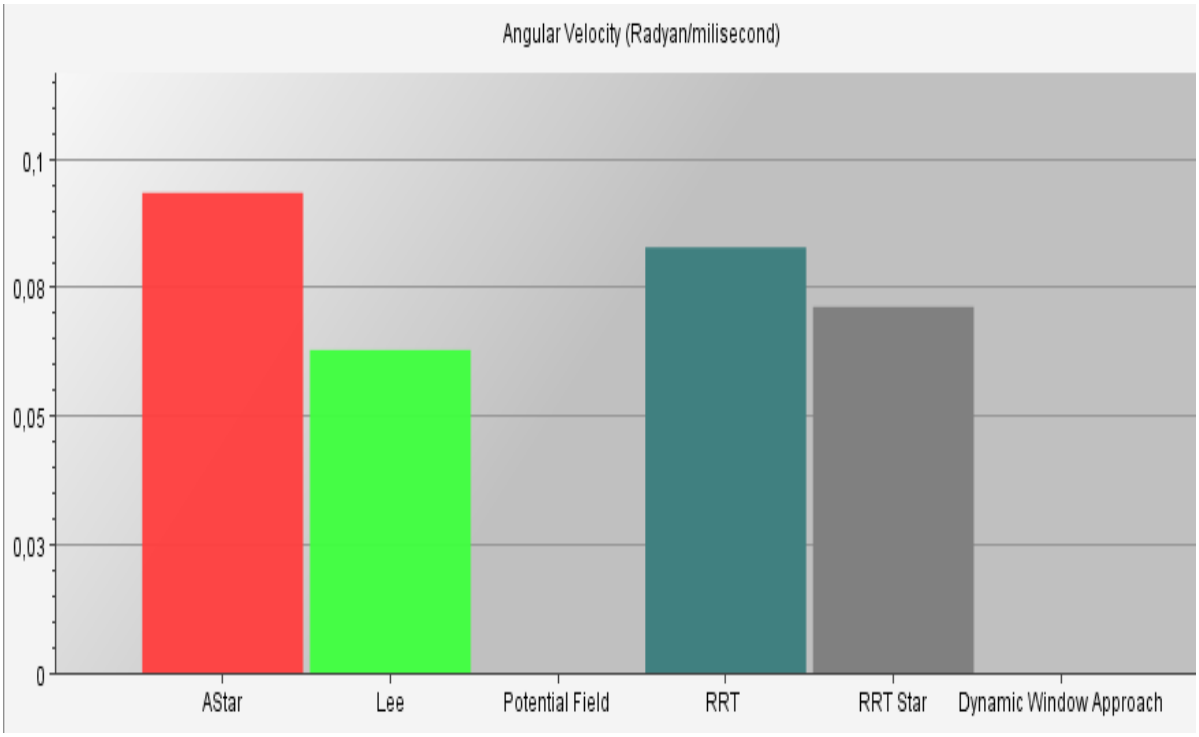


Figure 1. *Angular Velocity Graph With No Obstacle Scenario*

Amount Of Time Spent(ms) Result has been shown in Figure 2. RRT Algorithm's amount of time spent is really high.

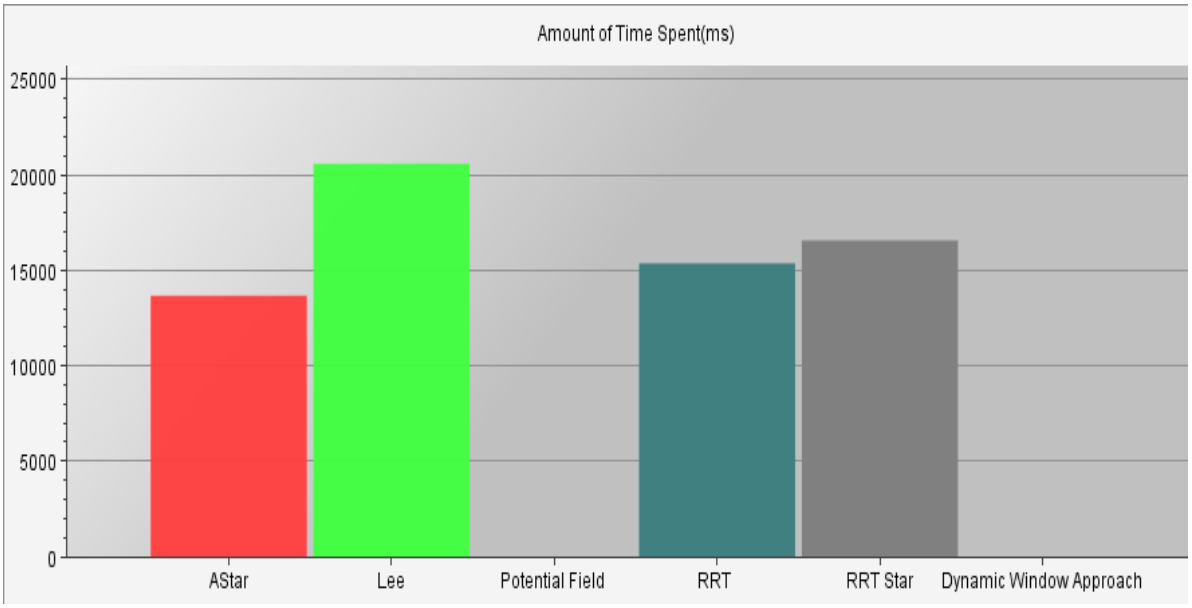


Figure 2. *Amount of Time Spent With No Obstacle Scenario*

Amount of Road Traveled (grid) Result has been shown in Figure 3. On that graph, RRT Value is higher than other algorithms.

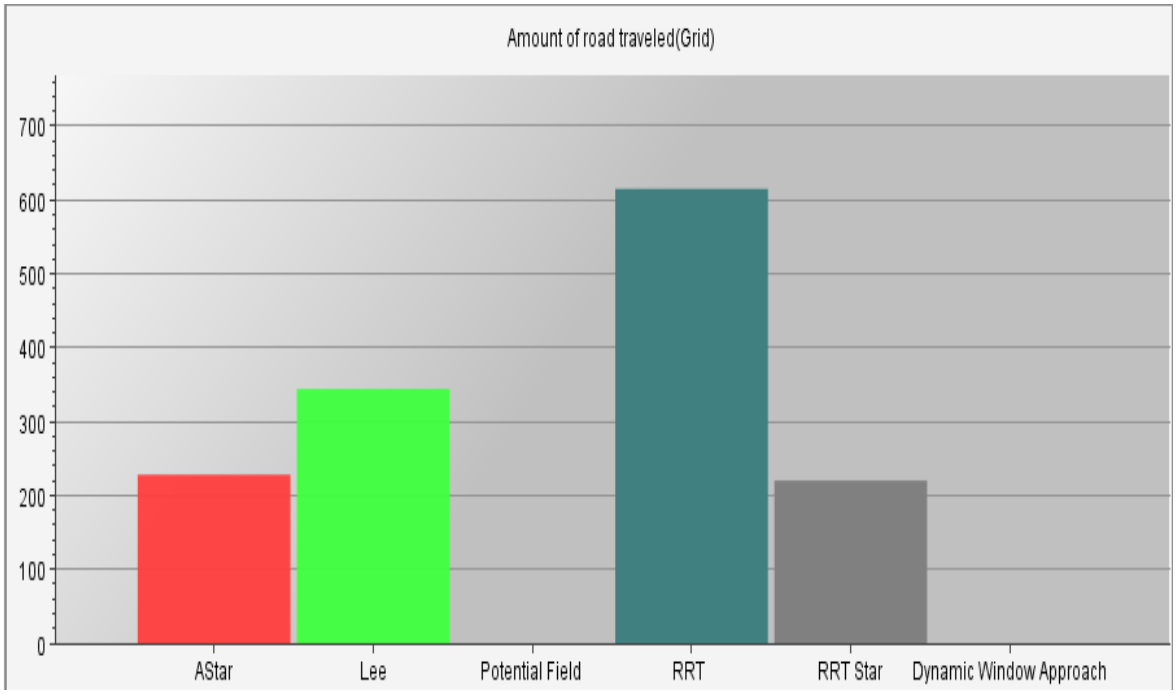


Figure 3. *Amount Of Road Traveled With No Obstacle Scenario*

Algorithms Route: A Star Algorithm' Route has been shown in Figure 4. This algorithm has up,down,left,right and cross direction.

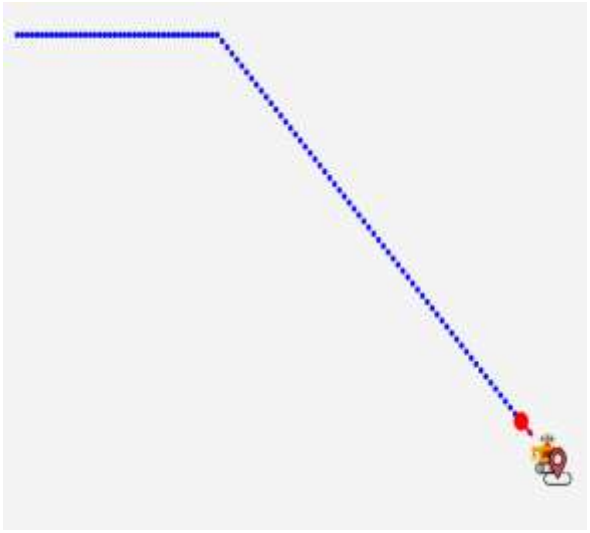


Figure 4. *Lee Algorithm Route*

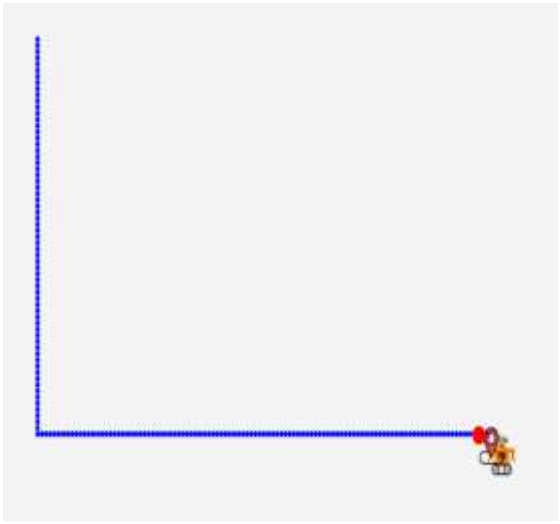


Figure 5. *A Star Algorithm Route*

Lee Star Algorithm' Route has been showed on Figure 5. This algorithm has up,down,left and right direction. This algorithm was not implemented to have cross direction. RRT Algorithm' Route has been shown on Figure 6. The route is slightly longer than others until the destination point arrives.

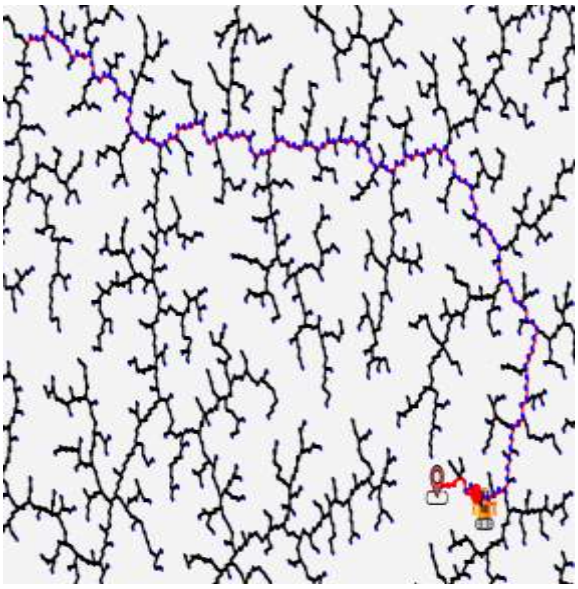


Figure 6. *RRT Algorithm Route*

Figure 7. *RRT Star Algorithm Route*

RRT Star Algorithm' Route has been presented on Figure 7. The route is more efficient than other algorithms. This interpretation can also be understood by looking at the Figures.

B. Scenario2

A Star, Lee, RRT and RRT Star algorithms have been compared with each other in a scenario which is only one fixed obstacle. Amount of road traveled (grid) result has been represented in Figure 8. On that graph, RRT Value is higher than other algorithms just like previous scenario.

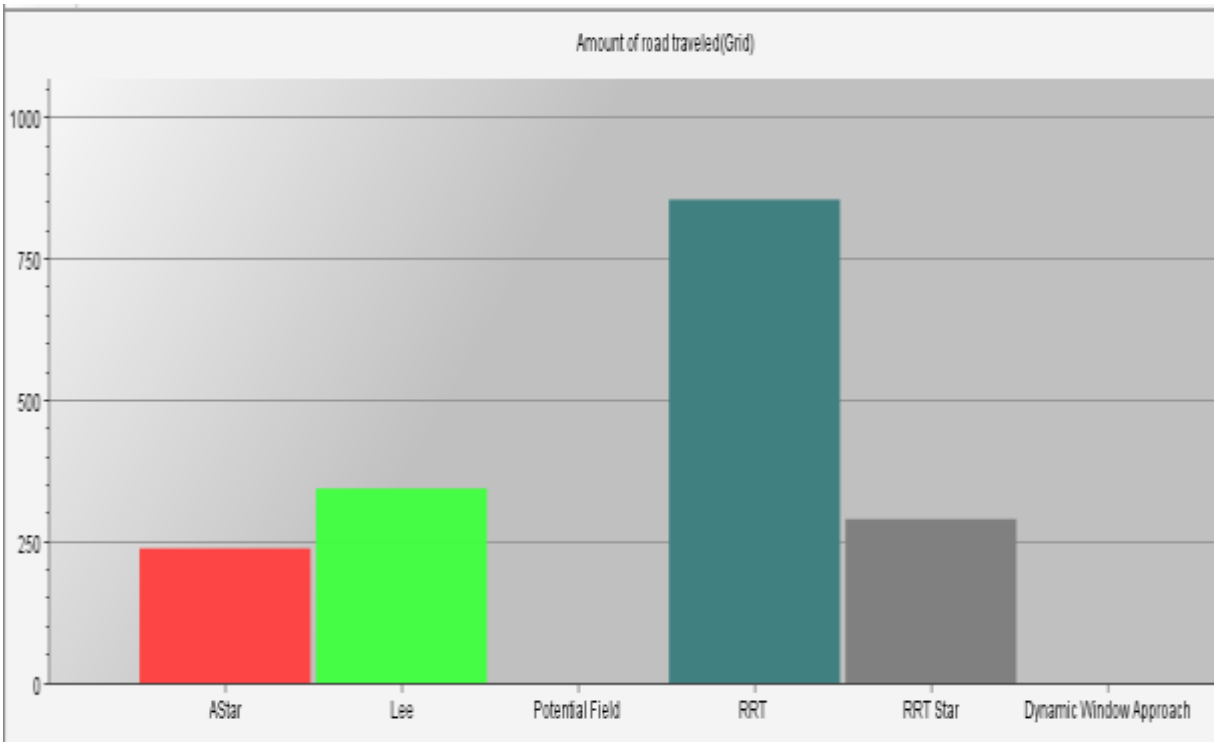


Figure 8. *Amount of Road Traveled With One Fixed Obstacle Scenario*

Amount of time spent(ms) result have been showed on Figure 9. Lee Algorithm's amount of time spent is higher than the others.

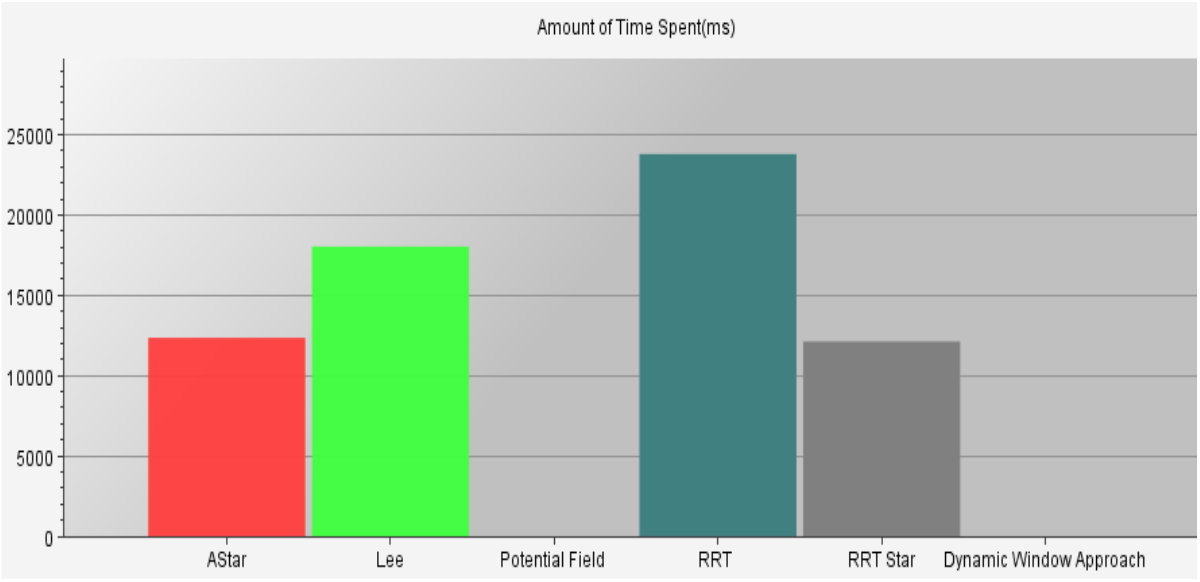


Figure 9. *Amount Of Time Spent With One Fixed Obstacle Scenario*

Angular velocity result has been showed in Figure 10. According to result, angular velocity of RRT Star and A Star are almost the same.

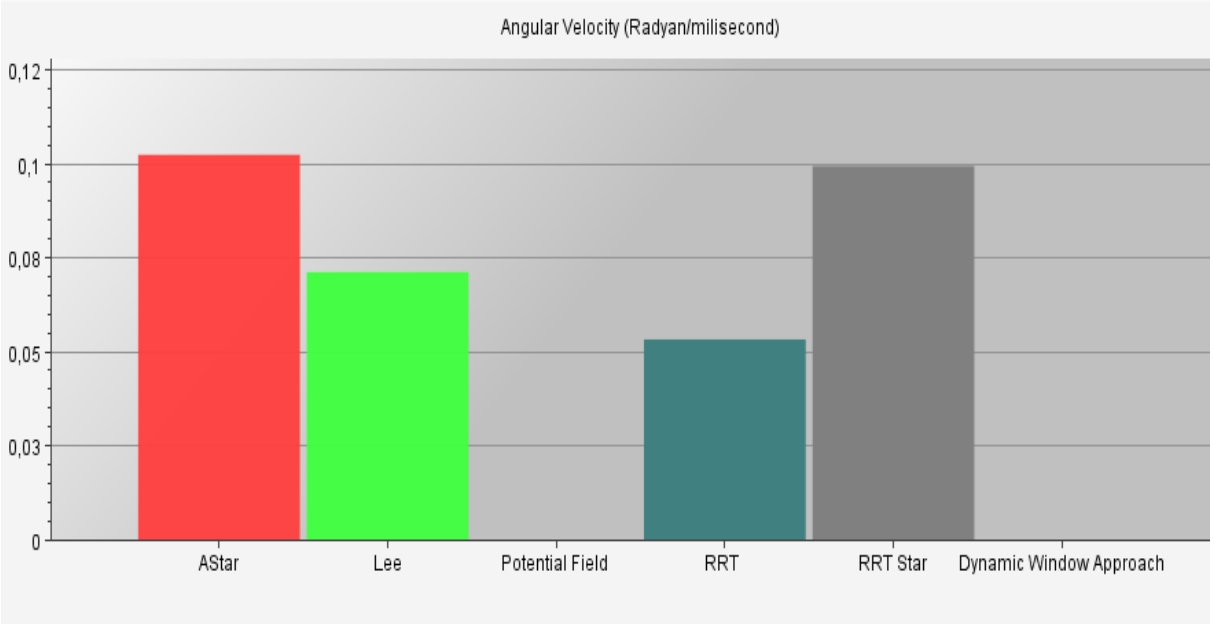


Figure 10. *Angular Velocity With One Fixed Obstacle Scenario*

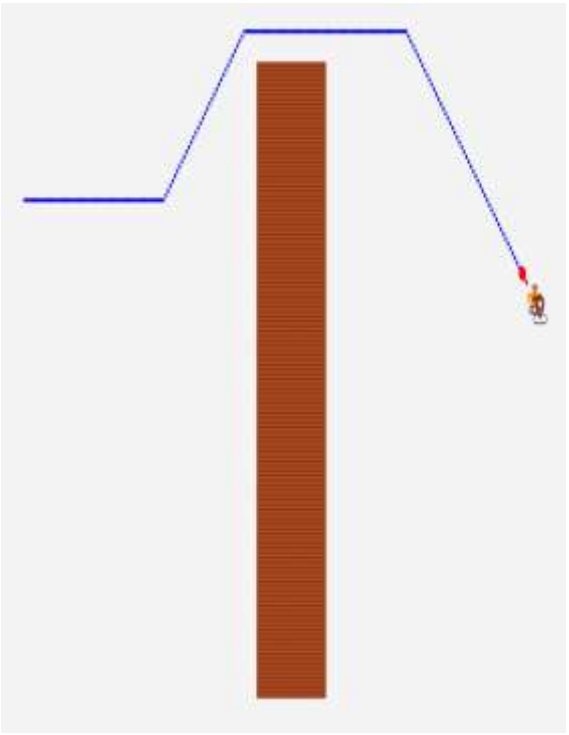


Figure 11. *A Star Algorithms Route With One Fixed Obstacle*

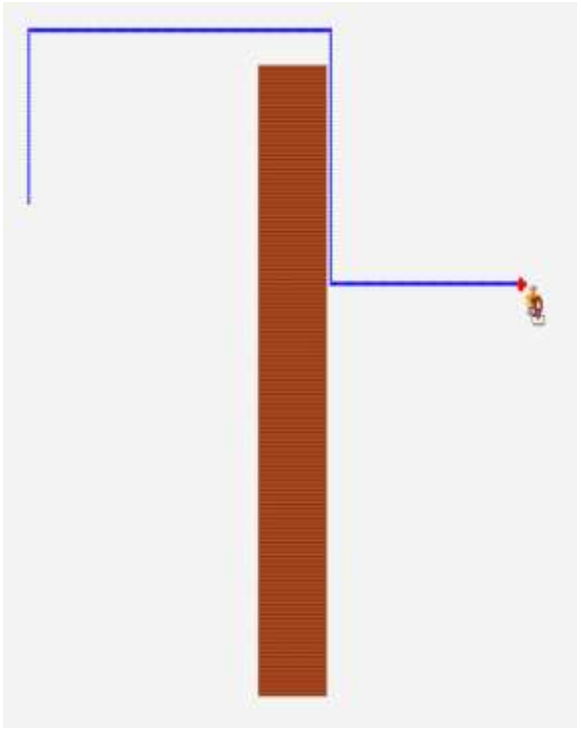


Figure 12: Lee Algorithms Route With One Fixed Obstacle

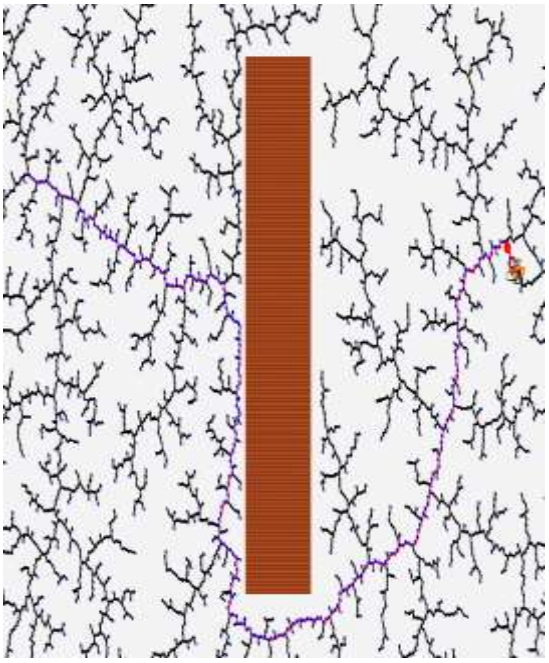


Figure 13. *RRT Algorithms With One Fixed Obstacle*

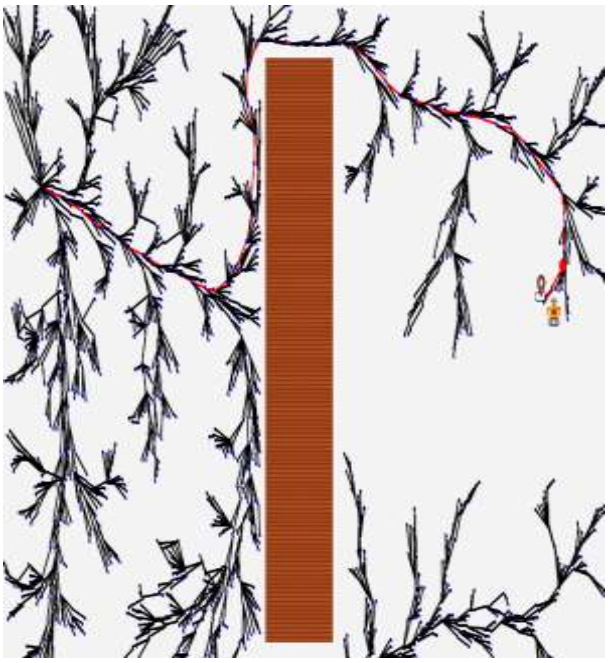


Figure 14. *RRT Star Algorithms With One Fixed Obstacle*

As in the previous scenario, RRT Star has been more successful than other algorithms. However ,the difference in this scenario is not as clear as the previous scenario. Values are close to each other in a single fixed obstacle scenario. The Lee algorithm was unsuccessful in the amount of time spent.

C. Scenario 3

Dynamic Window Approach and Potential Field algorithms were compared with each other in two moving obstacles. These algorithms calculate the route in real time. In other words, route's one step is created in algorithm's each iteration. Moving obstacle cause to this situation . Depending on this, the time spent is actually the time until it reaches the destination. Mobile robots move on grids on this framework. Taking path is calculated according to grid numbers. Angular velocity has inverse proportion between how many seconds mobile robot arrives from starting point to the destination point. The angular velocity decreases as the arrival time increases.

.

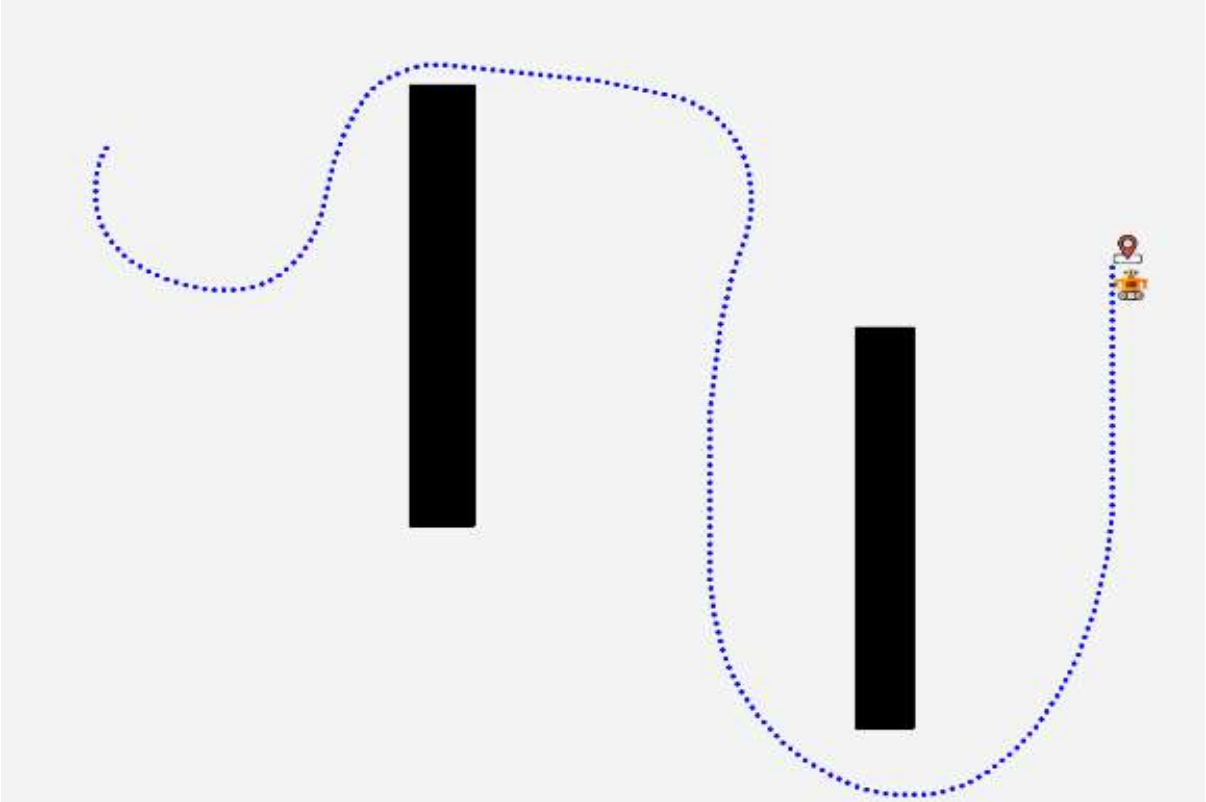


Figure 15. *Dynamic Window Approach Algorithm Route With Two Moving Obstacle*

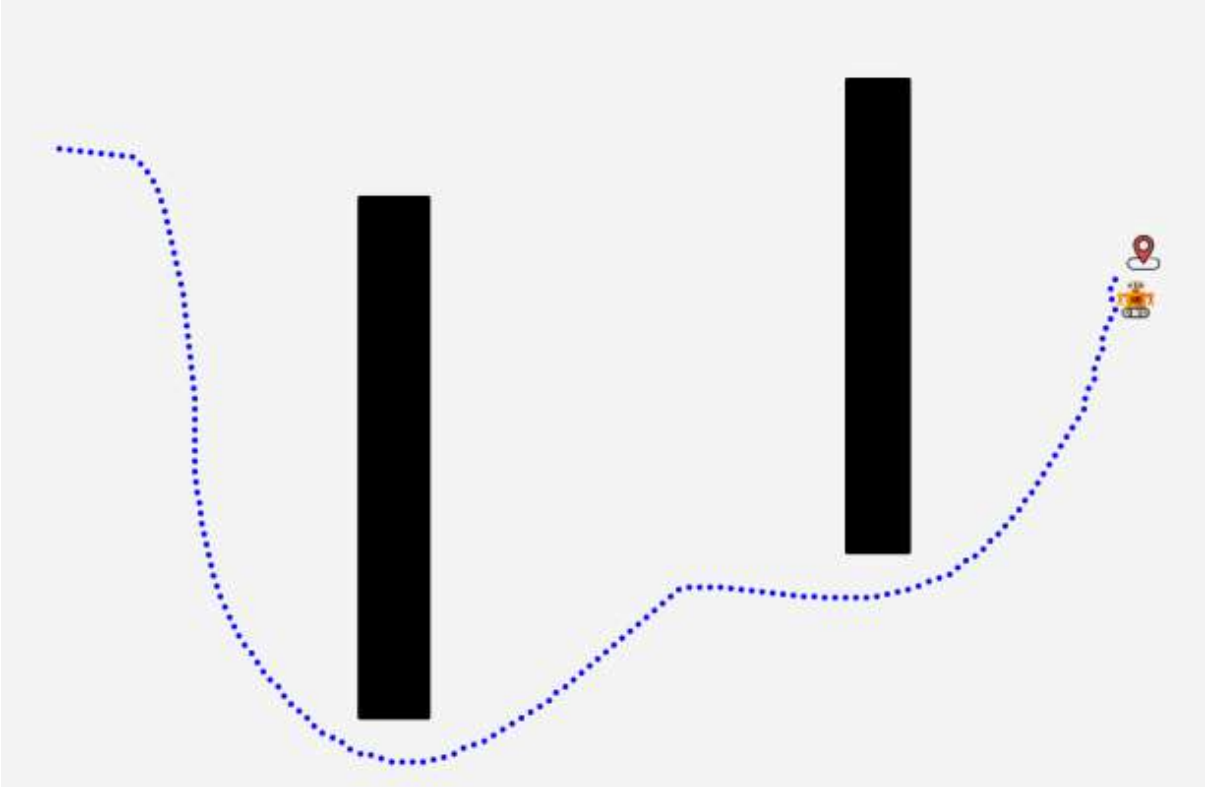


Figure 16. *PTA Algorithm Route With Two Moving Obstacles*

Angular velocity comparison on two moving obstacle scenarios are shown on Figure 17. The Potential Field algorithm has been more successful.

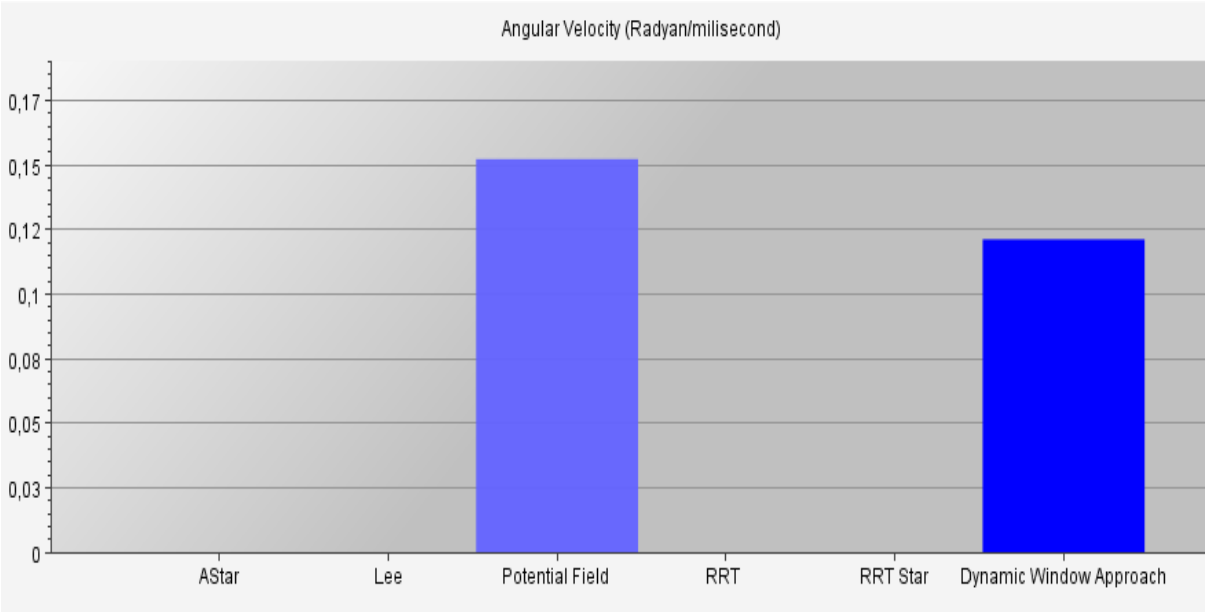


Figure 17. *Angular Velocity With Two Moving Obstacle Scenario*

The Amount Of Time spent (ms) comparison in two moving obstacle scenarios is shown on Figure 18.

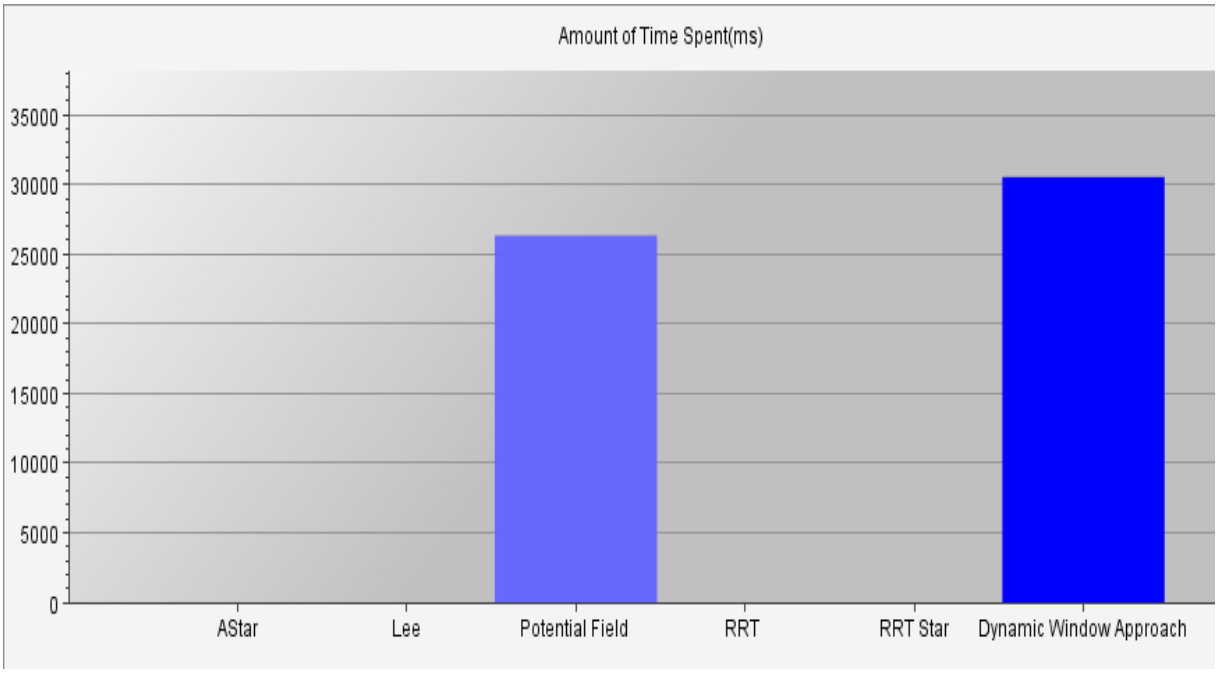


Figure 18. *Amount Of Time Spend With Two Moving Obstacle*

The Amount Of Road Traveled(grid) comparison in two moving obstacle scenarios is shown on Figure 19.

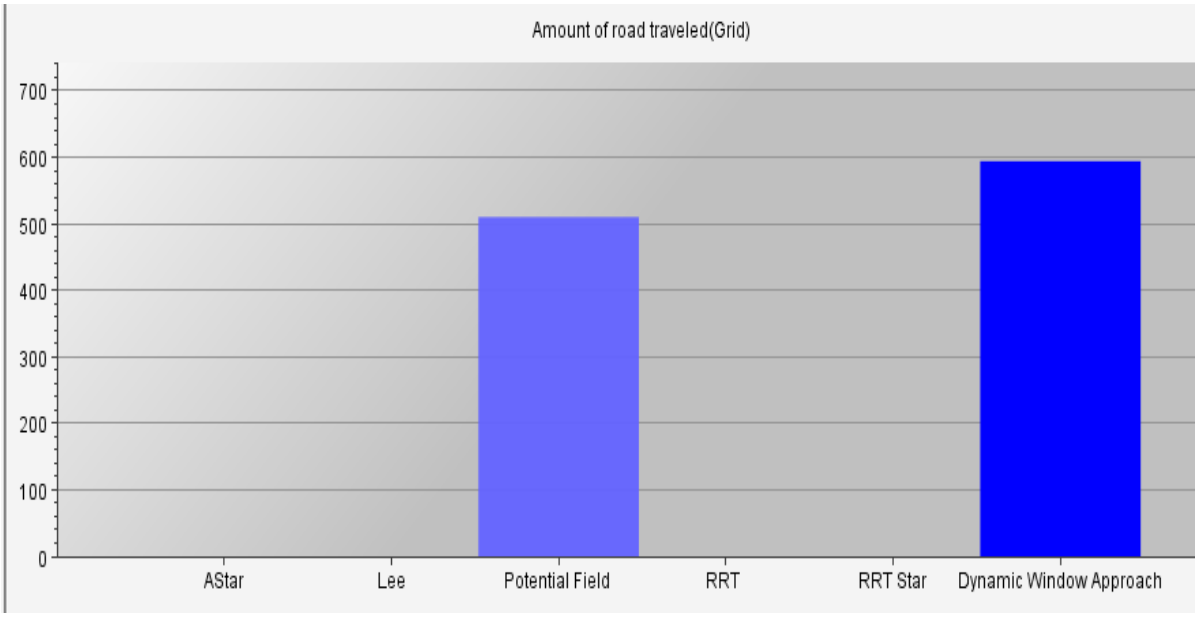


Figure 19. *Amount Of Time Traveled With Two Moving Obstacle*

D. Scenario 4

The Dynamic Window Approach and Potential Field algorithms were compared with each other in two moving obstacle and one single fixed obstacle. In this scenario, the obstacles on the edge are movable and the obstacle in the middle is fixed.

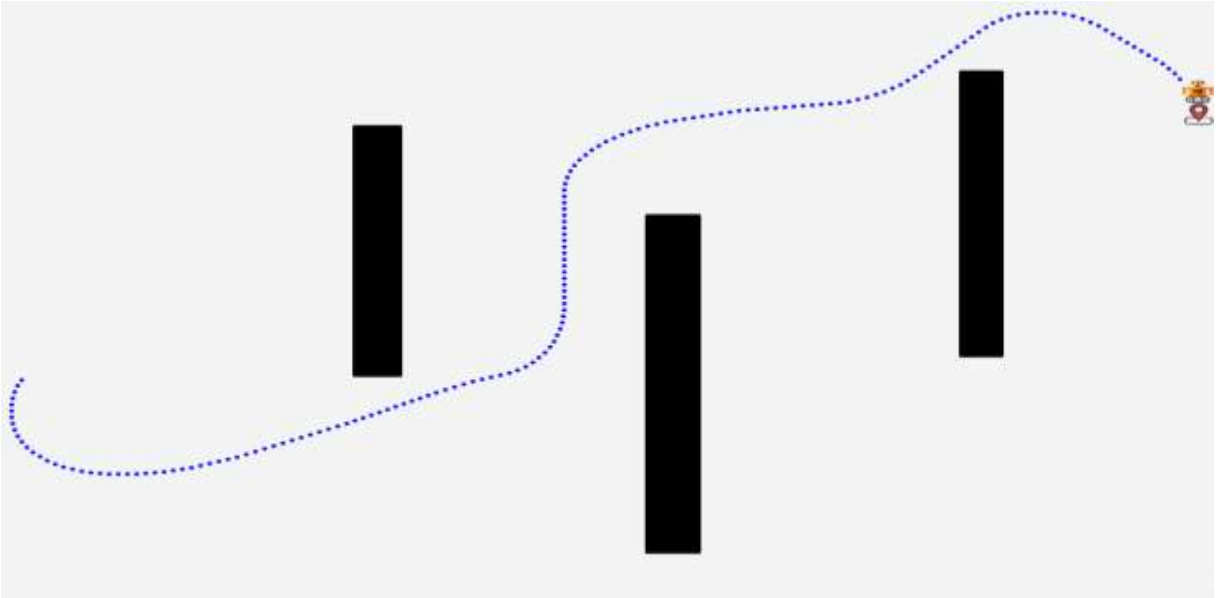


Figure 20. *DWA Algorithm Route With Two Moving Obstacle and One Fixed Obstacle*

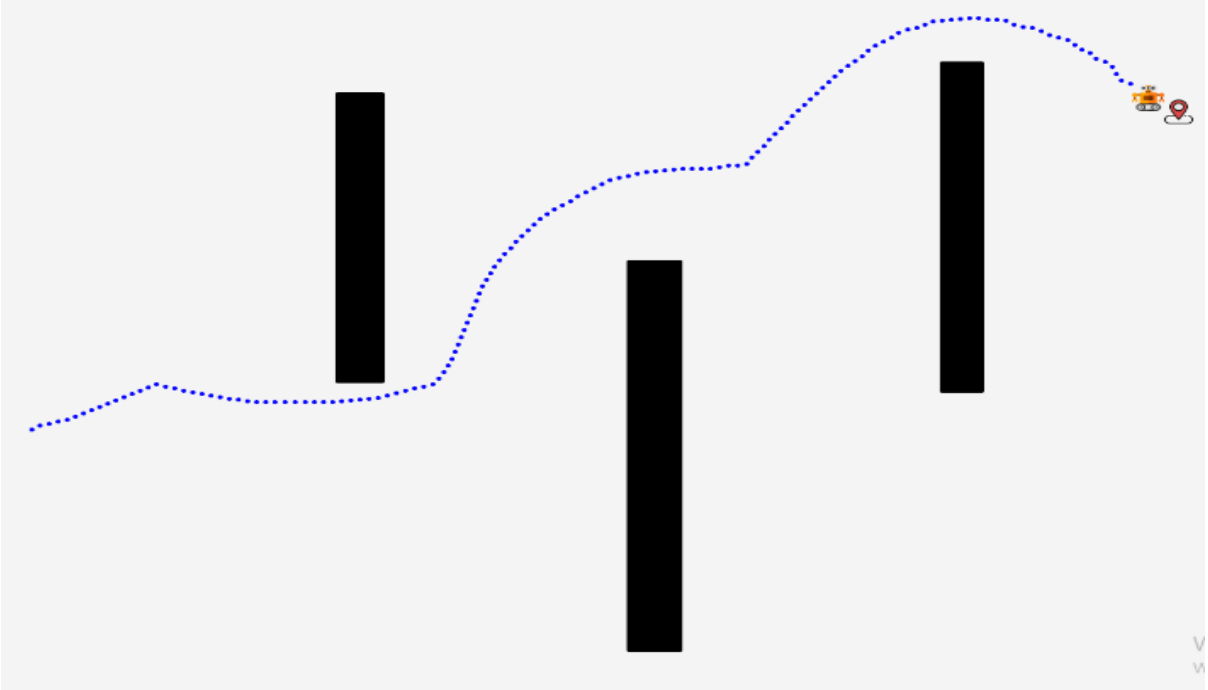


Figure 21. *PTA Algorithm Route With Two Moving Obstacle and One Fixed Obstacle*

Angular velocity comparison in two moving and one fixed obstacle scenario is shown on Figure 22.

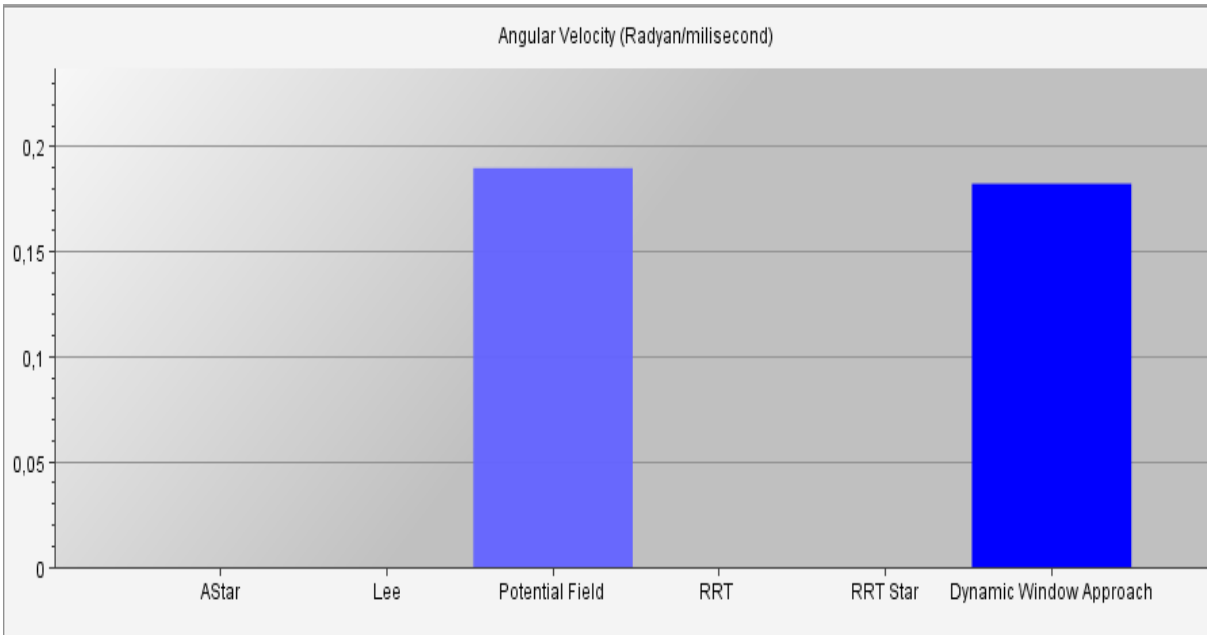


Figure 22: *Angular Velocity Graph With Two Moving Obstacle And One Fixed Obstacle Scenario*

The amount of time spent(ms) in two moving and one fixed obstacle scenario is shown on Figure 23.

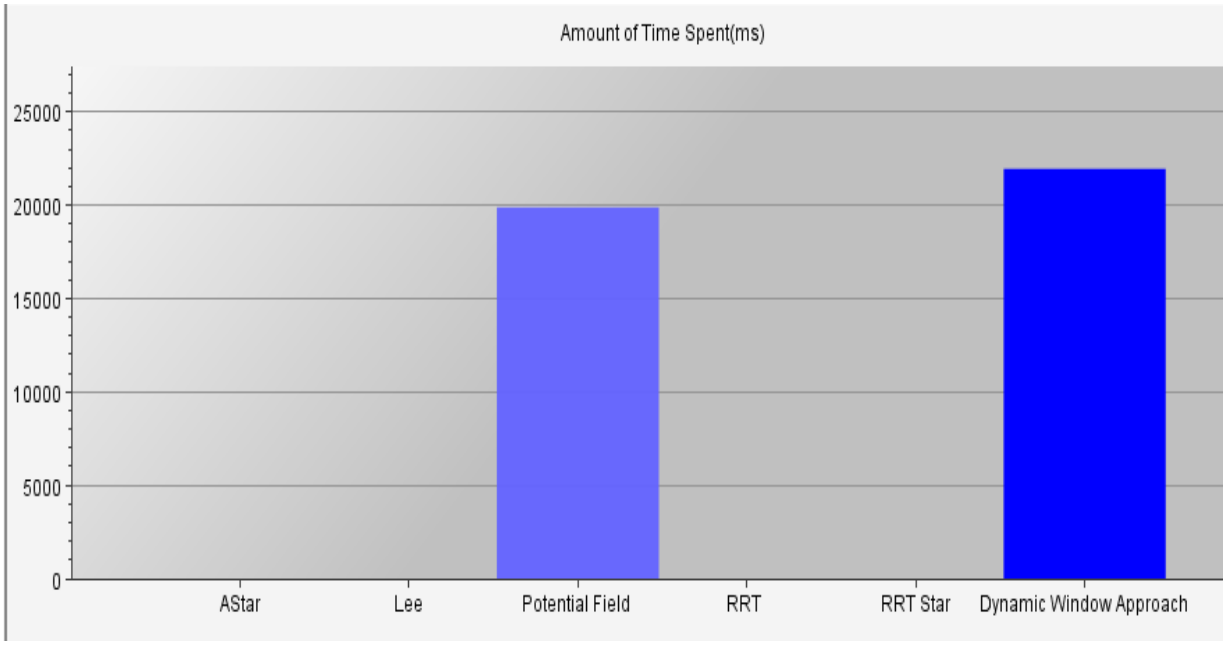


Figure 23. *Amount Of Time Spent Graph With Two Moving Obstacle And One Fixed Obstacle Scenario*

The amount of road travelled(grid) in two moving and one fixed obstacle scenario is shown on Figure 24.

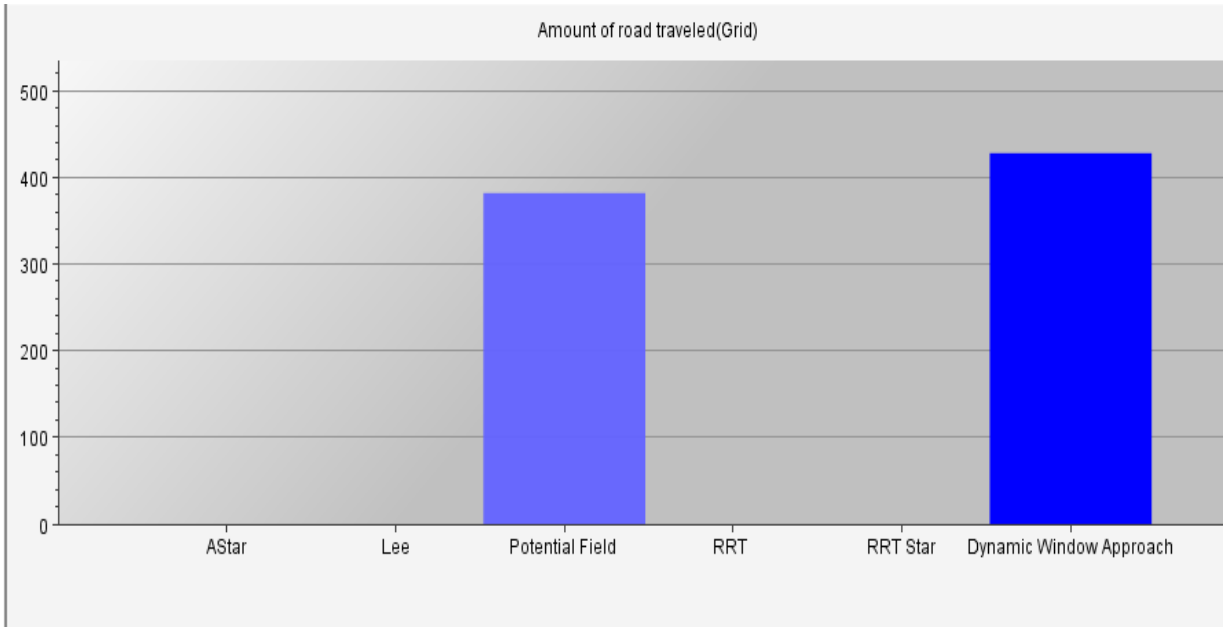


Figure 24. *Amount Of Road Traveled Graph With Two Moving Obstacle Abd One Fixed Obstacle Scenario*

In two scenarios, the superiority of PTA algorithm against DWA was observed in three different areas. However, when looking at the routes, it has been observed that Dynamic Window Approach algorithm was more successful in avoiding obstacles than Potential Field Algorithm.

E. Scenario 5

In this scenario all algorithm was compared each other. These algorithms are compared according to the distance traveled. They could not be compared in terms of time spent. Because some of them work in real time. Others can't work on real time. So all the algorithms traveled distance was shown on graph.

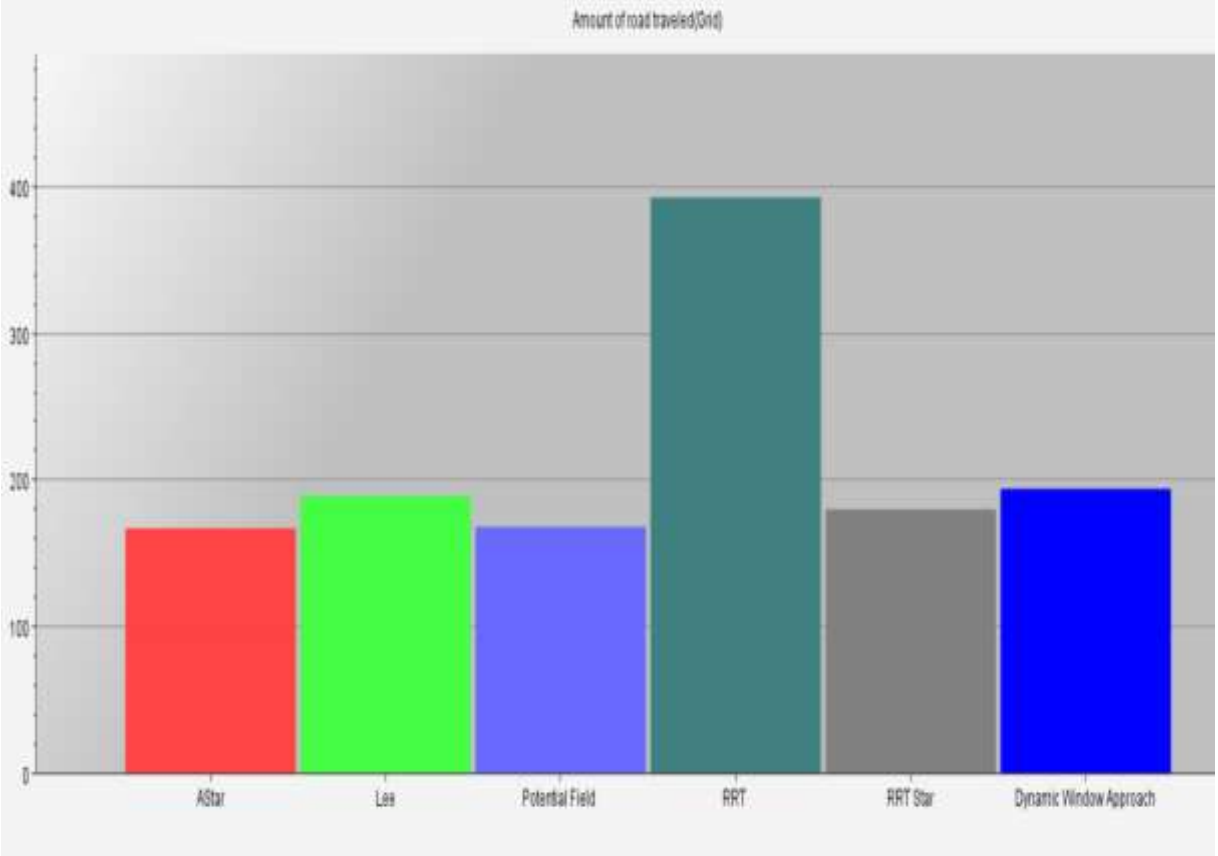


***Figure 25**. Amount Of Road Traveled Graph Between All Algorithms*

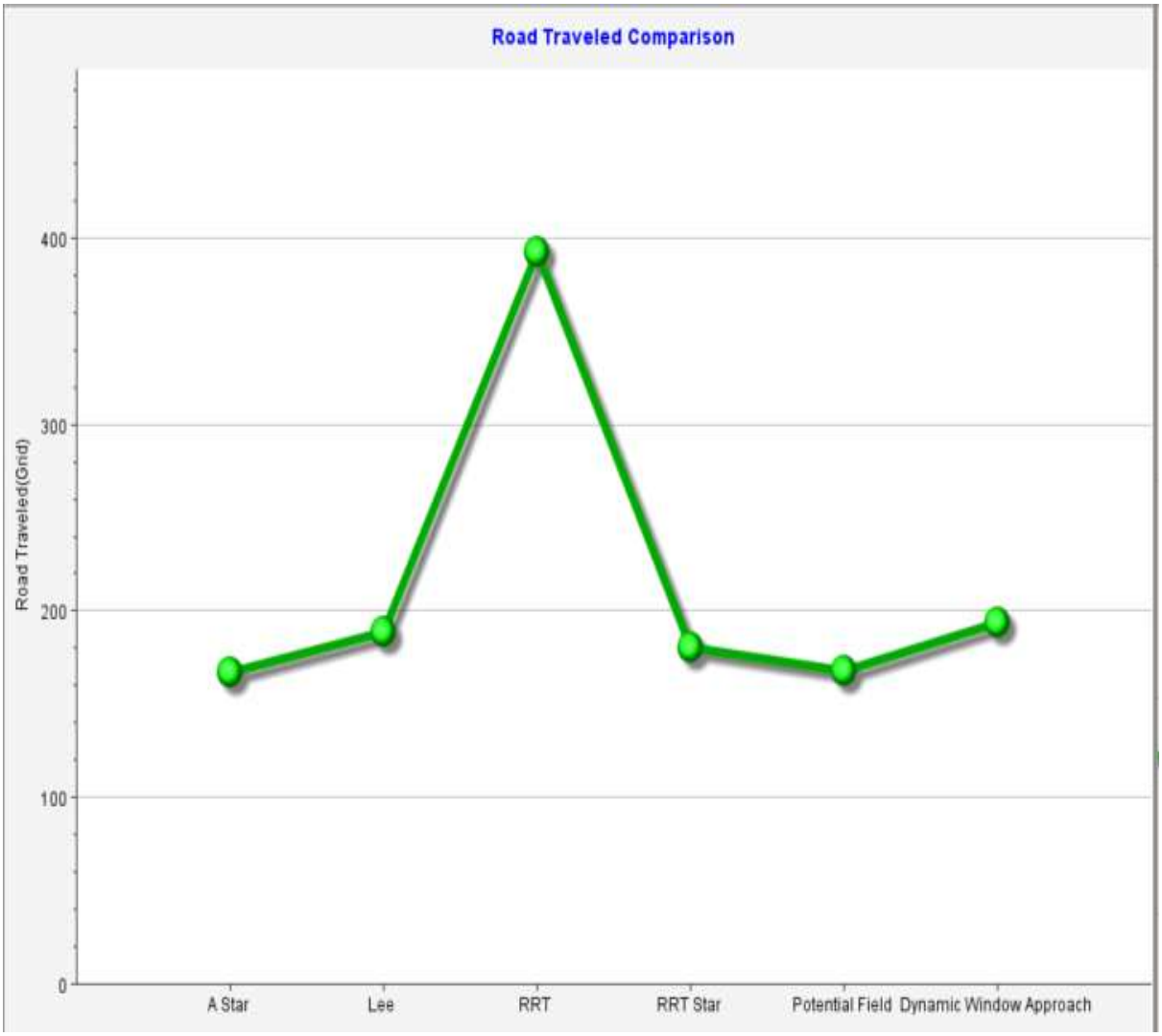


Figure 26. *Another Type of Amount Of Road Traveled Graph Between All Algorithms*

Distances of all algorithms were close to each other except RRT. The RRT algorithm showed the most unsuccessful result. But the result of the optimized RRT algorithm is very successful.

4. CONCLUSION

Studies have been carried out within the subject of robot motion control, which is one of the subtopics of the robotics field. Six different algorithms are examined separately for robot locating. They were compared with each other from different perspectives and the results were interpreted. These six algorithms naturally have advantages and disadvantages against each other. Therefore, assumptions were made instead of certain propositions. Inferences are made and interpreted according to the situations. PTA and DWA are algorithms that can avoid moving obstacles in real time. (4) These are two algorithms that can determine different routes according to the angle and speed of the moving obstacle, which can accelerate and slow down. In short these algorithms are more suitable to real environment. (5). These algorithms, which calculate and draw a path in dynamic time, are naturally more costly than other algorithms. The location and speed of the obstacles are calculated in each iteration and a new route is created

according to the physics rules. The route is calculated before by other algorithms and mobile robots take action according to these calculations. (6) In short, other algorithms do not have a chance to avoid moving obstacles. After calculating path , robot is settled on starting point and then it takes robot to finish points according to calculated path depending on the location of the fixed obstacles. Naturally, it costs less to algorithms running in dynamic time. RRT Star is an optimized version of the RRT algorithm. And naturally the results in the RRT Star algorithm is more successful. Cross aspects are not defined in the implementation of the Lee algorithm, thus it is realized why it takes longer distance than other algorithms. However, normally the Lee algorithm always finds the shortest distance found, but it is a very costly algorithm compared to other algorithms. (7) The A Star algorithm has heuristic approach in base and correspondingly , heuristic approach‘s success proportion affect A star algorithm’s success. The intuitive approach of the implemented A Star algorithm has been successful and successful results have been observed in terms of travel and angular speed. (9)In summary, the Lee algorithm is a guaranteed algorithm and naturally has a costly structure. A Star, RRT and RRT Star algorithms have an intuitive approach. Therefore, different results can be observed according to different scenarios in these algorithms. The intuitive approach they use determines the efficiency of these algorithms. It would be smoother in order to compare with other DWA and PTA algorithms between each other. With the PTA algorithm, DWA was compared in different scenarios and PTA's results were observed to be more successful overall. However, it has been observed that the DWA algorithm is more successful in avoiding moving obstacles. In comparing PTA and DWA in moving obstacle scenarios, these two algorithms had no obvious superiority in each other. There are many parameters in the implementation of these two algorithms. Common parameters are shared for both of algorithms.. Based on these parameters comparisons have been realized. As a result, the selection of these algorithms are up to environment or hardware of the robots used. If there are moving obstacles in the environment, one of the DWA or PTA algorithms must be used. Which of these two to choose depends on the purpose. If the mobile robot is very valuable which is used , avoiding obstacles should be the first goal. In this area, the DWA algorithm is more successful. If the goal is to go to the target in a shorter time, the PTA algorithm can be preferred. The PTA algorithm often finds more optimized routes. If there is no moving obstacle in the environment, the route can be calculated and set off. Accordingly, Lee, A Star and RRT and its derivatives are preferable . If the mobile robot’s hardware has a good quality, the Lee algorithm can be easily selected. However if not so, a preference should be made based on the heuristic algorithm which is used between A Star and RRT Star.

REFERENCES

1. **Abbee, Pieter.** Motion Planning. *https://people.eecs.berkeley.edu/.* [Çevrimiçi] http://portal.ku.edu.tr/~cbasdogan/Courses/Robotics/projects/algorithm_poten_field.pdf.

2. **Wolfram Burgard, Cyrill Stachniss, Maren Bennewitz, Kai Arras.** *Introduction to Mobile Robotics.* Freiburg : s.n., July 2011 .

3. *Robot Planning.* **McDermott, Drew.** 2, s.l. : AI Magazine , 1992, Cilt 13.

4. *A Goal Oriented Navigation System Using Vision.* **Mehmet Serdar Güzel, Panus Nattharith, Ahmet S. Duran.** 2-3, s.l. : UTEM, 2017, Cilt 9.

5. *The Dynamic WindowA pproachto Collision Avoidance.* **Dieter Fox, Wolfram Burgard, Sebastian Thruny.** Pittsburgh : s.n., 1997.

6. *High-speed Navigation Using the Global Dynamic Window Approach* . **Oliver Brock, 0ussama.Khatib Robotics Laboratory, Department of Computer Science Stanford University, Stanford, California 94305.** Detroit. Michigan : s.n., 1999.

7. *Dynamic window based approach to mobile robot motion control in the presence of moving obstacles.* **Petrovi, Marija Seder and Ivan.** Roma, Italy : 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation , 10-14 April 2007.

8. *Machine vision and fuzzy logic-based navigation control of a goal-oriented mobile robot.* **Panus Nattharith, Mehmet Serdar Güzel.** 3, s.l. : SAGE, 2016, Cilt 24.

9. *A Multi-Agent Robot Coordination Framework for Goal based Navigation Problem.* **İbrahim Baran Çelik, Mehmet Serdar GÜZEL.** Rome, Italy : Second International Conference on Advances in Information Processing and Communication Technology, 18 - 19 April, 2015.

UNRESTRICTED PELL AND PELL – LUCAS HYBRID NUMBERS

Doç. Dr. Göksal BİLGİCİ

Kastamonu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü

ABSTRACT

There are many studies about the hyper numbers whose coefficients are Pell and Pell – Lucas numbers. Pell and Pell – Lucas quaternions, Pell and Pell – Lucas octonions, Pell and Pell – Lucas sedenions or generalizations of these numbers can be given as examples. The successive Pell and Pell – Lucas numbers have been chosen as the coefficients of the basis of the hyper – complex numbers in almost all the studies. In this study, we study the hybrid numbers whose coefficients are Pell and Pell – Lucas numbers. After defining the unrestricted Pell and Pell – Lucas hybrid numbers, we give their Binet formulas. By using Binet formulas, we calculate some well – known 1dentities such as Catalan's, Cassini's and d'Ocagne's identities. We also obtain some known identities similar to Pell and Pell – Lucas numbers for the unrestricted Pell and Pell – Lucas hybrid numbers.

Keywords: Pell numbers, Pell – Lucas numbers, hybrid numbers

1. INTRODUCTION

Pell sequence is one of the well – known sequence among integer sequences. It is defined by the numbers satisfying the following second order recursive formula:

$$p_n = p_{n-1} + p_{n-2} \quad (n \geq 2)$$

where the initials are $p_0 = 0$ and $p_1 = 1$. Another sequence related to Pell sequence is the Pell – Lucas sequence. It contains the integers which satisfy the same recursive equation to the Pell – numbers except the initials, namely

$$q_n = q_{n-1} + q_{n-2} \quad (n \geq 2)$$

with initials are $q_0 = 1$ and $q_1 = 1$. Generating functions for the Pell sequence $\{p_n\}$ and the Pell – Lucas sequence $\{q_n\}$ are

$$\sum_{n=0}^{\infty} p_n x^n = \frac{x}{1-2x-x^2} \text{ and } \sum_{n=0}^{\infty} q_n x^n = \frac{2-x}{1-2x-x^2}$$

respectively. Binet formulas for the Pell and the Pell – Lucas numbers are, respectively

$$p_n = \frac{\gamma^n - \delta^n}{\gamma - \delta} \text{ and } q_n = \frac{\gamma^n + \delta^n}{2}$$

where $\gamma = 1+\sqrt{2}$ and $\delta = 1-\sqrt{2}$ are the roots of the characteristic equation $x^2 - 2x - 1 = 0$. The positive root γ is known as silver ratio among metallic ratios and plays similar roles to the golden ratio of the Fibonacci numbers. See [8] for detailed information about Pell and Pell–Lucas numbers.

Ozdemir [9] introduced Hybrid Numbers to create a combination of real, complex, dual and hyperbolic numbers. The set of all hybrid numbers is shown as

$$\mathrm{K} := \left\{ a + bi + c\varepsilon + dh : a,b,c,d \in \mathbb{R}, i^2 = -1, \varepsilon^2 = 0, h^2 = 1, ih = -hi = \varepsilon + i \right\}$$

The multiplication rules for the elements of the basis $\{1, i, \varepsilon, h\}$ are given in the following table.

Table 1. Multiplication rules for the set $\{1, i, \varepsilon, h\}$

.	1	i	ε	h
1	1	i	ε	h
i	i	-1	$1-h$	$\varepsilon + i$
ε	ε	$h-1$	0	$-\varepsilon$
h	h	$-\varepsilon - i$	ε	1

One can easily find multiplication of two any hybrid numbers by using Table 1. The conjugate of a hybrid number $k = a + bi + c\varepsilon + dh$ is defined by

$$\bar{k} = a - bi - c\varepsilon - dh.$$

The character of the hybrid number k is

$$c(k) = k\bar{k} = \bar{k}k = a^2 + (b-c)^2 - c^2 - d^2 \ .$$

The norm of the hybrid number k is

$$N(k) = \sqrt{|c(k)|} = \sqrt{\left|a^2 + (b-c)^2 - c^2 - d^2\right|} \ .$$

For geometrical and algebraic properties of the hybrid numbers, see [8].

There are many studies about the hyper-complex numbers whose coefficients are the Pell and the Pell – Lucas numbers. Cimen and Ipek [7], and Szynal – Liana and Wloch [11] introduced and studied Pell quaternions. Similarly, Tokeser, Unal and Bilgici [14] studied split Pell quaternions. Aydın [1] defined Bicomplex Pell and Pell – Lucas quaternions. Also, many authors studied on *k*-Pell quaternions [3, 4, 7].

Some authors studied on the hybrid numbers whose coefficients are some well – known integer sequences; Horadam hybrid numbers [10], Jacobsthal hybrid numbers [13], *k*–Pell hybrid numbers [5] and Pell Hybrid numbers [12].

In all the studies mentioned above, the successive elements of an integer sequence were chosen as the coefficients of the basis of the hyper – complex numbers. A study of Bilgici and Catarino [2] inspired the current study. Arbitrary Pell or Pell – Lucas numbers will be chosen as the coefficients of the basis $\{1, i, \varepsilon, h\}$ as they did.

2. UNRESTRICTED PELL AND PELL – LUCAS NUMBERS

First, we start by defining unrestricted Pell and Pell – Lucas hybrid numbers.

Definition 1. For any integers a, b, c and any non – negative integer n, the nth unrestricted Pell and Pell – Lucas numbers are

$$P_n^{(a,b,c)} = p_n + p_{n+a} i + p_{n+b} \varepsilon + p_{n+c} h \tag{1}$$

and

$$Q_n^{(a,b,c)} = q_n + q_{n+a} i + q_{n+b} \varepsilon + q_{n+c} h \tag{2}$$

respectively.

The following example may be explanatory for the basic perspective.

Example 2. The hybrid number $p_7 + \varepsilon p_{-5} + h p_{10}$ is $P_7^{(-7,-12,3)}$ and similarly the hybrid number $q_2 + i q_4 + \varepsilon q_{-3} + h q_2$ is $Q_2^{(2,-5,0)}$.

It should be noted that none of the coefficients of $1, i, \varepsilon$ and h of a Pell – Lucas hybrid number can be 0 since 0 is not a Pell – Lucas number. The well – known equations $p_{-n} = (-1)^{n+1} p_n$ and $q_{-n} = (-1)^n q_n$ give

$$P_{-n}^{(a,b,c)} = (-1)^{n+1} \left[p_n + (-1)^a p_{n-a} i + (-1)^b p_{n-b} \varepsilon + (-1)^c p_{n-c} h \right] \tag{3}$$

and

$$Q_{-n}^{(a,b,c)} = (-1)^n \left[q_n + (-1)^a q_{n-a} i + (-1)^b q_{n-b} \varepsilon + (-1)^c q_{n-c} h \right]. \tag{4}$$

By using the recursive formulas for the Pell and Pell – Lucas numbers and Definition 1, we easily obtain the following recursive equations for the unrestricted Pell and Pell – Lucas hybrid numbers

$$P_n^{(a,b,c)} = 2P_{n-1}^{(a,b,c)} + P_{n-2}^{(a,b,c)} \tag{5}$$

and

$$Q_n^{(a,b,c)} = Q_{n-1}^{(a,b,c)} + Q_{n-2}^{(a,b,c)}. \tag{6}$$

We give the generating functions for the unrestricted Pell and Pell – Lucas hybrid numbers in the following theorem. We don't prove because it is very straightforward.

Theorem 3. The generating functions for the sequences $\left\{P_n^{(a,b,c)}\right\}$ and $\left\{Q_n^{(a,b,c)}\right\}$ are

$$P(x) = \frac{P_0^{(a,b,c)} + x\left(P_1^{(a,b,c)} - 2P_0^{(a,b,c)}\right)}{1-2x-x^2}$$

and

$$Q(x) = \frac{Q_0^{(a,b,c)} + x\left(Q_1^{(a,b,c)} - 2Q_0^{(a,b,c)}\right)}{1-2x-x^2}$$

respectively.

The Binet formulas for the unrestricted Pell and Pell – Lucas hybrid numbers are given in the following theorem.

Theorem 4. (Binet formulas) For any integers a, b, c and n, the n th unrestricted Pell hybrid numbers and Pell Lucas hybrid numbers are

$$P_n^{(a,b,c)} = \frac{\gamma\gamma^n - \delta\delta^n}{\gamma - \delta} \tag{7}$$

and

$$Q_n^{(a,b,c)} = \frac{\gamma\gamma^n + \delta\delta^n}{2} \tag{8}$$

respectively, where $\gamma = 1 + i\gamma^a + \varepsilon\gamma^b + h\gamma^c$ and $\delta = 1 + i\delta^a + \varepsilon\delta^b + h\delta^c$.

Proof. Using the Binet formula for the Pell numbers, we have

$$\begin{aligned} P_n^{(a,b,c)} &= p_n + ip_{n+a} + \varepsilon p_{n+b} + hp_{n+c} \\ &= \frac{1}{\gamma-\delta}\left[(\gamma^n - \delta^n) + i(\gamma^{n+a} - \delta^{n+a}) + \varepsilon(\gamma^{n+b} - \delta^{n+b}) + h(\gamma^{n+c} - \delta^{n+c})\right] \\ &= \frac{1}{\gamma-\delta}\left[\gamma^n(1+\gamma^a+\gamma^b+\gamma^c) - \delta^n(1+\delta^a+\delta^b+\delta^c)\right]. \end{aligned}$$

The last equation gives the Eq.(7). Eq.(8) can be obtained similarly.

For later usage, we need the following lemma.

Lemma 5. We have

$$\gamma\delta = \sigma + 2\sqrt{2}\tau \tag{9}$$

and

$$\delta\gamma = \sigma - 2\sqrt{2}\tau\,. \tag{10}$$

where

$$\sigma = -1-(-1)^a+(-1)^c+2(-1)^b q_{a-b}+2Q_0^{(a,b,c)} \tag{11}$$

and

$$\tau = i(-1)^c p_{a-c}+\varepsilon\left[(-1)^c p_{a-c}+(-1)^b p_{c-b}\right]+h(-1)^a p_{b-a}\,. \tag{12}$$

Proof. From the definitions of γ and δ, and the equation $\gamma\delta=-1$, we obtain

$$\begin{aligned}
\gamma\delta &= \left(1+i\gamma^a+\varepsilon\gamma^b+h\gamma^c\right)\left(1+i\delta^a+\varepsilon\delta^b+h\delta^c\right)\\
&= 1-(\gamma\delta)^a+\gamma^a\delta^b+\gamma^b\delta^a+(\gamma\delta)^c+i\left[\gamma^a+\delta^a+\gamma^a\delta^c-\gamma^c\delta^a\right]\\
&\quad+\varepsilon\left[\gamma^b+\delta^b+\gamma^a\delta^c-\gamma^c\delta^a+\gamma^c\delta^b-\gamma^b\delta^c\right]+h\left[\gamma^c+\delta^c+\gamma^b\delta^a-\gamma^a\delta^b\right]\\
&= 1-(-1)^a-(-1)^c+2(-1)^b q_{a-b}+i\left[2q_a+(-1)^c 2\sqrt{2}p_{a-c}\right]\\
&\quad+\varepsilon\left[2q_b+2\sqrt{2}(-1)^c p_{a-c}+2\sqrt{2}(-1)^b p_{c-b}\right]+h\left[2q_c+2\sqrt{2}(-1)^a p_{b-a}\right]\\
&= 1-(-1)^a+(-1)^c 2\sqrt{2}p_{a-b}+2(iq_a+\varepsilon q_b+hq_c)\\
&\quad+2\sqrt{2}\left[i(-1)^c p_{a-c}+\varepsilon\left((-1)^c p_{a-c}+(-1)^b p_{c-b}\right)+h(-1)^a p_{b-a}\right].
\end{aligned}$$

The last equation gives the Eq. (9). The other can be obtained similarly.

3. SOME RESULTS FOR THE UNRESTRICTED PELL AND PELL – LUCAS HYBRID NUMBERS

We can obtain generalizations of many identities by using Binet formulas and Lemma 5. First, be begin Vajda's identities for the unrestricted Pell and Pell – Lucas hybrid numbers.

Theorem 6. (Vajda's identity) For any integers m,n,k,a,b and c, we have

$$P_{m+n}^{(a,b,c)}P_{m+k}^{(a,b,c)}-P_m^{(a,b,c)}P_{m+n+k}^{(a,b,c)}=(-1)^m p_n(\sigma p_k-2\tau q_k) \tag{13}$$

and

$$Q_{m+n}^{(a,b,c)}Q_{m+k}^{(a,b,c)}-Q_m^{(a,b,c)}Q_{m+n+k}^{(a,b,c)}=2(-1)^{m+1} p_n(\sigma p_k-2\tau q_k)\,. \tag{14}$$

Proof. By using the Binet formulas for the unrestricted Pell hybrid numbers, we obtain

$$P_{m+n}^{(a,b,c)}P_{m+k}^{(a,b,c)}-P_{m}^{(a,b,c)}P_{m+n+k}^{(a,b,c)}$$

$$=\frac{1}{8}\left[\left(\gamma\gamma^{m+n}-\delta\delta^{m+n}\right)\left(\gamma\gamma^{m+k}-\delta\delta^{m+k}\right)-\left(\gamma\gamma^{m}-\delta\delta^{m}\right)\left(\gamma\gamma^{m+n+k}-\delta\delta^{m+n+k}\right)\right]$$

$$=\frac{1}{8}\left[-\gamma\delta\gamma^{m+n}\delta^{m+k}+\gamma\delta\gamma^{m}\delta^{m+n+k}-\delta\gamma\gamma^{m+k}\delta^{m+n}+\delta\gamma\gamma^{m+n+k}\delta^{m}\right]$$

$$=\frac{(-1)^{m}}{8}\left[-\gamma\delta\gamma^{n}\delta^{k}+\gamma\delta\delta^{n+k}-\delta\gamma\gamma^{k}\delta^{n}+\delta\gamma\gamma^{n+k}\right]$$

$$=\frac{(-1)^{m}}{8}\left[(-1)^{k+1}\left\{\left(\sigma+2\sqrt{2}\tau\right)\delta^{k-n}+\left(\sigma-2\sqrt{2}\tau\right)\gamma^{k-n}\right\}+\left(\sigma+2\sqrt{2}\tau\right)\delta^{n+k}+\left(\sigma-2\sqrt{2}\tau\right)\gamma^{n+k}\right]$$

$$=\frac{(-1)^{m}}{8}\left[(-1)^{n+1}(2\sigma q_{k-n}-8\tau p_{k-n})+2\sigma q_{n+k}-8\tau p_{n+k}\right]$$

$$=\frac{(-1)^{m}}{8}\left[2\sigma\left\{q_{n+k}-(-1)^{n}q_{k-n}\right\}-8\tau\left\{p_{n+k}-(-1)^{n}p_{k-n}\right\}\right].$$

If we use the well – known identities $p_{n+k}-(-1)^{n}p_{k-n}=2p_{n}q_{k}$ and $q_{n+k}-(-1)^{n}q_{k-n}=4p_{n}p_{k}$, we get the Eq. (13). The other can be obtained similarly.

If we substitute $k\to -n$ and use the identities $p_{n}p_{-n}=(-1)^{n+1}p_{n}^{2}$ and $2p_{n}q_{-n}=(-1)^{n}p_{2n}$ in Vajda's identities, we have Catalan's identities for the unrestricted Pell and Pell – Lucas hybrid numbers which are given in the following theorem.

Theorem 7. (Catalan's identity) For any integers m,n,a,b and c, we have

$$P_{m+n}^{(a,b,c)}P_{m-n}^{(a,b,c)}-\left[P_{m}^{(a,b,c)}\right]^{2}=(-1)^{m+n+1}(\sigma p_{n}^{2}+\tau p_{2n}) \tag{15}$$

and

$$Q_{m+n}^{(a,b,c)}Q_{m-n}^{(a,b,c)}-\left[Q_{m}^{(a,b,c)}\right]^{2}=2(-1)^{m+n}(\sigma p_{n}^{2}+\tau p_{2n}). \tag{16}$$

If we substitute $n\to 1$ in Catalan's identities, we obtain Cassini's identities for the unrestricted Pell and the Pall – Lucas hybrid numbers given in the following theorem.

Theorem 8. (Cassini's identity) For any integers m,a,b and c, we have

$$P_{m+1}^{(a,b,c)}P_{m-1}^{(a,b,c)}-\left[P_{m}^{(a,b,c)}\right]^{2}=(-1)^{m}(\sigma+2\tau) \tag{17}$$

and

$$Q_{m+1}^{(a,b,c)}Q_{m-1}^{(a,b,c)}-\left[Q_{m}^{(a,b,c)}\right]^{2}=2(-1)^{m+1}(\sigma+2\tau). \tag{18}$$

d'Ocagne 's identity is the another well – known identity given in the following theorem.

Theorem 9. (d'Ocagne's identity) For any integers r, s, a, b and c, we have

$$P_r^{(a,b,c)} P_{s+1}^{(a,b,c)} - P_{r+1}^{(a,b,c)} P_s^{(a,b,c)} = (-1)^s \left(\sigma p_{r-s} + 2\tau q_{r-s} \right) \tag{19}$$

and

$$Q_r^{(a,b,c)} Q_{s+1}^{(a,b,c)} - Q_{r+1}^{(a,b,c)} Q_s^{(a,b,c)} = 2(-1)^{s+1} \left(\sigma p_{r-s} + 2\tau q_{r-s} \right). \tag{20}$$

Proof. This time we prove identity for the unrestricted Pell – Lucas hybrid numbers, namely Eq. (20). Eq. (19) can be proved in a similar way. From the Binet formulas for the unrestricted Pell – Lucas hybrid numbers, we have

$$\begin{aligned}
&Q_r^{(a,b,c)} Q_{s+1}^{(a,b,c)} - Q_{r+1}^{(a,b,c)} Q_s^{(a,b,c)} \\
&= \frac{1}{4}\left[\left(\gamma\gamma^r + \delta\delta^r \right)\left(\gamma\gamma^{s+1} + \delta\delta^{s+1} \right) - \left(\gamma\gamma^{r+1} + \delta\delta^{r+1} \right)\left(\gamma\gamma^s + \delta\delta^s \right) \right] \\
&= \frac{1}{4}\left[\gamma\delta\gamma^r\delta^{s+1} + \delta\gamma\gamma^{s+1}\delta^r - \gamma\delta\gamma^{r+1}\delta^s - \delta\gamma\gamma^s\delta^{r+1} \right] \\
&= \frac{(-1)^s}{4}\left[\gamma\delta(\delta - \gamma)\gamma^{r-s} + \delta\gamma(\gamma - \delta)\delta^{r-s} \right] \\
&= \frac{(-1)^{s+1}}{2}\sqrt{2}\left[\gamma\delta\gamma^{r-s} - \delta\gamma\delta^{r-s} \right] \\
&= \frac{(-1)^{s+1}\sqrt{2}}{2}\left[(\sigma + 2\sqrt{2}\tau)\gamma^{r-s} - (\sigma - 2\sqrt{2}\tau)\delta^{r-s} \right] \\
&= \frac{(-1)^{s+1}\sqrt{2}}{2}\left[\sigma\left(\gamma^{r-s} - \delta^{r-s} \right) + 2\sqrt{2}\tau\left(\gamma^{r-s} - \delta^{r-s} \right) \right] \\
&= (-1)^{s+1}\left[2\sigma\left(\frac{\gamma^{r-s} - \delta^{r-s}}{2\sqrt{2}} \right) + 4\tau\left(\gamma^{r-s} + \delta^{r-s} \right) \right].
\end{aligned}$$

The last equation gives Eq. (20).

The following identities can be obtained easily by using the definitions and recursive equations of the unrestricted Pell and Pell – Lucas hybrid numbers.

Theorem 10. For any integers m, n, k, a, b and c, we have

$$P_{m+k}^{(a,b,c)} = P_m^{(a+k,b+k,c+k)},$$

$$Q_{m+k}^{(a,b,c)} = Q_m^{(a+k,b+k,c+k)},$$

$$P_m^{(a,b,c)} + P_{m-1}^{(a,b,c)} = Q_m^{(a,b,c)},$$

$$Q_m^{(a,b,c)} + Q_{m-1}^{(a,b,c)} = 2P_m^{(a,b,c)},$$

$$P_m^{(a,b,c)} + Q_m^{(a,b,c)} = P_{m+1}^{(a,b,c)},$$

$$P_{m+1}^{(a,b,c)} + P_{m-1}^{(a,b,c)} = 2Q_m^{(a,b,c)},$$

$$Q_{m+1}^{(a,b,c)} + Q_{m-1}^{(a,b,c)} = 4P_m^{(a,b,c)},$$

$$P_{m+n}^{(a,b,c)} + (-1)^n P_{m-n}^{(a,b,c)} = 2q_n P_m^{(a,b,c)},$$

$$Q_{m+n}^{(a,b,c)} + (-1)^n Q_{m-n}^{(a,b,c)} = 2q_n Q_m^{(a,b,c)},$$

$$P_{m-n}^{(a,b,c)} = (-1)^n \left(p_{n-1} P_m^{(a,b,c)} - p_n P_{m-1}^{(a,b,c)} \right).$$

KAYNAKLAR

1. Aydin, F. T. (2018). On Bicomplex Pell and Pell-Lucas numbers. Communications in Advanced Mathematical Sciences, 1(2), 142-155.
2. Bilgici, G., & Catarino, P. (2018). Unrestricted Pell and Pell-Lucas quaternions. International Journal of Mathematics and Systems Science, 1(3).
3. Catarino, P. (2018). On hyperbolic k-Pell quaternions sequences. In Annales Mathematicae et Informaticae (Vol. 49, pp. 61-73). Eszterházy Károly University Institute of Mathematics and Informatics.
4. Catarino, P. (2019). Bicomplex k-Pell quaternions. Computational Methods and Function Theory, 19(1), 65-76.
5. Catarino, P. (2019). On k-Pell hybrid numbers. Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography, 22(1), 83-89.
6. Cimen, C. B., & Ipek, A. (2016). On Pell quaternions and Pell-Lucas quaternions. Advances in Applied Clifford Algebras, 26(1), 39-51.
7. Gul, K. (2018). On the k-Pell quaternions and the k-Pell-Lucas quaternions. Igdir Univ. J. Inst. Sci. & Tech. 8(1): 23-35.
8. Koshy, T. (2014). Pell and Pell-Lucas numbers with applications. New York: Springer.
9. Ozdemir, M. (2018). Introduction to hybrid numbers. Advances in Applied Clifford Algebras, 28(1), 11.
10. Szynal-Liana, A. (2018). The Horadam hybrid numbers. Discussiones Mathematicae-General Algebra and Applications, 38(1), 91-98.
11. Szynal-Liana, A., & Włoch, I. (2016). The Pell quaternions and the Pell octonions. Advances in Applied Clifford Algebras, 26(1), 435-440.
12. Szynal-Liana, A., & Włoch, I. (2018). On Pell and Pell-Lucas hybrid numbers. Comment. Math. Prace Mat., 58, 11-17.
13. Szynal-Liana, A., & Włoch, I. (2019). On Jacobsthal and Jacobsthal-Lucas hybrid numbers. In Annales Mathematicae Silesianae , 33(1), 276-283.
14. Tokeşer, Ü., Ünal, Z., & Bilgici, G. (2017). Split Pell and Pell–Lucas quaternions. Advances in Applied Clifford Algebras, 27(2), 1881-1893.

KENTSEL ALANLAR İÇİN DOKUSAL BETİMLEYİCİYE DAYALI YENİ BİR YAPISAL SEGMENTASYON METODOLOJİSİ

A NEW STRUCTURAL SEGMENTATION METHODOLOGY BASED ON A TEXTURAL DESCRIPTOR FOR URBAN AREAS

Asst. Prof. Dr. Onur KILINÇ

Eskisehir Technical University, Vocational School of Transportation, Rail Systems Electrical – Electronics, Eskisehir (Correspondent Author)

Mutlu KARAASLAN

PhD Student, Eskisehir Technical University, Department of Remote Sensing and Geographical Information Systems, Eskisehir

ÖZET

Kentsel alanların uzaktan algılanması, sağlıklı kent planlamasında hayati bir role sahiptir. Planlı ve sürdürülebilir şehirler için, yüksek teknolojili coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak yapılaşmanın yeniden düzenlenmesi önemlidir.

Bu araştırmada, kentsel ve kentsel olmayan alanları ek makine öğrenme algoritmaları kullanarak bölümlere ayırmak için Yerel Yapılandırma Modeli (YYM) tanımlayıcısına dayalı yeni bir segmentasyon yöntemi önerilmiştir. Araştırma sürecinde, Eskişehir vilayetinden Google Earth yazılımı ile toplanan uydu görüntüleri bir kontrast germe yöntemiyle iyileştirilmiş ve 32 x 32 yamalara bölünmüştür. Daha sonra, önemsiz bilgiye sahip olan görüntü yamaları bir eşik kriterine göre atılarak her sınıf için 1978 görüntü içeren bir veri tabanı oluşturulmuştur. Öznitelik çıkarma işlemi ise Yerel İkili Örüntü (YİÖ) algoritmasına dayanan etkili bir dokusal betimleyici; YYM, açıdan bağımsız öznitelik vektörleri elde etmek için kullanılır. Son olarak her sınıfın öznitelik vektörlerinin yarısının Destek Vektör Makinesi (SVM) ve Fisher Doğrusal Diskriminant (FDDA) sınıflandırıcılarını eğitmek için kullanılması ve geri kalan yarısının test vektörü olarak işlem görmesi ile iki sınıflı bir çalışma yapılır.

Elde edilen sonuçlar, kentsel alanların ve kentsel olmayan alanların segmentasyonunun, insan temelli olan araştırmalardan çok daha verimli ve uygun maliyetli olduğu düşünülen YİÖ-FDDA algoritması kullanılarak % 90,4 doğrulukla başarılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel Bölütleme, Örüntü Tanıma, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Harita Güncelleme.

ABSTRACT

Remote sensing of urban areas has a vital role in healthy urban planning. To maintain planned and sustainable cities, it is significant to reorganize the structure using high technology geographic information systems.

In this research, a new segmentation method which is based on Local Configuration Pattern (LCP) descriptor is proposed in order to segment urban and non-urban areas using additional machine learning algorithms. Throughout the research, satellite images that are collected via Google Earth software from Eskişehir province are enhanced with a contrast stretching method and then segmented into 32 x 32 patches. Afterwards, the image patches that have insignificant information are discarded according to a thresholding criteria and resultant database includes 1978 images for each class. When it comes to feature extraction, an efficient textural descriptor based on Local Binary Pattern (LBP) algorithm; LCP is employed to obtain rotation invariant feature vectors. Lastly, a two-class study is carried out so that half of the feature vectors of each class is used to train Support Vector Machine (SVM) and Fisher Linear Discriminant (FLDA) classifiers while remaining half is treated as test vectors.

Obtained results show that segmentation of urban areas and non-urban areas can be achieved with an accuracy of 90.4% using proposed LCP-FLDA algorithm which is considered to be much more efficient and cost effective than human based field research.

Keywords: Urban Segmentation, Pattern Recognition, Geographic Information Systems (GIS), Map Updating.

1. INTRODUCTION

As a result of the industrial revolution, migration occured from rural areas to the city. The population in rural areas decreased while the population in urban areas increased by the irregular increase of migration to urban centers. Therefore, unplanned construction from this migration made urbanization unsustainable.

When the previous literature is examined; in the study of "A GIS and Object Based Image Analysis Approach to Mapping The Greenspace Composition of Domestic Gardens in Leicester", it is aimed to determine the potentials and limits of high definition image classification and GIS in an integrated approach. According to the object-based image method, in the multi-resolution partitioning where single pixels are considered as separate objects, larger sections are obtained according to the local homogeneity criterion. It is reported that 86.15% performance was achieved [2]. In the study of "Remote Sensing Image Segmentation by Active Queries", the active learning method stated is different from the model-based heuristic scanning methods, and it is stated that the method supported by the reasonable cluster assumption based on choosing samples better define the data density by looking at the cluster structure. It has been found that this method achieves good results with both high and very high spectral spatial image resolution; 85% performance was achieved [3]. In the study of "Automatic Building Detection via Classification and Segmentation Based

Approach Using High Resolution Satellite Imagery" Ankara province, sharpened Ikonos satellite image of a part of Batıkent settlement area was used. After applying the Maximum Likelihood Classifier (MLC) to the image, shadow areas are determined. Then, data are processed with Canny edge detection algorithm. Thus, the edges of shadow areas are detected. At the last stage, after applying the Watershed segmentation algorithm to the image, the detection of the building areas is realized. It is reported that 80% performance was achieved [4]. In the study of " Investigation of Change Detection in Urbanization and Green Area Existence in Kahramanmaras" Ikonos satellite imagery in 2000, Quickbird satellite imagery in 2006 and in 2012 are classified via ArcGIS software. Afterwards, change detection process carried out. The area is divided into four different classes, such as active green area, other green areas, construction areas and other areas. It is reported that between 2000 and 2012; the area of active green areas increased by 318%, active green areas increased by 5%, the area of construction increased by 74%, and the other areas decreased by 15% [5].

In this research, segmentation performance on two different classifiers was compared with the proposed descriptor. An image should be obtained by separating it from the background and the nearby pixels were distinguished for effective segmentation. Then, separation of different intensity levels is provided in the image by using the thresholding method [1].

The paper is organized as follows. In Section 2, the material which includes the creation of the dataset and proposed feature extraction and classification methods are explained. Experimental results are given in Section 3. Finally the conclusion in attached as Section 4.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Material

The satellite image of Eskişehir province, which is provided by Google Earth Pro software was given in Figure 1. The image in Figure 1 is firstly enhanced with a contrast stretching method and then divided into two different classes, to obtain the image with construction in Figure 2 and the image without construction in Figure 3.

Afterwards, the image Figure 2 and Figure 3 were recorded at 3480 x 2004 resolution with a resultant of 6.57 m / pixel resolution. As a final process, they are converted into 32 x 32 patches as shown in Figure 4 with Matlab software in two separate folders to construct two-class urban segmentation dataset.

Figure 1. *The Google Earth satellite image (2006) of Eskişehir province*

Figure 2. *The image of urban areas*

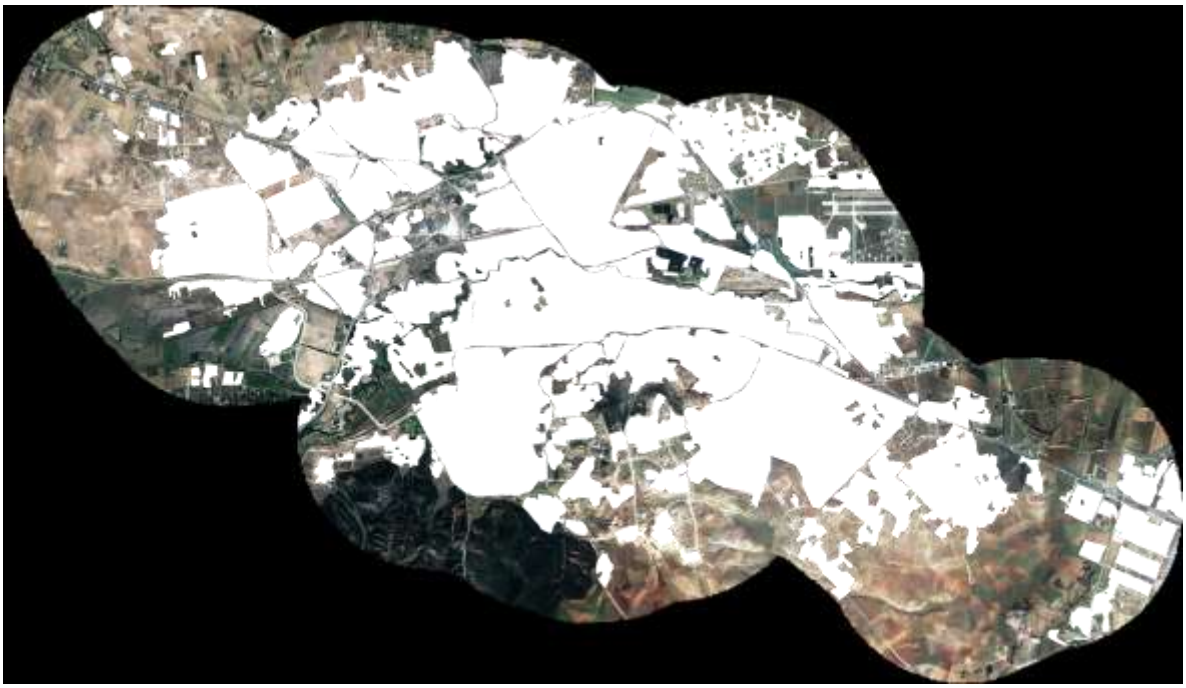


Figure 3. *The image of non urban areas*

Figure 4*. The samples of urban (top) and non urban (bottom) areas (resized from 32 x 32 for better visualization*

2.2. Methods

2.2.1 Local Configuration Pattern Descriptor

Local Configuration Pattern Descriptor (LCP) algorithm [6] is shown in Figure 5. Local area information contains texture structure information, which is based on Local Binary Pattern (LBP) method according to the literature [7]. LCP descriptor tags the pixels of a gray level image circularly using neighborhood pixels and then combines the microstructure information which is based on a frequency domain approach with the LBP.

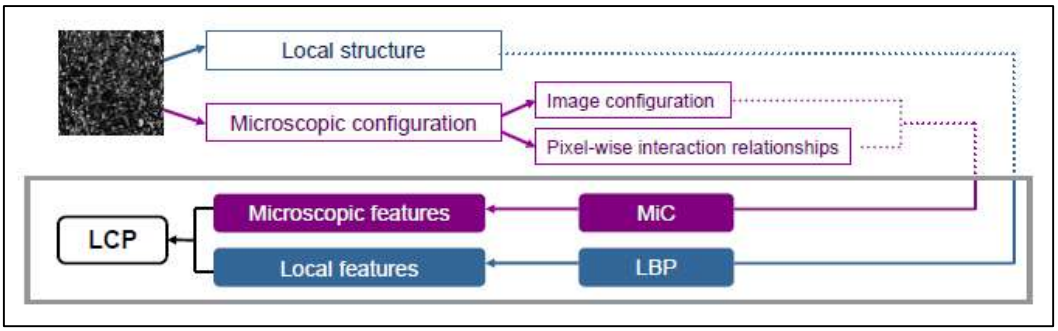


Figure 5. *Structure of LCP descriptor*

2.2.2 Fisher Linear Discriminant Analysis

This analysis algorithm is a method that functions according to the covariance of the classes as in the study [8]. Fisher uses Linear Discrimination Analysis (LDA), which maximizes the inter-class covariance over intra-class covariance to solve multi-class problems.

2.2.3 Support Vector Machine

Support Vector Machine (SVM) is one of the modern classification algorithms in pattern recognition, which is similar to the work using the kernel method between the vectors [9]. SVM aims to find the best hyper plane that maximizes the margin between classes which is illustrated in Figure 6.

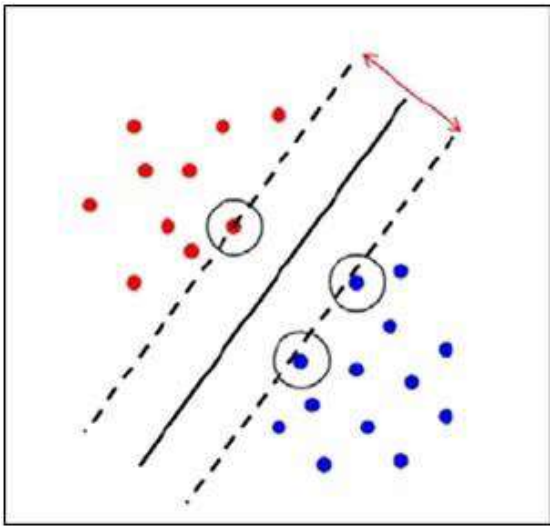


Figure 6. *The working principle of SVM classifier*

According to the literature, even if there are a few samples of observations, SVM can perform well [10]. Calculation times and size limitations in vectors are disadvantages.

3. RESEARCH RESULTS

3.1. Classification with SVM

In the study of two-class pattern recognition, the kernel employed is linear [11] and the term Linear Support Vector Machine is used. In the classification via SVM, 2006 Google Earth

image patches are used and the results are presented in Table 1 are obtained by using a threshold (Eq. 1) of 50 and training rate is chosen as 50% in this study. The maximum segmentation performance of 88,8% is achieved in the classification via SVM.

Table 1. Classification with SVM in Google Maps satellite view

Classifier: SVM, Dataset: Google Earth					
Year	**Pattern Recognition Method**	**Number of Training Images**	**Number of Application Images**	**Realization in Training (%)**	**Accuracy in Testing (%)**
2006	LCP	1978	1978	89,2 %	88,8 %

3.2. Classification with FLDA

In the classification via FLDA, 2006 Google Earth image patches are used and the results are presented in Table 2 are obtained by using a threshold (Eq. 1) of 50 and training rate is chosen as 50% in this study. The best performance is achieved with FLDA classifier as much as 90,4% which outperforms SVM.

Table 2. Classification with FLDA in Google Maps satellite view

Classifier: FLDA, Dataset: Google Earth					
Year	**Pattern Recognition Method**	**Number of Training Images**	**Number of Application Images**	**Accuracy in Training (%)**	**Accuracy in Testing (%)**
2006	LCP	1978	1978	91,0 %	**90,4** %

The threshold value described in the tests is calculated as in Eq.1 for an image with *M* rows and *N* columns where $I_{i,j}$ is the intensity value on *i-th* and *j-th* pixel location.

$$\frac{1}{M\,x\,N}\sum_{i}^{M}\sum_{j}^{N} I_{i,j} \geq Threshold\ value; VALID$$
$$\frac{1}{M\,x\,N}\sum_{i}^{M}\sum_{j}^{N} I_{i,j} < Threshold\ value; INVALID \quad (1)$$

4. CONCLUSION

In this study, supervised learning was carried out using 2006 Google Earth images, and a 90,4% segmentation performance was achieved according to the results obtained which is quite better than a human based confirmation. Further study can be performed by including images from different years in training is expected to increase the success rate of segmentation of urban areas and non-urban areas.

REFERENCES

1. Karmakar, S., Gogna, M. and Jain, F. C. (2016). Application of Quantum Dot Gate Nonvolatile Memory (QDNVM) in Image Segmentation. Signal, Image and Video Processing, 10(3), 551-558.

2. Baker, F. and Smith, C. (2019). A Gis and Object Based Image Analysis Approach to Mapping The Greenspace Composition of Domestic Gardens in Leicester, UK. Landscape and Urban Planning, 183, 133-146.

3. Tuia, D., Muñoz-Marí, J. and Camps-Valls, G. (2012). Remote Sensing Image Segmentation By Active Queries. Pattern Recognition, 45(6), 2180-2192.

4. Sümer, E. ve Yılmaz, A. T. (2008). Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Sınıflandırma Ve Bölütleme Tabanlı Bir Yaklaşımla Otomatik Bina Tespiti. 2. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Kayseri, Erciyes Üniversitesi.

5. Doygun, H., Atmaca, M. ve Zengin, M. (2016). Kahramanmaraş'ta Kentleşme ve Yeşil Alan Varlığındaki Zamansal Değişimlerin İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 18(4), 55.

6. Guo, Y., Zhao, G. and Pietikäinen, M. (2011). Texture Classification Using A Linear Configuration Model Based Descriptor. Proceedings of the British Machine Vision Conference 119, 1–10.

7. Song, L., Liu, X., Ma, L., Zhou, C., Zhao, X. and Zhao, Y. (2012). Using HOG-LBP Features and MMP Learning to Recognize Imaging Signs of Lung Lesions. 2012 25th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS), Rome, Italy.

8. Gülmezoğlu, M. B., Edizkan, R., Ergin, S. and Barkana, A. (2005). Improvements On Isolated Word Recognition Using Subspace Methods (1-4). 13. European Signal Processing Conference.

9. Uysal, A. K., Gunal, S., Ergin, S. and Sora Gunal, E. (2013). The Impact of Feature Extraction and Selection on SMS Spam Filtering. Electronics and Electrical Engineering, 19(5), 67-72.

10. Kim, J., Kim, B.-S. and Savarese, S. (2012). Comparing Image Classification Methods: K-Nearest-Neighbor and Support-Vector-Machines. ACM SIGDA Newsletter. Proceedings of the American Conference on Applied Mathematics, 20, 133-138.

11. Duin, R.P.W, 2013, PRTools (Version 4.2.4) A Matlab toolbox for pattern recognition, Pattern recognition group, Delft University.

PNÖMATİK SİSTEMLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

ENERGY EFFICIENCY IN PNUEMATIC SYSTEMS

Mak.Yük.Müh, Arda ZAİM

FESTO San. ve Tic. A.Ş., İstanbul

Fikret Kemal AKYÜZ

FESTO San. ve Tic. A.Ş., İstanbul

ÖZET

Artan nüfus ve gelişen teknolojiyle birlikte enerji tüketimi ve maliyetleri her geçen gün artış göstermektedir. Ülkemiz fosil enerji kaynakları açısında sınırlı kaynaklara sahip ve dışa bağımlıdır. Temel amaç, enerji ihtiyaçlarının güvenilir, ekonomik ve yeterli bir şekilde karşılanmasıdır. Bu kapsamda enerjinin verimli kullanımı üzerinde önemle durulması gereken konular arasında yer almaktadır. Enerji verimliliği, üretimdeki kapasiteyi ve kaliteyi düşürmeden, ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı düşürmeden harcanan enerji miktarını en aza indirgemektedir. Enerji verimliliği tüm sektörler için önemli olmakla birlikte önümüzdeki yıllarda enerji tüketimi ve enerji yoğunluğu açısından sanayi sektörü önceliğe sahiptir. Enerji yoğunluğu, gayri safi milli hasıla başına tüketilen birincil enerji miktarını temsil eden ve dünya genelinde kullanılan bir göstergedir. Bu gösterge içerisinde ekonomik çıktı, enerji verimliliğindeki artış ve azalma, yakıt ikamesindeki değişikliklerle ifade edilmektedir. Enerji yoğunluğu; herhangi bir fiziksel ya da teknik göstergenin (enerji tüketimi, spesifik enerji tüketimi vb.) herhangi bir faaliyetin verimlilik düzeyini açıklayamadığı durumlarda bir enerji verimliliği göstergesi olarak kullanılmaktadır. Sanayi sektöründeki enerji yoğunluğunun azaltılması, ülkemizdeki enerji yoğunluğunun azaltılmasında önemli bir etkiye sahip olacaktır. Bu çalışmada endüstride en çok kullanılan ikincil enerji kaynağı basınçlı havayla çalışan pnömatik sistemlerdeki enerji verimliliği uygulamaları irdelenmiş ve deneysel çalışmalarla desteklenmiştir. Çalışma, basınçlı havanın verimli kullanımıyla enerji yoğunluğunun ve karbon ayak izinin azaltılmasını amaçlamaktadır

Anahtar Kelimeler: basınçlı hava, enerji verimliliği, enerji yoğunluğu, pnömatik.

ABSTRACT

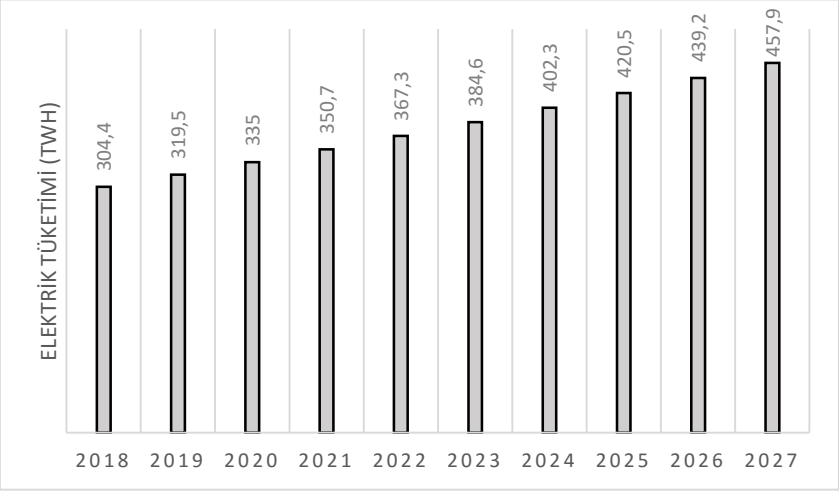
Energy consumption and costs increase day by day with increasing population and developing technology. Our country has limited resources in terms of fossil energy resources and is externally dependent. The main purpose is to meet the energy needs in a reliable, economical and sufficient manner. In this context, efficient use of energy is among the issues that need to be emphasized. Energy efficiency is to minimize the amount of energy spent, without reducing capacity and quality in production, and without hindering economic development and social well-being. Although energy efficiency is important for all sectors, the industry sector has priority in terms of energy consumption and energy density of the coming years.

Energy density is an indicator used worldwide, representing the amount of primary energy consumed per gross national product. Within this indicator, economic output, increase and decrease in energy efficiency, changes in fuel substitution are expressed together. Energy density; any it is used as an energy efficiency indicator (energy consumption, spesific energy consumption etc.) cannot explain the efficiency level of any activity. Reducing the energy density in the industrial sector will have a major impact on reducing the energy density in our country. In this study, energy efficiency applications in pneumatic systems that use compressed air as the secondary energy source in the industrial sector are examined and supported by experimental studies. This paper aims to reduce the energy density and the carbon footprint through the efficient use of compressed air.

Keywords: energy density, energy efficiency, pneumatic, compressed air.

1. GİRİŞ

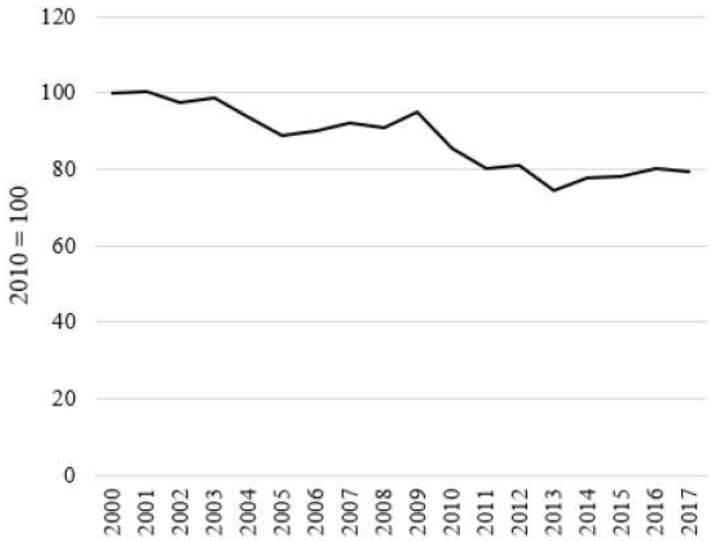
Artan nüfus ve gelişen teknolojiyle birlikte enerji tüketimi ve maliyetleri günden güne artış göstermektedir. Ülkemizde 2018 yılında 303.3 TWh elektrik tüketimi ve 303.9 TWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Elektrik üretimimizin %67,1'i kömür ve doğal gaz gibi fosil kaynaklardan, geri kalan %32,9'u ise yenilenebilir enerji kaynakları olan hidrolik, rüzgar, güneş ve jeotermal enerjiden elde edilmiştir. Şekil 1.'de gösterildiği üzere TEİAŞ 10 yıllık talep tahminleri raporuna göre 2027 yılında ülkemizdeki elektrik tüketiminin 2018 yılına kıyasla %50,4 artarak brüt 457,9 TWh olması beklenmektedir [1].



Şekil 1. *TEİAŞ 10 yıllık elektrik tüketim tahminleri (2018 – 2027).*

Elektrik üretimi için büyük oranda fosil enerji kaynaklarını kullanan ülkemiz, fosil enerji kaynakları bakımında sınırlı ve dışa bağımlıdır. Bu durum ülkemizin geleceği için enerjinin verimli kullanımını öncelikli hale getirmektedir. Enerji verimliliği tüm sektörler için önemli olmasına rağmen, önümüzdeki yılların enerji tüketimi ve sektörün enerji yoğunluğu açısından sanayi sektörü önceliklidir. Enerji yoğunluğu, Gayri Safi Milli Hasıla başına tüketilen birincil

enerji miktarını temsil eden ve tüm dünayada kullanılan bir göstergedir. Bu gösterge içinde ekonomik çıktı, enerji verimliliğindeki artış ve azalma, yakıt ikamesindeki değişimler birlikte ifade edilmektedir. Sanayi sektöründeki enerji yoğunluğunun düşürülmesi, ülkemizdeki enerji yoğunluğunun düşürülmesinde büyük bir etkiye sahip olacaktır [2,3,4].



Şekil 2. *2010 – 2017 dönemi birincil enerji yoğunluğu indeksi.*

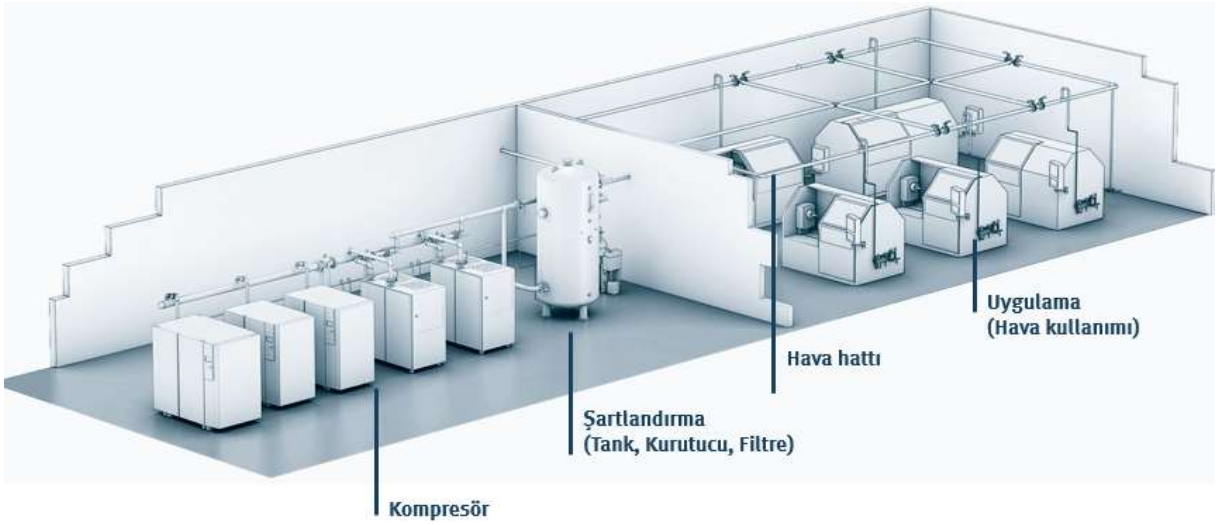
02.01.2018 tarihinde yürürlüğe giren, ülkemizin ilk enerji verimliliği eylem planı olan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı kapsamında 2023 yılına kadar yapılacak olan tasarruf çalışmalarıyle birincil enerji yoğunluğunda 2017 yılına kıyasla %14 bir azalma hedeflenmektedir. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 2000 – 2017 yılları arası için hazırlamış olduğu enerji yoğunluğu indeksi Şekil 2.'de gösterilmektedir. Bu dönemde birincil enerji yoğunluğu ortalama %1,3 oranında azalmıştır. 2000 yılına göre bir karşılaştırma yapıldığında ise 2017 yılında birincil enerji yoğunluğu indeksinde %20,5 oranında iyileşme söz konusudur [5].

Pnömatik sistemlerde enerji verimliliği, pnömatik iş elemanlarında kullanılan havanın gerektiği kadar basınçlandırılması, şartlandırılması ve tüketilmesi esasına dayanmaktadır. Bu çalışmada basınçlı havayla çalışan pnömatik sistemlerdeki enerji verimliliği uygulamaları ele alınmış ve deneysel çalışmalarla desteklenmiştir. Çalışma basınçlı havanın verimli kullanımıyla enerji yoğunluğunun ve karbon ayak izinin azaltılmasını amaçlamaktadır.

2. PNÖMATİK SİSTEMLERDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARI

Basınçlı hava dış ortamdan alınan atmosfer havasının bir kompresör ile belirli bir oranda sıkıştırılması ile elde edilmektedir. Elektrik enerjisinin olduğu her yerde elde edilebilen ve depolanabilir olması nedeniyle endüstride en çok tercih edilen enerji kaynaklarından birisidir. Basınçlı hava kolay elde edilip yaygın bir kullanıma sahip olmasına karşın oldukça pahalı bir

enerjidir. Basınçlı havanın kullanımı, maliyeti nedeniyle üzerinde önemle durulması gereken hususlar arasında yer almaktadır [6].



Şekil 3. *İşletmede basınçlı hava üretimi ve kullanımı.*

Şekil 3.'de örnek bir işletmedeki basınçlı hava üretimi, dağıtımı ve kullanımı gösterilmektedir. Burada hava kompresör tarafından sıkıştırılarak basınçlandırılmakta, tankta depo edilmekte, kurutucu tarafından soğutularak neminden arındırılmakta ve filtrelenerek işletmeye servis edilmektedir.

Kompresörler; güneş ışığından ve ısı kaynaklarından uzak, sıcaklığın ve tozun az olduğu ortamlarda konuşlandırılmalıdır. Soğuk, temiz ve kuru hava prensip olarak verimli bir sıkıştırma sağlamaktadır. Kompresör emiş havası sıcaklığının her 5 ^{o}C düşürülmesiyle, verim %2 artış göstermektedir. Bu nedenle kompresör daireleri için binaların kuzey yönünde ve yağmurdan korunaklı bir konum tercih edilmelidir. Kompresörlerin eksoz havaları, bulunduğu ortamın sıcaklığını artırmayacak şekilde atmosfere verilmelidir. En düşük spesifik enerji ve yüksüz enerji tüketimine sahip kompresör seçimiyle elektrik enerjisi tüketimi ve işletme maliyetleri önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Spesifik enerji tüketimini etkileyen diğer bir önemli husus ise periyodik bakımdır. Kompresörlerin verimli kullanılmasını sağlamak amacıyla periyodik bakımlar düzenli olarak yapılmalıdır [7,8].

Kompresör işletme basıncı mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Yüksek basınç, yüksek enerji tüketimi ve maliyet demektedir. Yüksek basınç istenen muhtelif noktalardaki cihaz ve makinelerin işletilebilmesi için ana sistem basıncının yükseltilmesi yerine, basınç lokal olarak basınç yükselticiler kullanılarak servis edilmelidir. Tablo 1.'de kompresör işletme basıncının düşürülmesiyle elde edilebilecek tasarruf oranları gösterilmektedir [9].

Tablo 1. İşletme basıncının düşürülmesiyle elde edilebilecek tasarruf.

Basınç Düşüşü (bar)	Tasarruf (%)
12 - 11	8
11 - 10	8
10 - 9	9
9 - 8	10
8 - 7	11
7 - 6	12
6 - 5	14
5 - 4	17
4 - 3	20

Basınçlı hava hatları tasarlanırken basınç kaybını minimize etmek için mümkün olduğunca keskin dönüşlerden kaçınılmalı, boru çapları doğru tayin edilmeli, hatta yoğuşan suyun ve yağ zerreciklerinin kolay ayrıştırılabilmesi için drenaj noktaları oluşturulmalı, ana hattan oluşturulan tali hatların deve boynu tekniğiyle oluşturulması ve hattın %1-2 oranında eğimli olmasına dikkat edilmelidir. Sabit boru şebekelerinde kompresörden çıkan havanın hattın sonuna kadar toplam basınç düşüşü 0,5 bardan fazla olmamalıdır. Basınç düşüşünün önüne geçmek amacıyla ring metodu benimsenerek tasarım yapılmalıdır.

Kurutucu seçimi yapılırken kompresörün sahip olduğu üretim kapasitesi dikkate alınmalıdır. Halihazırda yürürlükte olan ISO 8573-1:2010 basınçlı havada kalite standartı göz ününde bulundurularak işletmede kullanılması gereken hava kalite sınıfı tespit edilmeli, hava gerektiği kadar şartlandırılmalıdır. Gereğinden fazla yapılan şartlandırma işleminde basınç ve debi kayıpları meydana gelecek, bu durum maliyetin artmasına neden olacaktır. Filtreleme işlemi düşük hassasiyetten yüksek hassasiyete doğru yapılmalıdır. Şekil 4.'de gösterilen şartlandırıcı ünitelerinde kullanılan filtre kartuşlarının periyodik olarak değiştirilmesine dikkat edilmelidir. Sinter filtrelerin temizlenebilme özelliği yoktur, bu nedenle kirlenen filtreler mutlaka değiştirilmelidir. Aksi taktirde filtre olması gerekenden fazla basınç kaybına neden olarak hava maliyetini artıracaktır. Pratik olarak fark basıncı metoduyla işletme özel periyodik bakım aralıkları belirlenmelidir.

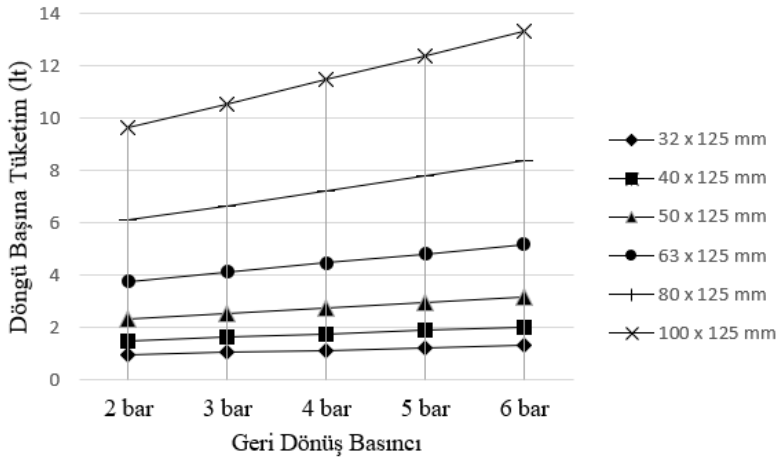
Şekil 4. *Filtre kartuşu.*

Pnömatik iş elemanlarında doğru ürün seçimiyle de tasarruf elde etmek mümkündür. Tasarım safhasında pnömatik iş elemanları, mevcut uygulamaya göre itme kuvvetleri göz önünde bulundurularak optimum şekilde seçilmelidir. Tablo 2.'de 200 mm strok boyuna sahip ISO 15552 pnömatik silindir çaplarının bir alt kademeye düşürülmesiyle elde edilebilecek tassaruf miktarları gösterilmektedir.

Tablo 2. Çap düşürülmesiyle elde edilebilecek enerji tasarrufu.

Çap Düşüşü (mm)	Tasarruf (%)
125 - 100	34
100 – 80	36
80 – 63	37
63 - 50	36
50 - 40	37
40 - 32	32
32 - 25	34
25 - 20	29

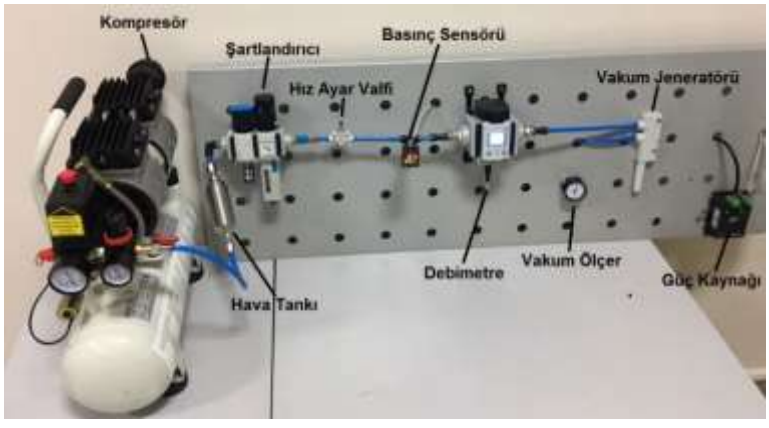
Pnömatik iş elemanlarında mekanik bir değişiklik yapmadan da enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Tek yönlü iş yapan çift etkili pnömatik iş elemanlarında geri dönüş basıncının prosesi etkilemeyecek derecede düşürülmesiyle hava tüketimi azaltılabilmektedir. Şekil 5.'de 125 mm strok boyuna sahip ISO 15552 pnömatik silindirlerin geri dönüş basıncının düşürülmesiyle elde edilebilecek tasarruf miktarları gösterilmektedir.



Şekil 5. *Farklı çap ve geri dönüş basınçları için hava tüketimi grafiği.*

Endüstride basınçlı havayı kullanan önemli elemanlardan biri de vakum ejektörüdür. Vakum ejektörü enerji kaynağı olarak basınçlı havayı kullanarak vakum elde eden cihazlardır. Vakum ejektörü, herhangi bir hareketli parça olmadan pnömatik olarak venturi prensibiyle vakum üretmektedir. Kompakt yapısı ve ilk yatırım maliyetinin düşük olması nedeniyle endüstriyel taşıma uygulamalarında kendine önemli bir yer edinmiştir. İlk yatırım maliyetinin düşük olmasına karşın bu cihazların işletme maliyetleri ciddi derecede yüksektir [10].

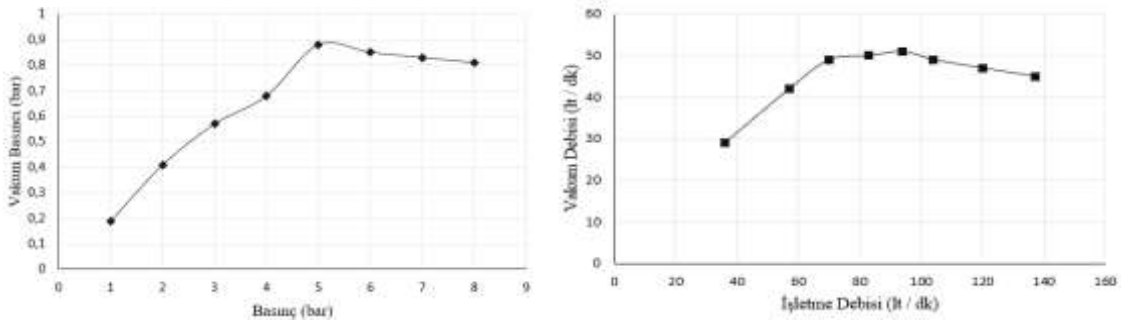
Venturi prensibine göre çalışan 1.4 mm orifis çapına sahip bir vakum ejektörünün optimum çalışma koşullarını belirlemek amacıyla Şekil 6.'da gösterilen deney düzeneği oluşturulmuştur. Farklı basınç ve debi değerlerinde vakum ejektörünün hava tüketimi, vakum basıncı ve vakum debisi değerleri belirlenmiştir.



Şekil 6. Vakum ejektörü deney düzeneği.

Şekil 7.'de görüleceği gibi 1.4 mm orifis çapına sahip venturi prensibiyle çalışan pnömatik ejektöründe elde edilebilecek maksimum vakum basıncı, 5,0 bar basınçlı hava beslemesiyle oluşmaktadır. Bu tip vakum ejektörlerinin kritik işletme basıncının üzerinde bir basınçla

işletilmesi enerjinin verimsiz kullanımına örnek teşkil edecektir. Verim düşecek, birim başına harcanan enerji miktarı artış gösterecektir. Maksimum vakum debisi değeri olan 51,2 lt/dk'ya 5,0 bar basın ve 94 lt/dk işletme debisi parametrelerinde ulaşılmaktadır. Bu noktadan sonra işletme debisi artarken vakum debisi değerinde azalış gözlenmektedir. Maksimum vakum basıncı grafiğinde olduğu gibi, vakum debisi için de kritik basınç değeri 5,0 bar'dır. Vakum ejektörünün kritik işletme basıncının üzerinde çalıştırılması performans kaybına ve enerji tüketiminin artışına neden olmaktadır.



Şekil 7. *Vakum ejektörü performans grafikleri.*

Pnömatik sistemlerde enerji verimliliğini etkileyen diğer bir önemli unsur ise hava kaçaklarıdır. Birçok endüstriyel tesiste önemsiz olarak nitelendirilen kaçaklar ciddi bir maliyet oluşturmaktadır. Bu kaçakların bir kısmı insan kulağının duyabileceği frekansta olup, bir kısmı ise ultrasonik detektörler tarafından tespit edilebilmektedir. Tablo 3.'de farklı basınçlarda belirli bir çaptan geçebilecek hava debisi değerleri gösterilmektedir.

Tablo 3. Farklı basınçlarda belirli bir çaptan geçebilecek hava debisi.

Farklı basınçlarda belirli bir çaptan geçen hava debisi (lt/dk)					
Çap	0.5 mm	1 mm	1.5 mm	2.0 mm	2.5 mm
4 bar	9	36	81	145	226
5 bar	11	45	102	181	282
6 bar	14	54	122	217	339
7 bar	18	72	163	289	452

Hava kaçakları mekanik hasarların yanı sıra özellikle bağlantı elemanları ile hortumlar arasındaki tolerans farklılıkları nedeniyle meydana gelmektedir. İşletmelerde basınçlı havanın verimli kullanımını sağlamak amacıyla kaçak seviyesi en aza indirgenmeli Şekil 8.'de gösterildiği gibi ultrasonik dedektörlerle periyodik olarak kaçak tespit uygulamaları gerçekleştirilmelidir.

Şekil 8. *Ultrasonik dedektörle kaçak tespiti.*

Endüstride üretim proseslerinde birçok sektörde açık üfleme uygulamaları yaygın olarak tercih edilmektedir. Açık üflemeler kurutma, soğutma ve temizleme gibi işlemler için kullanılmaktadır. Bu işlemlerde tüketilen hava miktarı oldukça fazladır. Enerji verimliliği açısından açık üfleme uygulamaları için ürün ve proses kalitesinden ödün vermeden fan havası üflemeleri sistemlere entegre edilmelidir. Hava tabancası kullanımında enerji tasarruf fonksiyonu olan ürünlerin kullanımına öncelik verilmelidir.

Enerji verimliliğinin temeli harcanan enerji miktarının üretimdeki kapasiteyi ve kaliteyi azaltmadan en aza indirilmesidir. Verimlilik konusunda yorum yapabilmek için üretilen ve tüketilen hava miktarlarının biinmesi gereklidir. Şekil 9.'daki gibi debimetreler kullanılarak hava tüketimleri sürekli olarak takip edilmelidir. Basınçlı havanın verimli kullanımını artırmak amacıyla bu ölçümler makine bazına indirgenmeli, debimetre cihazlarının kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Şekil 9. *Saplama problu debimetre.*

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, endüstride en çok kullanılan ikincil enerji kaynağı basınçlı havayla çalışan pnömatik sistemlerdeki enerji verimliliği uygulamaları ele alınmış ve deneysel çalışmalarla desteklenmiştir. Basınçlı havanın elde edilmesi, şartlandırılması, depolanması, iletilmesi ve pnömatik iş elemanlarında kullanımı enerji verimliliği yönünden değerlendirilerek örneklerle irdelenmiş ve karşılaştırmalı sonuçlara yer verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde pnömatik sistemlerde enerji tasarruf potansiyelinin büyük bir önem arz ettiği açıkça görülmektedir. Pnömatik sistemlerde enerjinin verimli kullanımıyla ilgili öneriler ve dikkat edilecek hususlar ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Bu çalışmanın, enerji arzında büyük oranda dışa bağımlı olan ülkemizin sanayi sektöründe enerji yoğunluğun düşürülmesi ve karbon ayak izinin azaltılması faaliyetlerinde bir rehber niteliği taşıyacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

1. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü. 2017. "10 yıllık talep tahminleri raporu (2018 – 2027), Ankara.

2. TMMOB Makine Mühendisleri Odası. 2018. "Türkiye'nin enerji görünümü 2018", Oda Raporu, Yayın No MMO/691, Ankara.

3. Frigerio, N., Matta, A. 2015. " Energy-Efficient Control Strategies for Machine Tools With Stochastic Arrivals", IEEE Transactions on Automation Science and Engineering 12 (1): 50 – 61.

4. Uzun, A., Değirmen, M. 2018. "Endüstriyel işletmelerde enerji verimliliği ve enerji yönetimi", Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi, Cilt:4, Sayı:2.

5. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. 2018. "Birincil ve nihai enerji yoğunluğu 2010 – 2017", Ankara.

6. Saidur, R., Rahim, N.A., Hasanuzzaman, M. 2010. "A review on compressed air energy use and energy savings", Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, p.1135-1153.

7. Unger, M., Radgen, P. 2017. "Energy efficiency in compressed air systems- a review of energy efficiency potentials, technological development, energy policy actions and future importance" International Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems, Rome, Italy.

8. Kaya, D., Phelan, P., Chau, D., Sarac, H.I. 2002. "Energy conservation in compressed air systems", International Journal of Energy Research, vol.26,p.837-849.

9. Dindorfa, R. 2012. "Estimating potential energy savings in compressed air systems", Procedia Engineering 39:p.204-211.

10. Endo, M., Iwamoto, J. 2003."A study of flow field in vacuum ejector driven by air", ASME/JSME 2003 4th Joint Fluids Summer Engineering Conference.

TAŞINABİLİR GÜÇ KAYNAKLARINDA POLY KRİSTAL GÜNEŞ PANELLERİNİN KULLANILMASI VE VERİMİNİN ARTIRILMASI

USING OF POLY CRYSTAL SOLAR PANELS IN PORTABLE POWER SUPPLIES AND INCREASING THE EFFICIENCY OF PANELS

Aziz MERAL

Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi,

Kocaeli, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Abdulhakim KARAKAYA

Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi,

Kocaeli, Türkiye

ÖZET

Bulunduğumuz yüzyılda teknoloji her geçen gün hızlı bir şekilde gelişmektedir. Bunun beraberinde teknolojik olanakların da artışına sebebiyet vermektedir. Ancak bu olanakların artmasıyla beraber enerjiye olan bağlılık ve bunun beraberinde de gereksinim her geçen gün artmaktadır. Bu sebeple enerji kaynaklarını artırmak için birçok farklı çalışma yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışma yöntemlerinden birisi ise mevcut kaynaklardan elde edilen enerjinin iletim kayıplarını minimize ederek verimi artırmaktır. Bu çalışma yöntemi son zamanlarda literatürlerde yaygın olarak görülmektedir. Bunun yanı sıra telefon, akıllı saat gibi günlük kullanıma uygun taşınabilir cihazlar her geçen gün insanların vazgeçilmezi olmaktadır. Bu yüzden taşınabilir enerji ihtiyacına ayrıca gereksinim duyulmakta ve artmaktadır. Bu çalışmada, taşınabilir şarj cihazlarında kullanılan poly kristal güneş panelinin iki tarafına da belirli genişlikte yansıtıcı malzemeler eklenerek panel verimi artırılmaktadır. Daha sonra bu çalışmanın hedefe ulaştığını gözlemlemek için testler yapılmaktadır. En sonunda ise bu testlerden elde edilen sonuçlar analiz edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: güneş paneli, poly kristal, panel verimi, enerji depolama

ABSTRACT

Technology is developing rapidly every day in the century we are in. It also causes an increase in technological opportunities. However, with increase of these opportunities, commitment to energy and need for it increase with each passing day. For this reason, there are many different study methods to increase energy resources. One of these study methods is to increase efficiency by minimizing transmission losses of the energy obtained from available sources. This study method has been widely seen in the literature recently. In addition, portable devices suitable for daily use such as phones and smart watches are indispensable for people every day. Therefore, need for portable energy is also needed and increasing. In this study, the efficiency of poly crystalline solar panel used in portable

chargers are increased by adding reflective materials of certain width to both sides. Then, tests are conducted to observe that this study reached its goal. Finally, results obtained from these tests are analyzed.

Keywords: solar panel, polycrystal, panel efficiency, energy storage

1. INTRODUCTION

Today, as population increases, need for energy also increases. Until recent years, fossil fuels were used more than renewable energy sources. However, interest in this area has increased further with reduction of costs and increased efficiency of renewable energy sources. In addition, with increase in the efficiency of solar panels, it has been used in many small powerful systems [1-3].

Instant energy radiating from the Sun is much more than energy consumed by the World in a year. Turkey, in terms of the energy potential that geographical location is advantageous with compared to many other countries. Electrical Power Resources Survey and Development Administration, according to sunshine duration and severity of radiation measured at General Directorate of Meteorology of 1966-1982 data year, Turkey's total yearly average sunshine duration was calculated as 2640 hours (7.2 hours per day) [4].

The average radiation intensity was determined to be 1311 kWh / m²-year (average daily 3.6kWh / m²). In addition, Turkey has the highest insolation period as 110 days, and if necessary investment, an average of 1100 kWh per year per square meter of solar energy produced [5].

As shown in Figure 1, the potential of the sun is high in Turkey. It has a long hours of sunshine period especially in June and July. In parallel with, there is a high solar radiation potential. Turkey Electricity Transmission Company (TEIAS), according to a report released this total installed capacity of 91 GW as of December 2019 was met by reaching approximately 6 GW of solar power plants. Given the hours of sunshine, it is predicted that installed power will increase further [6].

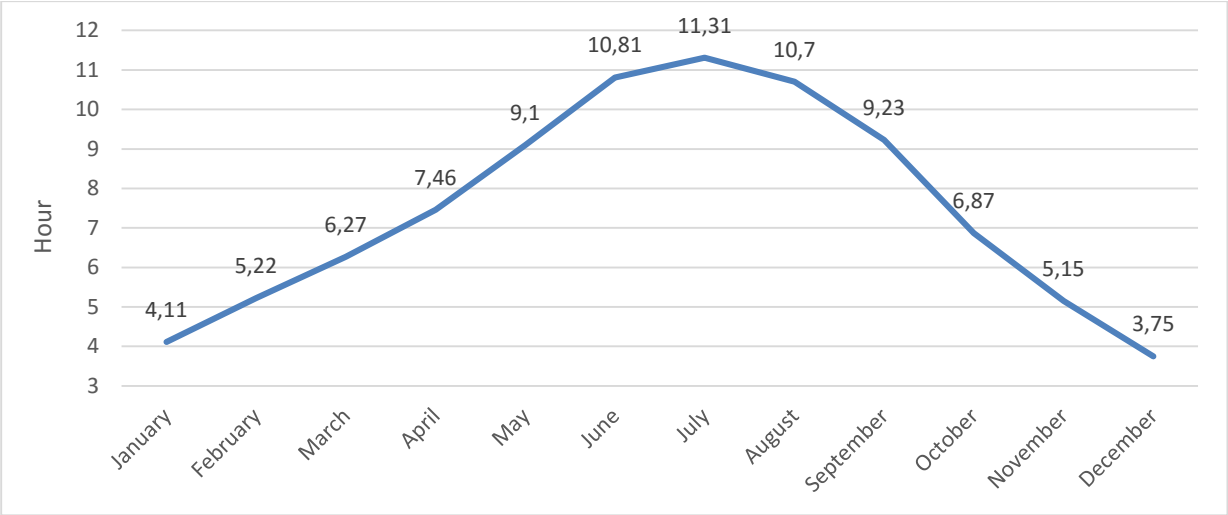


Figure 1. *Sunshine duration in Turkey*

Solar cells are semiconductor materials that convert rays from the sun directly into electrical energy. The systems work based on the photovoltaic principle. Electric voltage is generated between the two ends of the panel, on which light shines. With this method, the sunlight is converted into electrical energy.

The equation for instant useful energy from planar solar panels is expressed as follows: [7-8]

$$\boldsymbol{Q_U = A_C[G_T(\tau\alpha)_{ef} - U_L(T_y - T_a)]}$$

Here;

$\boldsymbol{Q_U}$: Instant useful energy from the collector (W)

$\boldsymbol{A_C}$: Surface area of the panel (m²)

$\boldsymbol{G_T}$: The amount of radiation perpendicular to the surface of the panel is the amount of solar radiation (W/m²)

$(\boldsymbol{\tau\alpha})_{ef}$: Effective swallowing product

$\boldsymbol{U_L}$: Heat loss coefficient of the collector (W/m² °C)

$\boldsymbol{T_y}$: Average temperature of absorber surface (°C)

$\boldsymbol{T_a}$: Outside temperature (°C)

Useful energy is also expressed as $\boldsymbol{Q_U = mc_P(T_ç - T_g)}$ depending on the inlet and outlet temperature of the fluid. Here;

m : Mass flow of water (kg/s)

c_P : Specific heat of water at constant pressure (J/kgK)

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. SOLAR COLLECTORS

Solar collectors are heat exchangers that take solar radiation and pass it into a fluid (liquid or air). In other words, the systems that absorb solar radiation and transfer it to the liquid or air it contains are called solar collectors.

2.2. SOLAR CELLS

Solar cells are systems that convert solar radiation that comes to the surface, that is, photon directly into electricity. It is called systems working with photovoltaic effect. Output power can be increased by connecting the panels in series or in parallel. We can talk about three kinds of technologies commercially in market. These are mono, poly and amorphous crystal solar panels.

2.2.1 MONO CRYSTALLINE SOLAR PANELS

Mono crystalline solar panels have the highest efficiency rates as they are made of high grade silicon. Generally, they have yields between 15-20%. Mono crystalline solar panels save space. It has better performance than equivalent poly crystal panels in low light conditions. Mono crystal panels are more expensive than other panel types.

2.2.2 POLY CRYSTALLINE SOLAR PANELS

This efficiency of poly crystalline solar panels with an average efficiency of 15% can decrease up to 11% due to losses such as absorption rate and permeability of the polycarbonate surface. Even though it is not as efficient as mono crystal panels, it is the most produced panel because it is more cost-effective. In this study, poly crystalline solar panel was preferred because its cost is more affordable.

2.3. COMBINING SOLAR CELLS

The output voltage of solar cells varies from 0.5 to 0.6 V depending on the solar radiation falling on them. Voltage does not change according to its size. Flow, in other words, ampere varies depending on the surface area of the solar cell. Solar cells are generally connected in series within a solar panel. A panel with 18-21 V output is formed by connecting 36 cells in series with each other. The purpose of connecting in series is to obtain the appropriate output voltage. In this case, the panel current remains constant. By connecting solar cells in series, solar panels with 12/24/36/48 volts output are obtained. If the charge regulator is to be used for the nominal 12 V output, 36 cells are required. Cells provide 0.5 V voltage regardless of size. Accordingly, 18 V voltage is obtained from a 36 cell panel.

2.4. PANEL USAGE IN THE WORLD

It is possible to talk about the advantages and disadvantages of using solar panels in industry and domestic applications. It is possible to say that the studies conducted in this area are generally on increasing the panel efficiency. The usage rates of panels in the world are as seen in Figure 2 [9]. As can be seen in the figure, one of both panels sold is poly crystalline solar panels. The main reason for this is that their costs are affordable.

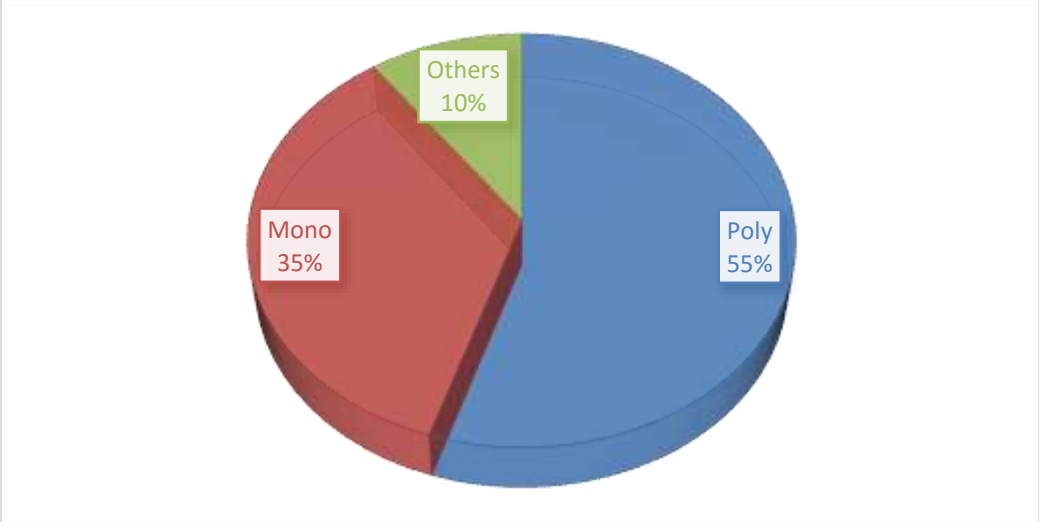


Figure 2. *Market shares of panels in the World*

2.5. BATTERIES

Batteries are devices that store electrical energy as chemical energy. When desired, they convert this into electrical energy. [10]. Thanks to the advantages of the batteries, we can store energy and use it when we need it. Batteries that produce huge power in a short time are very important for the continuity of power. Today, Nickel-Cadmium (NiCd) and Lead-Acid (PbA) batteries are widely used in photovoltaic systems [11]. Batteries must have some basic features in order to be used in photovoltaic systems. These;

- Reliability in discharge conditions
- Low self-discharge
- Proper investment cost
- Long-lasting and robust design

3. IMPLEMENTATION

In the implementation, poly crystalline solar panel is preferred because it is the most used and cost-effective compared to mono crystal panel. Dimensions of the poly crystalline solar panel used are 13.5 * 11 cm. The reason for using a small panel is to adapt it to portable power

sources and to ensure portability. In order to increase the efficiency of the poly crystalline solar panels, the experimental setup was installed as in Figure 3.

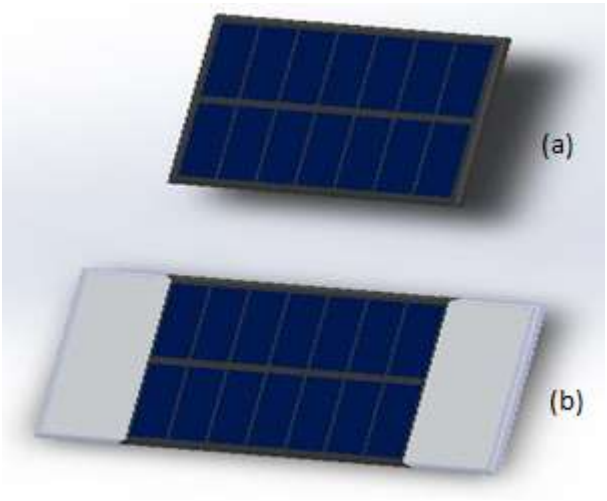


Figure 3. *The experimental setup. a) Solar panel without reflector. b) Reflective solar panel*

The panel in the experimental setup was mounted on a hard material. The voltage of the poly crystalline solar panel was changed by changing distance between the artificial radiation and the panel without using the reflector first and the voltage obtained from the panel was recorded. Then, under the same conditions, three inches of aluminum reflector were placed on the right and left of the panel, and the voltage values were recorded. The same operations were 3, 5, 7 and 9 centimeters, respectively, and the panel tensions were measured by changing the reflective dimensions. While making the experiments, it was paid attention that the panel temperature was the same. Figure 4 shows the voltage values obtained in four different radiation intensities according to the reflector width used in the panel. When Figure 4 is examined, it is clearly seen that as the reflector width increases, panel efficiency increases as well. For example, the efficiency of 9 cm reflective panels increased up to 1.22%.

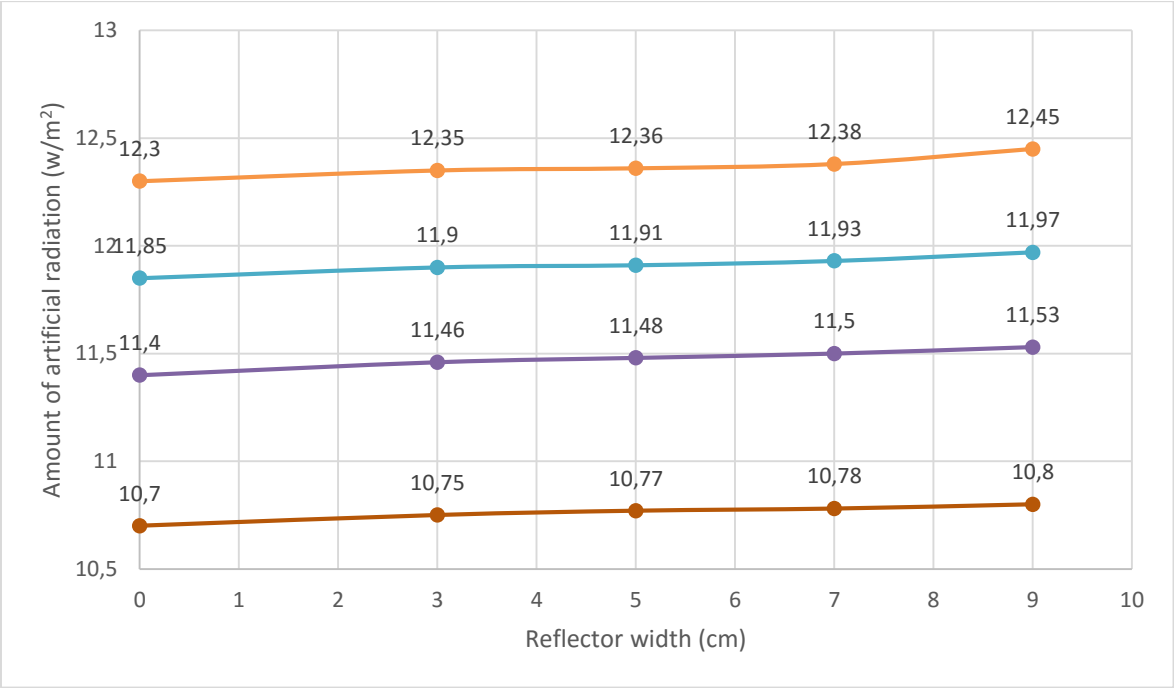


Figure 4. *Voltage values measured from poly crystalline solar panel*

4. CONCLUSİON AND SUGGESTİON

As a result of the experiments, it was determined that when reflectors are used in the panels, efficiency increases by 1.22%. It was observed that as reflective size increased, efficiency increased. According to these data, it is obvious that a positive contribution will be made especially to portable charging systems. In the next studies, reflective materials other than aluminum can be examined and its effect on panel efficiency can be investigated. In addition, appropriate panel selection can be made by repeating experiments with different solar panels. As a result of applications, the best reflective material can be determined in terms of cost and panel efficiency.

REFERENCES

Green MA, Emery K, King DL, Igari S. Solar cell efficiency tables (version 15). Progress in Photovoltaics: Research and Applications2000; 8: 187–196.

Green MA, Emery K, Hishikawa Y, Warta W. Solar cell efficiency tables (version 33). Progress in Photovoltaics: Research and Applications 2009; 17: 85–94.

Green MA, Emery K, Hishikawa Y, Warta W. Solar cell efficiency tables (version 36). Progress in Photovoltaics: Research and Applications 2010; 18: 346–352.

https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye guneslenmesuresi.aspx (Mart 2020 tarihinde alınmıştır.)

http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/

https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/201901/kurulu_guc_aralik_2019.pdf

Güneş Enerjisi Sistemleri ve Tasarımı İ.Ceylan ve A.E.Gürel

Tezcan, M., "Düzlemsel Güneş Kollektörleri Ve VerimHesaplamaları", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 87 (2002).

Solar Panel Market Size, Share, Trends and Industry Analysis Report By Type

T.-H. Kim, J.-S. Park, S.K. Chang, S. Choi, J.H. Ryu, H. K.Song, The Current Move of Lithium Ion Batteries Towards the Next Phase, Advanced Energy Materials, 2 (2012) 860-872.

G. Crabtree, E. Kócs, L. Trahey, The energy-storage frontier: Lithium-ion batteries and beyond, MRS Bulletin, 40 (2015) 1067-1078.

OECD ÜLKELERİ İNSANİ GELİŞİM ENDEKSİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ(2011-2016)

COMPARATIVE ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING HUMAN DEVELOPMENT INDEX VALUES OF OECD COUNTRIES (2011-2016)

Kübra ÇOŞAR, Dr. Buket DOĞAN, Prof. Dr. Ali BULDU

Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

ÖZET

İnsani Gelişim Endeksi (IGE), ülkelerin insani gelişim düzeylerinin ölçülmesi için kullanılan Birleşmiş Miletler tarafından ortaya çıkarılmış bir kavramdır. IGE sağlık, eğitim ve gelir olmak üzere üç temel alan üzerinden toplumların insani gelişim düzeylerini belirlemektedir. IGE'nin değişimi bu üç alana bağlı olduğu için bu alanlar üzerinde hangi faktörlerin etkili olduğunun belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada, literatürden yararlanılarak OECD ülkelerinin IGE değerleri üzerinde etkili olan dokuz faktör belirlendi. Bu dokuz faktör; medikal teknoloji, hastane yatak sayısı, hastane sayısı, doğumda yaşam beklentisi, bebek ölüm oranı, anne ölüm oranı, kişi başına düşen milli gelir, sağlık harcaması ve kişi başına düşen ilaç satışı alanlarından oluşmaktadır. Bu çalışma kapsamında, OECD ülkelerine ait 2011-2016 yıllarındaki bu dokuz faktöre ait değerler OECD sitesinde yayınlanan verilerden alınarak bir veri seti hazırlanmıştır. OECD Sağlık verileri başta Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası, Eurostsat olmak üzere birçok kaynaktan derlenerek bir bütün haline getirilmektedir. Bu nedenle bazı ülkeler için eksik veriler bulunabilmektedir. Oluşturulan veri setindeki eksik veriler veri önişleme yöntemlerinden eğri uydurma ve ortalama değer atama yöntemleri ile tamamlanmıştır. Özellik seçimi yöntemlerinden bilgi kazancı ve korelasyon tabanlı özellik seçimi yöntemleri kullanılarak bu faktörlerin OECD ülkelerine ait veriler üzerinde sıralanması ve karşılaştırılması sağlanmıştır.

Bu veri setinde, bilgi kazancı ve korelasyon tabanlı özellik seçimi yöntemleri ile sıralanan özelliklerden bebek ölüm oranı IGE üzerinde en etkili olan özellik olarak belirlendi. Anne ölüm oranı ve kişi başına düşen ilaç harcaması da insani gelişime güçlü etkisi olan özellikler olarak tespit edildi. Hastane sayısı ve hastane yatak sayısı özellikleri medikal cihazlara oranla IGE üzerinde daha fazla etkiye sahip olmasına rağmen bebek ölüm oranı, anne ölüm oranı ve kişi başına düşen ilaç harcamasına göre daha az bir etkiye sahiptir. Korelasyon tabanlı özellik seçimi yöntemi ile 2011-2016 yıllarında elde edilen sonuçlarda medikal teknoloji diğer özelliklere oranla IGE üzerinde en az etkiye sahip özellik olduğu belirlendi.

Anahtar Kelimeler: İnsani Gelişim Endeksi, Özellik Seçimi, Doğumda Yaşam Beklentisi, OECD

ABSTRACT

The Human Development Index (HDI) is a concept created by the United Nations (UN), which is used to measure the human development levels of countries. HDI specifies the human development levels of societies in three main areas: health, education and income. Since the change of HDI depends on these three fields, it is important to determine which factors are effective on these fields. In this study, nine factors that influence the HDI values of OECD countries were determined by using the literature. These nine factors consist of GDP per capita (PPP $), infant mortality, maternal mortality, hospital beds density, health expenditures, hospitals number, life expectancy, medical technology and pharmaceutical sales. Within the scope of this study, a data set was prepared by taking the values of these nine factors that belong to OECD countries between 2011 and 2016 from the data that published on the OECD site. OECD Health data is compiled from many different sources, especially the United Nations, World Bank and Eurostsat. For this reason, missing data may be available in some features for some countries. The missing data in the created dataset has been completed with curve fitting and average value assignment methods. These factors are sorted and compared on the data of OECD countries by using information gain based feature selection and correlation-based feature selection methods. Furthermore, visualization of these data was provided by using parallel coordinate system.

Among the features ranked by information gain and correlation-based feature selection methods, infant mortality rate was determined as the most effective feature on HDI. Maternal mortality rate and pharmaceutical sales were also identified as features that had a strong impact on human development. Although the number of hospitals and the number of hospital beds has more impact on HDI than medical devices, they have less impact than infant mortality, maternal mortality and pharmaceutical sales. In the results obtained in 2011-2016 with the correlation-based feature selection method, medical technology devices were found to have the least impact on human development compared to other features.

Keywords: Human Development Index, Feature Selection, Life Expectancy, OECD

1. GİRİŞ

Günümüzde sağlık hizmetleri, ekonomik ve sosyal kalkınmanın en temel belirleyicilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Sağlık hizmetleri, yapısı gereği hizmeti alan bireyden ve çevresinden başlayarak tüm topluma yayılan bir etkiye sahiptir. Bu yönüyle sağlık hizmetleri ülkelerin gelişmişlik düzeyinin belirlenmesinde kilit bir öneme sahiptir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyinin ölçülmesinde kullanılan ölçüt olan İnsani Gelişim Endeksi (IGE) temel olarak eğitim, sağlık ve gelir olmak üzere üç parametre göz önünde bulundurularak hesaplanır.

2010 yılında Birleşmiş Milletler tarafında İGE'yi hesaplamak için kullanılan göstergelerde ve hesaplama yönteminde değişiklik yapılmıştır. Daha önceleri de kullanılan üç boyut (gelir, eğitim

ve sağlık) aynı kalmıştır ancak gelir ve eğitimi ölçmek için kullanılan ölçütler değiştirilmiştir. Geliri ölçmek için kullanılan GSYİH yerine satın alma gücü paritesine dönüştürülmüş kişi başı gayrisafi milli gelir, eğitimi için ise ortalama okullaşma yılı ve beklenen okullaşma yılı kullanılmaya başlanmıştır [1].

Table 1. İnsani Gelişim Endeksi Minimum ve Maksimum Değerleri

	Göstergeler	Minimum-Maksimum Değerler
Eğitim	Beklenen Okullaşma Yılı	0-18 Yıl
	Ortalama Okullaşma Yılı	0-15 Yıl
Sağlık	Doğumda Yaşam Beklentisi	20-85 Yıl
Gelir	Satınalma Gücü Paritesi Kişi Başı GSMG	100-75.000 $

Tablo 1'de Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP)'nın son olarak 2016 yılında endeks değerleri için belirlemiş olduğu maksimum ve minimum değerler sunulmuştur[1]. Beklenen okullaşma yılı ve ortalama okullaşma yılı endeksinin minimum değerinin 0 olmasının nedeni toplumların eğitim olmadan da var olabilmesidir. Doğumda yaşam beklentisinin minimum değerinin 20 yaş olarak belirlenmesinin nedeni tarihsel kayıtlara dayanmaktadır. Savaşlar, soykırımlar, kıtlık vb. nedenler doğumda yaşam beklentisini oldukça aşağı çeker[2,3]. 20 yaşın altındaki değerlerde de doğumda yaşam beklentisi görülmüştür ancak geçici durumlar olduğundan UNDP tarafından minimum değer 20 yıl olarak belirlenmiştir.

İnsani Gelişim Endeksini hesaplamak için öncelikle sağlık, eğitim ve gelir göstergelerinin ayrı ayrı hesaplanması gerekir. Her bir göstergenin değeri Denklem 1'de belirtilen Min-Max Normalizasyon yöntemi ile 0-1 aralığında bir değere dönüştürülür. Denklem 1'de yer alan minimum değer ve maksimum değer Tablo 1'de belirtilmiştir.

$$\frac{Gerçek\ Değer - Minimum\ Değer}{Maksimum\ Değer - Minimum\ Değer} = D(0\text{-}1) \qquad \text{(Denklem 1)}$$

Sırasıyla sağlık, eğitim ve gelir göstergelerine ait $D_{sağlık}$, $D_{eğitim}$ ve D_{gelir} değerleri Denklem 1'e göre hesaplanır. Hesaplanan tüm göstergeler 0 ile 1 aralığında bir değer alabilir. Denklem 2'de her üç endeksin geometrik ortalaması alınmakta ve çıkan sonuç İnsani Gelişim Endeksi(İGE) değerini vermektedir.

$$İGE = \sqrt[3]{Dsağlık * Değitim * Dgelir} \qquad \text{(Denklem 2)}$$

İGE değerine göre ülkeler dört sınıfa ayrılmaktadır [4] :

- 0,800 puan ve üstü = Çok yüksek insani gelişim
- 0,700- 0,799 puan = Yüksek insani gelişim
- 0,550- 0,699 puan = Orta insani gelişim
- 0,550 puan ve altı = Düşük insani gelişim

Bu çalışmada OECD ülkelerindeki sağlık hizmeti harcamaları, kaynakları ve kalite göstergelerinin İnsani Gelişim Endeksi(İGE) üzerindeki etkisini belirlemek için veri madenciliği metotları kullanılarak çıkarımlar yapmak hedeflenmektedir. IGE değerinin üzerinde etkili olan belirleyiciler tespit edilerek ülkelerin sağlık hizmeti planlamalarında bu alanlara yönelmesine yol gösterilmesi amaçlanmaktadır.

IGE Sağlık Endeksine Etki Eden Belirleyiciler

Ülkelerin genel sağlık düzeyi iyileştirildiğinde ve sağlık yatırımları arttığında insani gelişim açısından da ilerleme kaydedildiği belirlenmiştir [5]. İGE hesaplanırken sağlık bileşeni olarak doğumda yaşam beklentisi indeksi kullanılmaktadır. Doğumda yaşam beklentisi, bireyin doğduktan sonra hayatta kaldığı ortalama süre olarak ifade edilir [6]. Toplumun genel sağlık düzeyi ortalama yaşam süresi üzerinde etkiye sahiptir. Sağlık alanında yaşanan gelişmeler, başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere tüm ülkelerde doğumda yaşam beklentisinin artmasına neden olmuştur [5,6]. Literatürde doğumda yaşam beklentisi üzerinde etkili faktörlerle ilgili yapılan çalışmalardan bazılarına aşağıda yer verilmiştir:

Potter [7] hükümetlerin başlıca hedeflerinden birinin, ölüm oranını en düşük seviyeye indirerek yaşam beklentisini arttırmak olduğunu belirtmiştir. Yüksek yaşam standartlarına sahip ülkelerin vatandaşları ortalama olarak daha uzun yaşama ve daha düşük ölüm oranına sahiptir. Bilas ve arkadaşları [6] panel veri analizi yaklaşımını kullanarak, 2001-2011 yılları arasında yıllık bazda GSYİH büyüme oranı, nüfus artış hızı, eğitim düzeyi, kişi başına düşen GSYİH ve yaşam beklentisi değişkenlerini dikkate alarak Avrupa Birliği ülkelerindeki doğumda yaşam beklentisinin belirleyicilerini araştırmıştır. Kişi başına düşen GSYİH ve eğitim düzeyindeki değişim sonucunda yaşam beklentisinde değişimin ortaya çıktığı tespit edilmiştir.

Hassan ve ark. [8] 108 gelişmekte olan ülkede, 2006-2010 yılları arasında yaşam beklentisi ve sağlık harcamaları, gayri safi yurt içi hasıla, eğitim endeksi, sağlık tesislerinde iyileştirme ve su kaynaklarında iyileştirme arasındaki ilişkiyi panel veri analizi kullanılarak incelenmiştir. Analiz sonucunda, yaşam beklentisi ve ele alınan tüm açıklayıcı değişkenler arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu görülmüştür. Doğumda yaşam beklentisinin sosyal ve ekonomik gelişim ile ilişkili olduğunu öne süren Delavari ve arkadaşları [9] çalışmalarında kişi başına düşen GSYİH, 10.000 kişi başına düşen doktor sayısı, gıda bulunabilirliği, okur-yazarlık oranı ve toplam doğurganlık belirleyicilerinin İran'da yaşam beklentisini etkileyen temel faktörler olarak belirledi. Bu alanda

yapılmış bir diğer çalışma Lin ve ark.[10]'nın yaptığı az gelişmiş ülkelerde 1970 - 2004 yılları arasında doğumda yaşam bekletisi üzerinde etkili olan sosyal ve politik belirleyicileri tespit ettiği çalışmadır. Demokratik siyasi yönetimin kısa vadede yaşam beklentisini arttırmaya yönelik küçük bir etkisi olmasına rağmen uzun vadede etkili bir belirleyici olduğu tespit edilmiştir. Balan ve Jaba [11], 1970-2008 dönemleri arasında Romanya'da yaşam beklentisini belirleyen faktörler analiz edilmiştir. Sonuç olarak, yaşam beklentisi ve ücretler, hastanedeki yatak sayısı, doktor sayısı, kütüphanelere abone olan okuyucu sayısı arasında pozitif bir ilişki mevcutken; okuryazar olmayan nüfus ve nüfus artışı arasında negatif yönde ilişki olduğu görülmüştür. Bayın[12] OECD'ye üye olan 34 ülkenin 2013 yılı doğumda yaşam süresi ve 65 yaşta yaşam sürelerine etki eden yaşam sürelerine etki ettiği düşünülen algılanan sağlık statüsü, hastane yatak sayısı, kişi başı milli gelir, kişi başı sağlık harcaması, kişi başı ilaç tüketim harcaması, anne ölüm hızı, bebek ölüm hızı, doktor ziyareti, hastane yatış gün sayısı ve kentsel nüfus oranı değişkenlerinin kadın ve erkeklerin beklenen yaşam sürelerine olan etkisi olanlar regresyon analizleri ile incelenmiştir. Araştırma sonucunda, hem kadınlarda hem de erkeklerde doğuşta beklenen yaşam süresine en çok etki eden değişkenin bebek ölüm hızı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Doğu Akdeniz Bölgesi'nde doğumda yaşam beklentisi üzerindeki belirleyicileri araştıran Gillian ve Skrepnek [13] kentsel nüfus yüzdesi, güvenli içme suyuna erişim yüzdesi, hekim yoğunluğu (1000 kişi başına düşen yoğunluk), yetersiz beslenenlerin yüzdesi ve difteri-tetanoz, boğmaca, menenjit ve çocuk felcine karşı ortalama aşılama oranlarını belirleyiciler olarak kullanmışlardır. Çalışmada gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH), aşılama ortalamaları ve kentleşmenin yaşam beklentisinin anlamlı pozitif belirleyicileri olduğu tespit edilmiştir. Amerika ve İngiltere'de uzun yılları boyunca yapılan çalışmalara göre gelir ve sağlık arasında karmaşık bir ilişki vardır. 1950'lerden beri ölümlerde önemli bir azalış olmuştur. Ancak bu azalış, Folland ve arkadaşlarının[14] yaptığı incelemelere göre artan gelirlerden ziyade sağlık alanındaki teknolojik ilerlemelerden dolayı gerçekleşmiştir. Mathers ve arkadaşları [15] , son yıllarda gelişmiş ülkelerde, beklenen yaşam süresindeki artışı vurgulamışlar ve yaşam beklentisinin kronik hastalıklara bağlı ölümlerden etkilendiğini belirtmişlerdir. Yapılan literatür incelemesi sonucunda IGE hesaplamasında sağlık endeksinin hesaplanmasında kullanılan doğumda yaşam beklentisi üzerinde etkili olan değişkenler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Table 2. Literatürde yer alan doğumda yaşam beklentisi üzerinde etkili belirleyiciler

BELİRLEYİCİ	VERİ KAYNAĞI	REFERANS
Doğumda Yaşam Beklentisi	OECD	[6] [8] [9] [10] [11] [12]
Kişi Başına Düşen GSYİH (GDP per capita)	OECD	[6] [9]
Sağlık Harcaması (GDP'nin % kaçı sağlığa ayrılmış)	OECD	[6] [8] [12]
Bebek Ölüm Hızı	OECD	[12]
10.000 kişi başına düşen doktor sayısı	OECD	[9] [11]
10.000 kişi başına düşen hastane sayısı	OECD	[11] [12]
Hastane yatak sayısı	OECD	[11] [12]
Kişi başı ilaç tüketimi harcaması	OECD	[12]

Mortality (Anne ve Bebek Ölüm Oranı)	OECD	[12]
Aşılamalar (immunisation)	OECD	[13]
Medikal Teknoloji (Bilgisayarlı tomografi cihazı, manyetik rezonans görüntüleme üniteleri…)	OECD	[14]
Hastalıklılık(Morbidity)	OECD	[15]

2. VERİ ÖNİŞLEME

Veri önişleme işlemleri, kullanılan veri setine göre farklılık göstermektedir. Veri önişlemede temel amaç gereksiz, gürültülü ve eksik verilerin araştırmanın sonucunu etkilemeyecek şekilde manipüle edilmesidir. Tablo 2'de belirtilen özelliklerden 10.000 kişi başına düşen doktor sayısı, aşılamalar ve hastalıklılık özellikleri için OECD sağlık verilerinde yeterli kayıt bulunamamıştır. Bu nedenle bu özellikler çalışma kapsamından çıkartıldı.

OECD sağlık veri seti içerisinde yer alan diğer özelliklerdeki eksik veriler eğri uydurma ve ortalama değer atama yöntemleri kullanılarak tamamlanmıştır. Eksik değer bir zaman serisinde belirli bir yerde eksikse bu değer eğri uydurma yöntemi kullanılarak tamamlandı. Bu yöntem ile tamamlanamayan özelliklere ortalama değeri atanarak veri seti tamamlanmıştır.

Eğri Uydurma

Kullanılan veriler arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığı durumlarda eksik verilerin tamamlanması için uygun bir eğri seçilerek en küçük kareler yöntemine göre hesaplama yapılır. Eğri uydurma için kullanılan en popüler metot olan en küçük kareler yöntemi; bağımlı değişkenin değerleri ile tahmin edilen değerlerinin arasındaki farkın yani hatanın karelerinin toplamının en küçük olmasını amaçlayan bir yöntemdir[16]. En küçük kareler yöntemi birçok farklı tipteki fonksiyonu kullanılarak veriye uygun eğri uydurma için kullanılır. Eğri uydurma işleminde, eğrinin formatı önceden tahmin edilemiyor olabilir. Doğrusal, ikinci ve üçüncü dereceden polinom, üslü veya logaritmik denklem formatında olabilir. Bu formatlardan verilere uygun olan bir seçilir ve daha sonra R^2 uyumu incelenir. R^2 olarak kullanılacak değer gözlem sonuçları ile tahmin edilen değer arasındaki ilişkiyi gösterir.

Bu çalışmada kullanılan veri setinde yer alan eksik veriler polinom denklemi eğri uydurma ve ortalama değer atama yöntemleri ile tamamlanmıştır. Bir ülkenin seçilen zaman aralığındaki verilerinde bir eksik veri varsa bu değer eğri uydurma yöntemi ile tahmin edildi. Eğri uydurma ile değer atama için 2. ve 3. dereceden polinominal denklemler kullanıldı. Hata oranı R^2'nin $R^2 = 1$'e en çok yaklaştığı yöntem ile tamamlandı.

Ortalama Değer Atama

Ortalama değer atama yöntemi, bir özelliğin eksik verilerinin tamamlanmasında eksik verilerin yerine o özelliğin ortalama değerinin atanması işlemidir[17]. Denklem 3'te gösterildiği gibi bir

özelliğe ait eksik değere sahip olanlar hariç tüm veri noktaları belirlenir. Bu veri noktalarındaki değerlerinin toplamının veri noktasına oranı o özellik için ortalama değeri verir.

$$\text{Ortalama} = \frac{Tüm\ Veri\ Noktalarının\ Toplamı}{Veri\ Noktası\ Sayısı} \qquad \text{(Denklem 3)}$$

Eğri uydurma ile değeri belirlenemeyen eksik değerlerin değerini belirlemek için ortalama değer atama yöntemi kullanıldı. Her bir özelliğin 2011-2016 yılları arasındaki eksik değerler bulunduğu yılın ortalaması atanarak tamamlandı.

3. ÖZELLİK SEÇİMİ (FEATURE SELECTİON)

Özellik seçimi, İçerisinde fazla sayıda özelik bulunduran veri kümelerinde çıkış değişkenine en fazla etkisi olan özelliklerin belirlenmesi kullanılan yöntemdir. X adet özellik arasında en iyi Y tanesinin çeşitli özellik belirleme algoritmaları kullanılarak çıkarılır[18]. Özellik sayısını azaltarak gürültülü verileri veri setinden çıkararak veri setinin boyunu küçültürüz ve faydalı bilgiye bir adım daha yaklaşırız. Böylelikle veri setinden daha sade, anlaşılır ve kaliteli bilgiler elde edilebilir. Veri setindeki bu değişim kullanılacak modelde başarı oranını arttırır[19].

Korelasyon Tabanlı Özellik Seçimi

İki değişkenin arasında ilişkinin bulunup bulunmadığını tespit etmenin en basit yöntemi bu iki değişkenin birbirlerine göre değişimini gösteren kovaryans değerini hesaplamaktır. İki değişkenin birlikte değişimini bulabilmek için her bir değerin ortalamadan farkının çarpımı kovaryans değerini vermektedir.

$$\text{Kovaryans} = cov(x,y) = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(N-1)} \qquad \text{Denklem 9}$$

Kovaryans hesaplarken kullanılan iki değişken farklı birimlerde gösteriliyorsa bu değerleri ortak bir birime dönüştürmemiz gerekir. Bunun için kovaryans formülünü standart sapma değerleri ile bölünerek Denklem 10'da gösterildiği gibi korelasyon hesaplanır[20].

$$\text{Korelasyon Katsayısı} = r = \frac{cov_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(N-1)s_x s_y} \qquad \text{Denklem 10}$$

Korelasyonun büyüklüğü iki değişken arasındaki ilişkinin gücünü gösterirken işareti değişkenlerin aynı yönde pozitif (+) ya da zıt yönlerde negatif (-) artışı ve azalışı gösterir. İki değişken arasında hesaplanan korelasyon (r) değeri aşağıdaki gibi yorumlanır;

- 0-0.20 çok zayıf ilişki
- 0.20-0.39 zayıf ilişki
- 0.40-0.59 orta düzeyde ilişki
- 0.60-0.79 yüksek düzeyde ilişki
- 0.80-1.0 çok yüksek düzeyde ilişki

Korelasyon tabanlı özellik seçimi, korelesyon katsayısını kullanarak veri setinde yer alan özelliklerin çıkış değişkeni ile olan korelasyon katsayısını göz önünde bulundurarak özellikler arasında bir sıralama yapar. Sıralama sonucunda çıkış değişkeni üzerinde en etkili olan özellikler belirlenir.

Bilgi Kazancı (Information Gain) ile Özellik Seçimi

Entropi, bir veri seti içindeki belirsizliği, düzensizliği ve rasgeleliği ölçmek için kullanılır. Tüm olasılıkların toplamı 1' eşit olmalıdır(Denklem 4).

$$\sum_{i=1}^{n} \mathrm{p}_i = 1 \qquad \mathrm{p1, p2, \dots, pn\ olasılıklar} \qquad \text{(Denklem 4)}$$

Yukarıdaki denklemden yola çıkarak bir sistemin entropisi Denklem 5'teki gibi hesaplanır.

$$I(P) = \sum_{i=1}^{n} \mathrm{p}_i * \log(p_i) \qquad (Denklem\ 5)$$

Bilgi Kazancı(Information Gain), entropi ile doğru orantılıdır. Bilgi kazancının artması için entropinin azalıyor olması gerekir. Her bir niteliğin bilgi değeri hesaplanır[20];

$$\text{Bilgi (Sınıf, Özellik)} = \sum_{i=1}^{n} \frac{T_i}{T} I(T_i) \qquad \text{(Denklem 6)}$$

Bilgi değeri hesaplanan niteliklerin kazanç değeri aşağıdaki denklem ile hesaplanır;

$$\text{Kazanç (Sınıf, Özellik)} = \text{Bilgi(Sınıf)} - \text{Bilgi(Sınıf, Özellik)} \qquad \text{(Denklem 7)}$$

Bilgi kazancı ile özellik seçimi yönteminde değişkenlerin kazanç değerleri hesaplanır ve bu değerlere göre bir sıralama yapılır. Kazanç değeri en yüksek özellik sonuca en fazla etkisi olan özelliktir[21].

4. MATERYAL VE METOT

Çalışmada kullanılacak veri seti OECD tarafından yayınlanan 31 OECD üye ülkesinin 2011-2016 yıllarına ait verilerden oluşan OECD Sağlık veri setine Birleşmiş Milletler Gelişim Programı tarafından yayınlanan 2011-2016 yılları arasındaki IGE değerleri eklenerek oluşturulmuştur. Çalışmada eksik veri bulunmasının modeli etkileyebileceğinden dolayı çalışmaya 36 OECD üye ülkesinin 31 tanesi ve yıl aralığı olarak 2011 - 2016 yılları arasındaki veriler dâhil edilmiştir.

OECD Sağlık verileri Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası, Eurostsat vb. farklı kaynaklardan derlenerek bir bütün haline getirilmektedir. Bu nedenle bazı ülkeler için bazı özelliklerde hiç veri yokken, bazı ülkeler içinde belirli yıllarda eksik veriler bulunabiliyor. Kullanılacak veri setindeki eksik veriler veri önişleme aşamasında geçmiştir.

Veri setleri üzerinde veri madenciliği uygulamaları gerçekleştirebilmek açık kaynak kodlu ve ticari amaçlı birçok araç bulunmaktadır. Bu araçlar sayesinde veri analizi işlemleri hızlı ve güvenli bir şekilde yapılabilmektedir. Bu çalışmada WEKA aracı kullanılarak OECD sağlık verilerinden oluşan veri setindeki özelliklerden hangilerinin İnsani Gelişim Endeksi üzerinde daha fazla etkili olduğu belirlenecektir.

5. UYGULAMA

OECD Sağlık verileri kullanılarak hazırlanan veri setinde aşağıda belirtilen değişkenler ve bu değişkenlere ait ölçü birimleri kullanılmıştır.

Table 3. OECD Sağlık veri setinde yer alan özellikler

Sembol	**Değişken Adı**	**Ölçü Birimi**
Y	İnsani Gelişim Endeksi	-
X_1	Medikal Teknoloji	Cihaz sayısı
X_2	Hastane yatak sayısı	1000 kişi başına düşen
X_3	Hastane sayısı	-
X_4	Doğumda yaşam beklentisi	Yıl
X_5	Bebek ölüm oranı	1000 canlı doğum başına
X_6	Anne ölüm oranı	1000 canlı doğum başına
X_7	Kişi başına düşen milli gelir	Amerikan Doları ($)
X_8	Sağlık Harcaması	Kişi başına düşen milli gelire yüzdesi (%)
X_9	Kişi başına düşen ilaç satışı	Amerikan Doları ($)

Tablo 3'te belirtilen alanlara ait değerler veri önişleme aşamasından geçirilerek kullanıma uygun hale getirildi. Bilgi kazancı yönetimi için modelin çıkış değişkeni IGE değeri olarak belirlendi. Doktor sayısı, hastane yatak sayısı, hastane sayısı, doğumda yaşam beklentisi, bebek ölüm oranı, anne ölüm oranı, kişi başına düşen milli gelir, sağlık harcamaları, kişi başına düşen ilaç satışı ve medikal cihaz sayısı modelin girdi değişkenleridir.

Korelasyon Tabanlı Özellik Seçimi Yöntemi ile OECD Sağlık Verisi Özelliklerinin Sıralaması

Özellik ile seçilen çıktı değişkeninin arasındaki korelasyona yapılan bu sıralama işleminde çıkış değişkeni İnsani Gelişim Endeksi olarak belirlenmiştir. Veri setinde bulunan 9 niteliğin çıkış değişkeni ile arasındaki korelasyon hesaplanarak, bu korelasyon değerine göre sıralama yapıldı.

Tablo 4'de 2011 yılında bu 9 girdi değişkeninin İnsani Gelişim Endeksi'ne etkisinin korelasyon yöntemi ile belirlendiği sonuçlar gösterildi. İnsani gelişimde en büyük etkiyi bebek ölüm oranı özelliği göstermektedir. En az etkiyi ise medikal teknoloji yani sağlık araç-gereçleri göstermektedir.

2012 yılına ait verilerin yer aldığı Tablo 4'da da IGE değeri üzerinde en büyük etkinin bebek ölüm oranının olduğu görülmektedir. Bir önceki yıldan farklı olarak doğumda yaşam beklentisi az bir farkla da olsa kişi başına düşen ilaç satışının önüne geçmiştir. Diğer özelliklerin sıralamadaki yeri değişmedi ve medikal cihazlar 2012 yılında da en az etkiye sahip özellik oldu.

Table 4. Korelasyon tabanlı özellik sıralaması sonuçları

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
SIRA	**Özellik**	**Değer**	**Özellik**	**Değer**	**Özellik**	**Değer**	**Özellik**	**Değer**	**Özellik**	**Değer**	**Özellik**	**Değer**
1	Bebek ölüm oranı	0.8458	Bebek ölüm oranı	0.8461	Bebek ölüm oranı	0.8561	Bebek ölüm oranı	0.8549	Bebek ölüm oranı	0.6888	Bebek ölüm oranı	0.7511
2	Anne ölüm oranı	0.6527	Anne ölüm oranı	0.6651	Anne ölüm oranı	0.6154	Anne ölüm oranı	0.7458	Anne ölüm oranı	0.453	Anne ölüm oranı	0.6701
3	Kişi başına düşen ilaç satışı	0.4632	Doğumda yaşam beklentisi	0.466	Kişi başına düşen ilaç satışı	0.4761	Kişi başına düşen ilaç satışı	0.4954	Doğumda yaşam beklentisi	0.3558	Kişi başına düşen ilaç satışı	0.3677
4	Doğumda yaşam beklentisi	0.4617	Kişi başına düşen ilaç satışı	0.4575	Sağlık Harcaması	0.3872	Sağlık Harcaması	0.4	Kişi başına düşen ilaç satışı	0.3536	Doğumda yaşam beklentisi	0.3586
5	Sağlık Harcaması	0.3719	Sağlık Harcaması	0.383	Doğumda yaşam beklentisi	0.3534	Doğumda yaşam beklentisi	0.3726	Hastane sayısı	0.2971	Hastane sayısı	0.299
6	Kişi başına düşen milli gelir	0.3296	Kişi başına düşen milli gelir	0.3311	Kişi başına düşen milli gelir	0.3313	Kişi başına düşen milli gelir	0.3162	Kişi başına düşen milli gelir	0.2532	Kişi başına düşen milli gelir	0.2557
7	Hastane yatak sayısı	0.3209	Hastane yatak sayısı	0.3115	Hastane yatak sayısı	0.3011	Hastane yatak sayısı	0.2923	Hastane yatak sayısı	0.2467	Hastane yatak sayısı	0.2426
8	Hastane sayısı	0.2249	Hastane sayısı	0.2254	Hastane sayısı	0.2248	Hastane sayısı	0.2245	Sağlık Harcaması	0.2092	Sağlık Harcaması	0.2361
9	Medikal Teknoloji	0.0408	Medikal Teknoloji	0.0344	Medikal Teknoloji	0.0338	Medikal Teknoloji	0.0335	Medikal Teknoloji	0.0309	Medikal Teknoloji	0.0306

2013 yıl verilerinde İnsani Gelişim Endeksi ile güçlü bir korelasyona sahip olan özelliğin yine bebek ölüm oranı olduğu belirlendi. Bir önceki yıla ait veriler ile karşılaştırıldığında anne ölüm oranı ve kişi başına düzen ilaç harcamasının İnsani Yaşam Endeksi üzerinde doğumda yaşam beklentisinden daha etkili olduğu belirlendi. Önceki yıllarda da olduğu gibi en düşük etkiyi medikal teknoloji cihazlarının sayısı göstermektedir. Bir önceki yıla göre büyük bir değişim yaşanmadığı 2014 yılında tüm özelliklerin çıkış değişkeni ile arasındaki ilişki sıralaması sabit kaldı.

2016 yılında da çıkış değişkeni ile 2011'den bu yana en yüksek ilişkiye sahip özellik olan bebek ölüm oranı ilk sıradaki yerini korudu. Medikal teknoloji makineleri 2011 -2016 yılları arasında çıkış değişkeni ile en az ilişkili özellik oldu. Hastane sayısı 2015 yılından önce IGE ile en az ilişkiye sahip olan değişken iken 2015 ve sonrasında diğer değişkenlere oranla çıkış değişkeni ile olan ilişkisi artmıştır.

2011 -2016 arasındaki tüm ilişkiler göz önüne alındığında bebek ölüm oranı, anne ölüm oranı ve kişi başı ilaç satışı İnsani Gelişim Endeksinin üzerinde en fazla etkiye sahip değişkenler olarak belirlendi. Bu yıllar arasında yaşanan medikal teknoloji cihazlarındaki değişim IGE' değeri üzerinde en az etkiye sahip değişken olduğu belirlendi.

Bilgi Kazancı Yöntemi ile OECD Sağlık Verisi Özelliklerinin Sıralaması

2011- 2016 yılları içeren veri setinde, her yıl için 31 tane kayıt bulunmaktadır. Training için tüm veri seti kullanılmıştır. Sonuçlar elde edilen bilgi kazancı değerine göre sıralanmıştır. 2011 yılına ait 31 kayda ait hesaplanan bilgi kazancı sonrasında Tablo 5'teki sonuçlar elde edilmiştir.

2011 yılında Bebek Ölüm Oranı ve Gayrisafi milli hâsıla özelliklerinin İnsani Gelişim Endeksine etkisinin diğer özelliklerden fazla olduğu belirlendi. Her iki özellik de 0.345 kazanç değerine sahip olduğu için her ikisinin de İnsani Gelişim Endeksine etkisi aynıdır.

Tablo 5'te yer alan 2012 yılına ait kişi başına düşen ilaç satışı, bebek ölüm oranı ve gayrisafi milli hâsıla özelliklerinin insani gelişim üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Bir önceki yıla göre kişi başına düşen ilaç satışının IGE üzerindeki etkisinin 2012 yılında arttığı tespit edildi.

2013 yılına ait veriler incelendiğinde 2012 yılına ait verilerle birebir aynı sonuçlar elde edilmiştir. 2013 yılında da kişi başına düşen ilaç satışı, bebek ölüm oranı ve gayrisafi milli hâsıla özellikleri 0.345 bilgi kazancı oranı ile İnsani Gelişim Endeksi üzerinde en etkili olan etmenler olarak gözlemlendi.

Table 5. Bilgi Kazancı Yöntemi ile Özellik Sıralaması

	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Sıra	**Özellik**	**Değer**	**Özellik**	**Değer**	**Özellik**	**Değer**	**Özellik**	**Değer**	**Özellik**	**Değer**	**Özellik**	**Değer**
1	Kişi başına düşen milli gelir	0.345	Kişi başına düşen ilaç satışı	0.345	Kişi başına düşen ilaç satışı	0.345	Kişi başına düşen ilaç satışı	0.345	Kişi başına düşen ilaç satışı	0	Kişi başına düşen ilaç satışı	0
2	Bebek ölüm oranı	0.345	Bebek ölüm oranı	0.345	Bebek ölüm oranı	0.345	Anne ölüm oranı	0.345	Hastane sayısı	0	Hastane sayısı	0
3	Anne ölüm oranı	0	Kişi başına düşen milli gelir	0.345	Kişi başına düşen milli gelir	0.345	Bebek ölüm oranı	0.345	Sağlık Harcaması	0	Sağlık Harcaması	0
4	Hastane yatak sayısı	0	Hastane yatak sayısı	0	Hastane yatak sayısı	0	Doğumda yaşam beklentisi	0	Hastane yatak sayısı	0	Hastane yatak sayısı	0
5	Sağlık Harcaması	0	Sağlık Harcaması	0	Sağlık Harcaması	0	Medikal Teknoloji	0	Bebek ölüm oranı	0	Bebek ölüm oranı	0
6	Hastane sayısı	0	Anne ölüm oranı	0	Anne ölüm oranı	0	Sağlık Harcaması	0	Medikal Teknoloji	0	Medikal Teknoloji	0
7	Doğumda yaşam beklentisi	0	Doğumda yaşam beklentisi	0	Doğumda yaşam beklentisi	0	Hastane yatak sayısı	0	Doğumda yaşam beklentisi	0	Doğumda yaşam beklentisi	0
8	Medikal Teknoloji	0	Medikal Teknoloji	0	Medikal Teknoloji	0	Hastane sayısı	0	Anne ölüm oranı	0	Anne ölüm oranı	0
9	Kişi başına düşen ilaç satışı	0	Hastane sayısı	0	Hastane sayısı	0	Kişi başına düşen milli gelir	0	Kişi başına düşen milli gelir	0	Kişi başına düşen milli gelir	0

2014 yılında önceki yıllara göre bu özelliklerin sıralamasında değişiklik meydana gelmiştir. Tablo 5'da gösterildiği gibi önceki yıllarda etkili olan bebek ölüm hızı ve kişi başına düşen ilaç satışı etkisini devam ettirirken, GSYH yerine anne ölüm oranı ön plana çıkmıştır. Bebek ölüm hızı, kişi başına düşen ilaç satışı ve anne ölüm oranı 0.345 kazanç oranı ile IGE üzerinde eşit etkiye sahiptir.

2015 ve 2016 yıllarında oluşan özellik sıralaması aynı çıkmıştır.

6. SONUÇLAR

Ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirlemek için kullanılan İnsani Gelişim Endeksi (HDI) ölçütü eğitim, sağlık ve gelir olmak üzere üç parametre göz önünde bulundurularak hesaplanır. OECD ülkelerinin IGE değerleri üzerinde etkili olan dokuz faktör; medikal teknoloji, hastane yatak sayısı, hastane sayısı, doğumda yaşam beklentisi, bebek ölüm oranı, anne ölüm oranı, kişi başına düşen milli gelir, sağlık harcaması ve kişi başına düşen ilaç satışı alanlarından oluşmaktadır. Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası, Eurostsat olmak üzere birçok farklı kaynaktan derlenen OECD ülkeleri sağlık verilerinden seçilen bu dokuz faktöre ait değerler OECD sitesinde yayınlanan verilerden alınarak bir veri seti hazırlandı. 36 OECD üye ülkesinin 31 tanesi ve yıl aralığı olarak 2011 - 2016 yılları arasındaki veriler dâhil edilen veri seti üzerinde eğri uydurma ve ortalama değer atama veri önişleme teknikleri uygulanarak eksik veriler tamamlandı. Tamamlanan veri seti özellik seçimi için hazır hale getirildi. Bilgi kazancı tabanlı özellik seçimi yöntemi ve korelasyon tabanlı özellik seçimi yöntemi hazırlanan bu veri setine uygulandı. Her bir yıl için ayrı ayrı hesaplanan bu değerler sonucunda 2011-2016 yılları arasında OECD ülkeleri İnsani Gelişim Endeksine etki eden özelliğin bebek ölüm oranı olduğu belirlendi. Bebek ölüm oranından sonra en etkili olan özellik anne ölüm oranı olarak belirlendi. 2011-2016 yılları arasında korelasyon tabanlı özellik seçimi yöntemi ile incelenen özelliklerden en az etkili olan özelliğin medikal teknoloji olduğu belirlendi.

KAYNAKLAR

[1] United Nations Development Programme. (2010). *Human development report 2010*. Palgrave Macmillan.

[2] Maddison, A. 2010. Historical Statistics of World Economy: 1-2008 AD. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development.

[3] Riley, J.C. 2005. Poverty and life expctancy. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

[4] UNDP. (2016b). Human Development Report, Technical Notes 2016. Human Development for Everyone, Published for the United Nations Development Programme (UNDP). http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2016_technical_notes_0.pdf, E.T : 02.12.2018.

[5] Alijanzadeh, M., Asefzadeh, S., Zare, M., & Ali, S. (2016). Correlation between human development index and infant mortality rate worldwide. *Biotechnology and Health Sciences*, *3*(1).

[6] Bilas, V., Franc, S., & Bošnjak, M. (2014). Determinant factors of life expctancy at birth in the European Union countries. *Collegium antropologicum*, *38*(1), 1-9.

[7] Potter, L. B. (1991). Socioeconomic determinants of white and black males' life expctancy differentials, 1980. *Demography*, *28*(2), 303-321.

[8] Hassan, F. A., Minato, N., Ishida, S., & Nor, N. M. (2016). Social environment determinants of life expctancy in developing countries: a panel data analysis. *Global Journal of Health Science*, *9*(5), 105.

[9] Delavari, S., Zandian, H., Rezaei, S., Moradinazar, M., Delavari, S., Saber, A., & Fallah, R. (2016). life expctancy and its Socioeconomic Determinants in Iran. *Electronic physician*, *8*(10), 3062.

[10] Lin, R. T., Chen, Y. M., Chien, L. C., & Chan, C. C. (2012). Political and social determinants of life expctancy in less developed countries: a longitudinal study. *BMC Public Health*, *12*(1), 85.

[11] Balan, C., & Jaba, E. (2011). Statistical analysis of the determinants of life expctancy in Romania. *Romanian Journal of Regional Science*, *5*(2), 25-38.

[12] Bayın, G. (2016). Doğuşta ve ileri yaşta beklenen yaşam sürelerine etki eden faktörlerin belirlenmesi. *Türkiye Aile Hekimliği Dergisi*, *20*(3), 93-103.

[13] Gilligan, A. M., & Skrepnek, G. H. (2014). Determinants of life expctancy in the Eastern Mediterranean Region. *Health policy and planning*, *30*(5), 624-637.

[14] Folland, S., Goodman, A. C., & Stano, M. (2007). *The economics of health and health care* (Vol. 6). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

[15] Mathers, C. D., Stevens, G. A., Boerma, T., White, R. A., & Tobias, M. I. (2015). Causes of international increases in older age Doğumda yaşam beklentisi. *The Lancet*, *385*(9967), 540-548.

[16] Drineas, P., Mahoney, M. W., Muthukrishnan, S., & Sarlós, T. (2011). Faster least squares approximation. *Numerische mathematik*, *117*(2), 219-249.

[17] Alasadi, S. A., & Bhaya, W. S. (2017). Review of data preprocessing techniques in data mining. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, *12*(16), 4102-4107.

[18] Forman, G. 2003. An Extensive Empirical Study of Feature Selection Metrics for Text Classification, Journal of Machine Learning Research, 3, 1289–1305.

[19] Ladha, L., Deepa, T. 2011. Feature Selection Methods And Algorithms, International Journal on Computer Science and Engineering, 3(5), 1787-1797.

[20] Bhosale, D., & Ade, R. (2014). Feature selection based classification using naive bayes, j48 and support vector machine. *International Journal of Computer Applications*, *99*(16), 14-18.

[21] Ahmed, A. B. E. D., & Elaraby, I. S. (2014). Data mining: A prediction for student's performance using classification method. *World Journal of Computer Application and Technology*, *2*(2), 43-47.

BROKEN ROTOR BAR CLASSIFICATION IN INDUCTION MOTORS BY WAVELET PACKET DECOMPOSITION OF THE STATOR CURRENT

STATOR AKIMININ DALGACIK PAKET AYRIŞIMI İLE ASENKRON MOTORLARDA KIRIK ROTOR ÇUBUĞU SINIFLANDIRMA

Assist. Prof. Dr. Murat BASARAN[1], Assist. Prof. Dr. Mehmet FIDAN[1]

[1]Eskişehir Technical University Vocational School of Transportation, Eskisehir, Turkey

ABSTRACT

As having highly cost-effective pricing, simple sturdy construction and less maintenance need properties made induction motors dominate the industrial processes. Due to harsh operating conditions, induction motors are exposed to many electrical and mechanical faults. The need for preventive maintenance is obvious since the process which is run by induction motors may be critical and unwanted stop of induction motors may lead to great financial and labor losses.

Broken rotor bar fault is one of the important electrical faults in induction motors. Broken rotor bars exhibit themselves in the frequency spectrum of stator current as sidebands located symmetrically around main supply frequency and its multiples.

Wavelet packet decomposition (WPD) is an extension of the discrete wavelet transform which offers multiresolution by consecutive division of the approximations and details of the original signal. By proper selection of the decomposition level and relevant nodes, finer frequency resolution and frequency interval selection is possible.

In this work, three different squirrel cage induction motors: the healthy one, and two faulty motors with three and five broken rotor bars respectively are tested under the same loading conditions. Stator currents of the motors are recorded for 40 seconds with 20 kHz sampling frequency. Signals are decomposed using wavelet packet decomposition of eleventh level and by selecting three nodes around the supply frequency, wavelet packet coefficients are calculated. Four different statistical properties: mean, variance, skewness and kurtosis of these coefficients are selected as features to represent motor fault types.

Obtained feature vectors are tested with different classifiers such as linear discriminant, quadratic discriminant, support vector machine, and k-nearest neighbor classifiers and promising classification accuracies are obtained. Therefore, stator current monitoring with WPD is a strong technique to detect incipient type of broken rotor bar faults before faults deteriorate.

Keywords: broken rotor bars, fault classification, feature extraction, induction motors, wavelet packet decomposition

ÖZET

Düşük maliyet, basit ve sağlam konstrüksiyon ve daha az bakım ihtiyacı gibi özellikleri asenkron motorların endüstriyel süreçleri domine etmesinde büyük rol oynamaktadır. Zorlu çalışma koşulları nedeniyle, asenkron motorlar birçok elektriksel ve mekanik arızaya maruz kalmaktadır. Asenkron motorlar tarafından yürütülen işlem kritik olabileceğinden ve asenkron motorların istenmeyen durması büyük mali ve işgücü kayıplarına yol açabileceğinden önleyici bakım ihtiyacı açıktır.

Kırık rotor çubuğu arızası, asenkron motorlardaki önemli elektrik arızalarından biridir. Kırık rotor çubukları, ana besleme frekansı ve katları etrafında simetrik olarak yerleştirilmiş yan bantlar olarak stator akımının frekans spektrumunda kendilerini gösterir.

Dalgacık paket ayrışımı (WPD), orijinal sinyalin yaklaşık ve detay sinyallerinin ardışık bölünmesi ile çoklu çözünme sağlayan ayrık dalgacık dönüşümünün bir uzantısıdır. Ayrışma seviyesinin ve ilgili düğümlerin uygun şekilde seçilmesiyle daha hassas frekans çözünürlüğü ve frekans aralığı seçimi mümkündür.

Bu çalışmada biri sağlıklı diğerleri üç ve beş kırık rotor çubuğuna sahip iki hatalı motor olmak üzere toplam üç farklı sincap kafesli asenkron motor aynı yükleme koşulları altında test edilmiştir. Motorların stator akımları, 20 kHz örnekleme frekansı ile 40 saniye süreyle kaydedilmiştir. Sinyaller on birinci seviye dalgacık paket ayrışması kullanılarak ayrıştırılmış ve besleme frekansı etrafındaki üç düğüm noktası seçilerek dalgacık paket katsayıları hesaplanmıştır. Bu katsayıların dört farklı istatistiksel özellikleri: ortalama, varyans, çarpıklık ve basıklık, motor arıza tiplerini sınıflandırmada kullanılacak olan öznitelikler olarak seçilmiştir.

Elde edilen öznitelik vektörleri, lineer diskriminant, kuadratik diskriminant, destek vektör makineleri ve en yakın k komşu sınıflandırıcılar gibi farklı sınıflandırıcılar ile test edilmiş ve oldukça iyi sınıflandırma başarısı elde edilmiştir. Bu nedenle, WPD ile stator akımı izleme, arızalar ilerlemeden önce başlangıç düzeyinde kırık rotor çubuğu arızalarını tespit etmek için güçlü bir tekniktir.

Anahtar Kelimeler: arıza sınıflandırma, asenkron motorlar, dalgacık paket ayrışımı, kırık rotor çubuğu, öznitelik çıkarma

1. INTRODUCTION

Induction motors are the most widely used, simple and durable construction, cheap cost and they require less maintenance need when compared to other electric motors. Induction motors have been produced in various power ratings and have a large share in the realization of a wide variety of industrial processes. Induction motors bear the burden of the industry but due to the harsh operating conditions, they are exposed to many electrical and mechanical faults (Pires, Kadivonga, Martins, & Pires, 2013). Therefore, the need for preventive maintenance is

obvious since the process which is run by induction motors may be critical and unwanted stop of induction motors may lead to other problems like financial and labor losses (Kumar, Ray, & Kumar, 2009).

Broken rotor bar fault is one of the important electrical faults in induction motors and stands for about 5-10 % among all fault types (Ayhan, Chow, & Song, 2006). Broken rotor bars exhibit themselves in the frequency spectrum of stator current as sidebands located symmetrically around main supply frequency and its multiples (Siddiqui & Giri, 2012). The location of the sideband frequencies caused by broken rotor bars can be defined by equation 1 where f_e is the frequency of the main supply, k is the integer numbers and s is the slip of the motor which is a varying parameter due to the loading condition of the motor.

$$f_{brb} = f_e(1 \pm ks) \tag{1}$$

Broken rotor bar faults lead to a change in the air gap space harmonics distribution and abnormality exhibits itself in the spectrum of stator current. Therefore, monitoring of stator current is a powerful technique to detect and classify rotor bar related induction motor faults (Benbouzid, Nejjari, Beguenane, & Vieira, 1999).

2. WAVELET PACKET DECOMPOSITION

In analysis of the frequency spectrum of stator current, wavelet packet decomposition (WPD) technique provides finer frequency resolution for localization of the sidebands related to broken rotor faults. Time localization ability and multiresolution analysis properties make WPD superior for the fault detection and diagnosis using stator current (Arehpanahi, Sadeghi, Milimonfared, & Roknabadi, 2005). Applying the wavelet transform to the original current signal divides the signal into two parts, high frequency and low frequency part which are called the approximation and the detail respectively. Unlike multiresolution analysis where only low frequency parts are decomposed iteratively, in WPD, both the approximation and detail spaces are decomposed further until the desired frequency resolution is reached (Akansu, Haddad, Haddad, & Haddad, 2001). The WPD coefficients of different harmonic components distribute at different nodes of the spectrum of the WPD which serves frequency localization. The feature coefficient for the k^{th} node at j^{th} depth can be defined in terms of WPD coefficients as in equation 2 where N is the number of WPD coefficients used for the calculation of the features at j^{th} depth and k^{th} node (Sadeghian, Ye, & Wu, 2009).

$$W(j,k) = \sqrt{\sum_{n=1,2,\ldots N} x_{j,k}^2\left(\frac{n}{N}\right)} \tag{2}$$

In this work, in order to focus on the main frequency, 50 Hz, 11th level of WPD is applied and the coefficients at three nodes around 50 Hz are used for feature extraction.

3. EXPERIMENTAL SETUP

In this work, three identical induction motors are used for testing. These motors are three phase, 2.2-kW, 380-V, 50-Hz, 2-pole squirrel cage induction motors. One of these three motors is left healthy as being a reference and broken rotor bar faults are created synthetically on remaining two by drilling 3 and 5 holes on rotor bars respectively as seen in Figure 1. For testing the motors under different loading conditions, an adjustable resistive load bank is used as load. For testing the effect of the stator current level on classification, the resistor values on adjustable load bank is adjusted such that the motors are driven at 5, 4.7 and 4.1 Amperes of stators currents respectively under these three different loading conditions. These levels are chosen to represent the conditions that motors are run with a current level slightly higher than the rated, a current level very close to rated and a current level which is below rated respectively. By using a data acquisition card, stator current for healthy and faulty motors are recorded at 20kHz sampling frequency for 40 seconds and the data acquisition procedure is repeated twice for obtaining two trials for each motor and loading condition.

Figure 1. *Broken rotor bars.*

4. FEATURE EXTRACTION

The digitized stator current signal recorded under different loading conditions for three test motors are used for feature extraction. Data parts of length 100,000 samples are extracted from the two trials by using a sliding window of size 10,000 samples. By using this partitioning, 70 data parts extracted from each experiment recording. After applying 11th level of WPD to these data parts, four statistical properties of WPD coefficients of three nodes are used to build up feature vectors. These four fundamental statistical signature identifiers are calculated resulting 12 element feature vectors. The signature identifiers are mean, standard deviation, skewness, and kurtosis of each of the WPD coefficients of the three nodes around 50 Hz frequency. Hence, from each acquired data part, 70 feature vectors with 12 elements were obtained. These four signature identifiers, mean, standard deviation, skewness, and kurtosis denoted as *F1*, *F2*, *F3* and *F4* respectively, can be mathematically in equations 3-

6 where N is the number of WPD coefficients in each node, μx is the mean, σx is the standard deviation of the coefficients of each node, respectively. If x_i is the i^{th} coefficient, skewness *(F3)* and kurtosis *(F4)* elements are calculated for each node as given below.

$$F1 = \mu_x = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i \tag{3}$$

$$F2 = \sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu_x)^2} \tag{4}$$

$$F3 = \frac{\left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu_x)^3\right]}{\sigma_x^{\,3}} \tag{5}$$

$$F4 = \frac{\left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu_x)^4\right]}{\sigma_x^{\,4}} \tag{6}$$

Considering three different loading conditions and two trials for each experiment, totally 420 feature vectors are obtained from each class. These there classes are: motor with three broken rotor bars (rot3), motor with five broken rotor bars (rot5) and healthy motor.

5. RESULTS

Obtained feature vectors are tested with four different classifiers such as linear discriminant classifier, quadratic discriminant classifier, linear support vector machine classifier, and k-nearest neighbor classifier. The classifier performances are given in Table 1.

Table 1. Classifier performance

Classifier	Classification accuracy
linear discriminant classifier	70.1%
quadratic discriminant classifier	98.8%
linear support vector machine classifier	86.9%
k-nearest neighbor classifier	99.9%

The k-nearest neighbor classifier showed the best classification accuracy while linear discriminant classifier has the lowest correct classification rate. In order to see the misclassified feature vectors, inspecting the confusion matrices of the selected classifiers is essential. Confusion matrices of the selected classifiers are given in Tables 2-5.

Table 2. Confusion matrix for linear discriminant classifier

		predicted class		
		rot3	rot5	healthy
true class	rot3	354	66	0
	rot5	115	216	89
	healthy	40	67	313

Table 3. Confusion matrix for quadratic discriminant classifier

		predicted class		
		rot3	rot5	healthy
true class	rot3	415	3	2
	rot5	0	418	2
	healthy	0	8	412

Table 4. Confusion matrix for linear support vector machine classifier

		predicted class		
		rot3	rot5	healthy
true class	rot3	400	20	0
	rot5	100	313	7
	healthy	1	38	381

Table 5. Confusion matrix for k-nearest neighbor classifier

		predicted class		
		rot3	rot5	healthy
true class	rot3	420	0	0
	rot5	1	419	0
	healthy	0	0	420

6. CONCLUSION

In this work, broken rotor bar classification in induction motors by wavelet packet decomposition of the stator current is accomplished using four different classifiers and k-nearest neighbor classifier showed the best classification accuracy. Significantly successful classification accuracies are obtained for all selected classifiers even the features obtained from different loading conditions are lumped together in feature vector set. As future work, new parameters may be added to feature vector focusing the frequency components around main supply frequency.

REFERENCES

Akansu, A. N., Haddad, P. A., Haddad, R. A., & Haddad, P. R. (2001). *Multiresolution signal decomposition: transforms, subbands, and wavelets*: Academic press.

Arehpanahi, M., Sadeghi, S., Milimonfared, J., & Roknabadi, H. A. (2005). *Broken rotor bar detection in induction motor via stator current derivative.* Paper presented at the 2005 International Conference on Electrical Machines and Systems.

Ayhan, B., Chow, M.-Y., & Song, M.-H. (2006). Multiple discriminant analysis and neural-network-based monolith and partition fault-detection schemes for broken rotor bar in induction motors. *IEEE Transactions on Industrial Electronics, 53*(4), 1298-1308.

Benbouzid, M., Nejjari, H., Beguenane, R., & Vieira, M. (1999). Induction motor asymmetrical faults detection using advanced signal processing techniques. *IEEE Transactions on Energy Conversion, 14*(2), 147-152.

Kumar, R. S., Ray, K., & Kumar, K. V. (2009). *Fault diagnosis of industrial drives using MCSA techniques.* Paper presented at the 2009 International Conference on Control, Automation, Communication and Energy Conservation.

Pires, V. F., Kadivonga, M., Martins, J., & Pires, A. (2013). Motor square current signature analysis for induction motor rotor diagnosis. *Measurement, 46*(2), 942-948.

Sadeghian, A., Ye, Z., & Wu, B. (2009). Online detection of broken rotor bars in induction motors by wavelet packet decomposition and artificial neural networks. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 58*(7), 2253-2263.

Siddiqui, K. M., & Giri, V. (2012). *Broken rotor bar fault detection in induction motors using wavelet transform.* Paper presented at the 2012 International Conference on Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET).

AN HOURLY WIND ACCELERATION PREDICTION METHOD BASED ON BACK-PROPAGATION NEURAL NETWORK

GERİ YAYILIMLI SİNİR AĞLARI TABANLI BİR SAATLİK RÜZGAR İVME TAHMİNİ YÖNTEMİ

Asst. Prof. Dr. Mehmet FİDAN

Eskisehir Technical University, Vocational School of Transportation, Eskisehir

Asst. Prof. Dr. Murat BAŞARAN

Eskisehir Technical University, Vocational School of Transportation, Eskisehir

ABSTRACT

The derivative of the wind speed which depends on unit time is a crucial information about the variation in wind speed. This derivative of the wind speed corresponds to wind acceleration. The history data for the wind acceleration can be a good training set for an artificial neural-network which predicts the future wind acceleration. This neural network can also be used to predict wind speed indirectly. In the back propagation neural network (BPNN), a new training vector is applied to the network, while the weights of the connections between the network's neurons are updated. Therefore, the trained BPNN will give the optimum solution for all possible scenarios. In this study, 4 yearlong hourly wind speed prediction data are used, which are taken for the cities Kayseri and Izmir. Firstly, the wind acceleration data are computed from wind speed data. In the second step, different lengths are tried for the buffer where the past will be taken to predict the future wind acceleration sample from the data history. The history samples taken to the buffer construct the input vector of the neural network and exact value of the wind acceleration sample to be predicted is used as target of the neural network. The data which belong to first three years are used to train the neural network. Data for the fourth year are used to test the trained neural network. The network has a simple structure with one input layer, one hidden layer and one output layer. The number of neurons in the input layer is equal to the length of the buffer. The number of neurons in hidden layer is changing from 2 to two times of the length of the buffer. The output layer has a single neuron, whose output is placed a proportional level between minimum and maximum wind acceleration. Finally, the output of the neural network is used to predict to unknown sample of the wind speed. The performance of the different structures for the BPNN are compared and the optimum structure is presented. BPNN is also trained and test with wind speed data instead of wind acceleration for comparison of the success of the methods which uses acceleration and which uses wind speeds. Because of the more repeated patterns in the wind acceleration history data than the wind speed data, the optimum BPNN with wind acceleration data shows the best prediction performance.

Keywords: wind speed, wind acceleration, prediction, back-propagation, neural network

ÖZET

Rüzgâr hızının birim zamana bağlı türevi, rüzgâr hızındaki değişime ilişkin önemli bir bilgidir. Rüzgâr hızının bu türevi rüzgâr ivmesine denk gelmektedir. Rüzgâr ivmesinin geçmiş verileri, gelecekteki rüzgâr ivmesini tahmin edecek yapay bir sinir ağı için iyi bir eğitim seti olabilir. Bu yapay sinir ağı dolaylı yoldan rüzgâr hızının tahmininde de kullanılabilir. Geri yayılımlı sinir ağında (GYSN), ağa yeni bir eğitim vektörü uygulanırken, ağın nöronları arasındaki bağlantıların ağırlıkları güncellenir. Bu nedenle, eğitimli GYSN olası tüm senaryolar için en uygun çözümü sağlayacaktır. Bu çalışmada Kayseri ve İzmir illeri için alınan 4 yıllık saatlik rüzgâr hızı tahmin verileri kullanılmıştır. İlk olarak rüzgâr ivme verileri rüzgâr hızı verilerinden hesaplanır. İkinci adımda gelecekteki rüzgâr ivmesi örneğinin veri geçmişinden öngörülmesi için geçmişin alınacağı tampon için farklı uzunluklar denenir. Tampona alınan geçmiş örnekleri sinir ağının giriş vektörünü oluştururken ve tahmin edilecek rüzgâr ivme örneğinin kesin değeri, sinir ağının hedefi olarak kullanılır. İlk üç yıla ait veriler sinir ağını eğitmek için kullanılır. Dördüncü yıla ait veriler eğitilmiş sinir ağını test etmek için kullanılır. Ağ, bir giriş katmanı, bir gizli katman ve bir çıkış katmanı içeren basit bir yapıya sahiptir. Giriş katmanındaki nöronların sayısı tamponun uzunluğuna eşittir. Gizli katmandaki nöron sayısı, tampon uzunluğunun 2 ila iki katı arasında değişmektedir. Çıkış katmanı, çıkış değeri minimum ve maksimum rüzgâr ivmesi arasında orantılı bir seviyeye yerleştirilen tek bir nörona sahiptir. Son olarak, sinir ağının çıkışı, bilinmeyen rüzgâr hızı örneğini tahmin için kullanılır. GYSN için farklı yapıların performansı karşılaştırılır ve optimum yapı sunulur. GYSN ayrıca, ivme kullanan ve rüzgâr hızlarını kullanan yöntemlerin başarısının karşılaştırılması için rüzgâr ivmesi yerine rüzgâr hızı verileri ile eğitilir ve test edilir. Rüzgâr hızlanma geçmişi verilerinde rüzgâr hızı verilerinden daha fazla yinelenen kalıplar nedeniyle, rüzgâr hızlandırma verilerine sahip optimum GYSN en iyi tahmin performansını gösterir.

Anahtar Kelimeler: rüzgâr hızı, rüzgâr ivmesi, tahmin, geri yayılım, sinir ağları

INTRODUCTION

Wind speed estimation is vital both for modeling wind energy that can be obtained from a region and for intelligent control of wind turbines with optimum energy to the system and with minimal failure. There are some difficulties that researchers may encounter due to wind behavior in wind speed prediction. The first of these difficulties is that the wind is affected by many atmospheric variables such as pressure change, temperature and humidity. This dependence on atmospheric variables gave the wind a chaotic behavior. Due to this chaotic structure, it can easily move away from the point of determination due to any change in the factors affecting itself. This chaotic structure also brought a high entropy to the wind.

When past studies are examined, it is noteworthy that wavelet theory is used for short-term wind prediction [1, 2]. In addition, the Markov chain model is one of the popular methods used for wind prediction [3-5]. Hidden Markov model is another method used for wind

prediction [6]. The support vector machine was used in estimating many data as well as in wind speed estimation [7]. Linear estimation is one of the most basic methods for short-term wind speed estimation [8]. Kalman filter is another basic method that can be used for wind prediction [9]. The 2-D FIR filter is one of the two-dimensional approaches developed for wind speed prediction [10]. Artificial neural networks have been used in past studies for direct wind speed estimation [11]. In addition, the neuro-fuzzy approach was also used for wind speed prediction [12]. Finally, RBF was used in neural network wind speed estimation [13].

It was not thought that wind acceleration could be analyzed in all these studies. Whereas wind speed can vary greatly, making it difficult to predict, when wind acceleration is examined, it is observed that it stays in a certain band range and contains a lot of repetition information according to wind speed. Based on this advantage, the wind acceleration information was obtained from the 4-year hourly wind speed data of Kayseri and Izmir between 2003-2006. The frequency of wind speed and wind acceleration data obtained were analyzed separately and it was tried to determine what kind of information the acceleration data contains, and it was tried to determine how much of the wind history data should be added to the buffer for the prediction of the sample.

In the study, the BPNN structure consisting of input, hidden and output layers was used for wind acceleration estimation. The chosen artificial neural network structures are described in the Back-Propagation Neural Network Section. Selected artificial neural network structures are used for both wind acceleration and wind speed estimation. By adding wind acceleration estimates to the previous wind velocity value, indirect wind velocity estimation was obtained by using wind acceleration. Indirect and direct wind speed estimates are presented in the Comparative results section and the advantage of indirect wind speed prediction from wind acceleration has been demonstrated.

DEFINITION OF WIND ACCELERATION

Wind acceleration is a time dependent derivative of wind speed. Wind acceleration in the continuous-time is expressed by Equation (1).

$$A(t) = \frac{dW(t)}{dt} \tag{1}$$

It is expressed as in Equation (2) in the discrete-time.

$$A(n) = \frac{W(n)-W(n-1)}{T_s} \tag{2}$$

If the sampling period is taken as 1 hour, Equation (2) is expressed as Equation (3) in m/s^2.

$$A(h) = \frac{W(h)-W(h-1)}{3600} \tag{3}$$

Using this obtained acceleration information, wind speed information is obtained as in Equation (4).

$$W(h)=W(h-1)+A(h)\cdot 3600 \quad (4)$$

STATISTICAL, TIME AND FREQUENCY CHARACTERISTICS OF WIND SPEED AND PREDICTION DATA

In the study, the first 3 years (2003-2005) of both Izmir and Kayseri data were used for education and 2006 data were used for testing purposes, and acceleration data was obtained from each data using Equation (3). Relevant wind speed and acceleration data for Izmir are presented in Figure-1 and Kayseri in Figure-2.

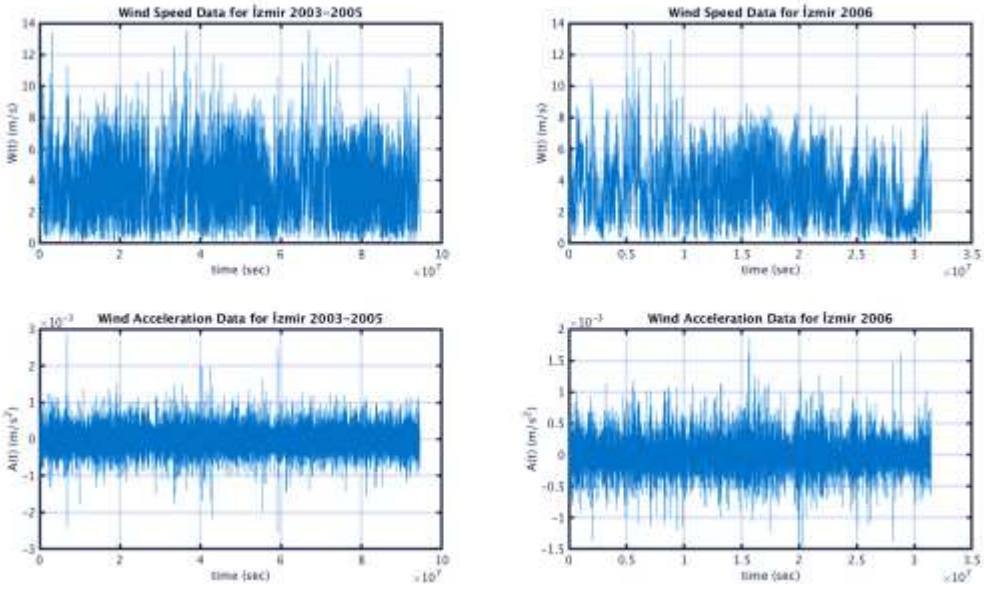


Figure 1. *Wind Speed and Acceleration Data of Izmir.*

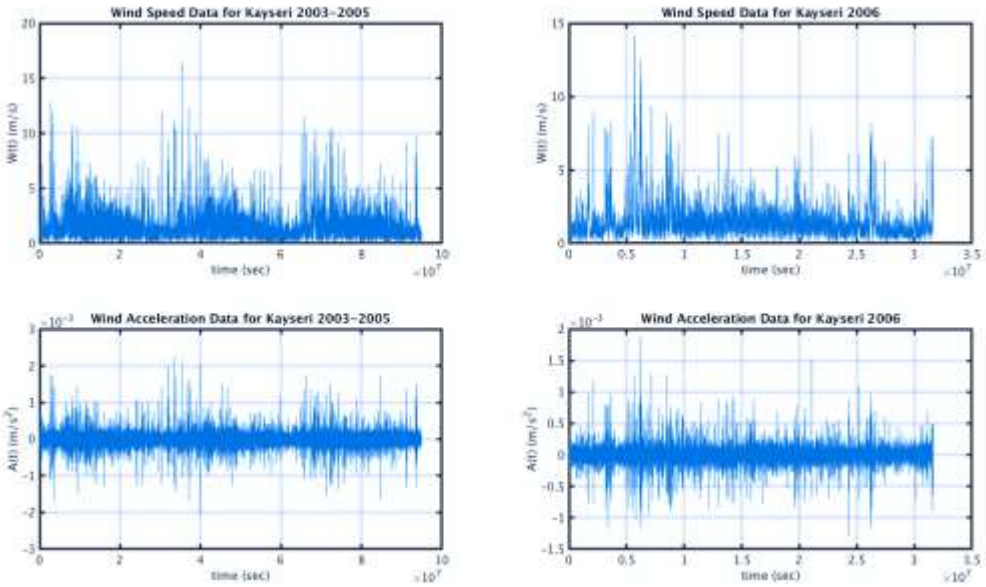


Figure 2. *Wind Speed and Acceleration Data of Kayseri.*

The statistical characteristics of these wind speed data are presented in Table-1 and wind acceleration data in Table-2 detailly.

Table 1. Statistical Characteristics of Wind Speed Data

	Wind Speed Data					
	μ (m/s)	min (m/s)	max (m/s)	σ (m/s)	$\frac{100 \cdot \sigma}{max - min}$ (%)	entropy (256-bin)
İzmir(2003-2005) Training Data	3.6592	0	13.6000	2.0892	15.3619	6.2626
İzmir(2006) Test Data	3.4119	0	13.6000	2.0107	14.7844	6.1933
Kayseri(2003-2005) Training Data	1.5936	0	16.4000	1.3180	8.0368	5.1493
Kayseri(2006) Test Data	1.4940	0	14.2000	1.2883	9.0728	4.9979

Table 2. Statistical Characteristics of Wind Acceleration Data

	Wind Acceleration Data					
	μ (m/s)	min (m/s)	max (m/s)	σ (m/s)	$\frac{100 \cdot \sigma}{max - min}$ (%)	entropy (256-bin)
İzmir(2003-2005) Training Data	0	-0.0026	0.0029	$3.0425 \cdot 10^{-4}$	5.6168	5.4507
İzmir(2006) Test Data	0	-0.0014	0.0019	$2.9503 \cdot 10^{-4}$	8.9253	5.4131
Kayseri(2003-2005) Training Data	0	-0.0021	0.0023	$1.9730 \cdot 10^{-4}$	4.5823	4.6453
Kayseri(2006) Test Data	0	-0.0013	0.0019	$1.8030 \cdot 10^{-4}$	5.6936	4.5253

In addition, the frequency analysis of the data was presented as shown in Figure-3 for Izmir and Figure-4 for Kayseri using Fast Fourier Transform and important harmonics were revealed.

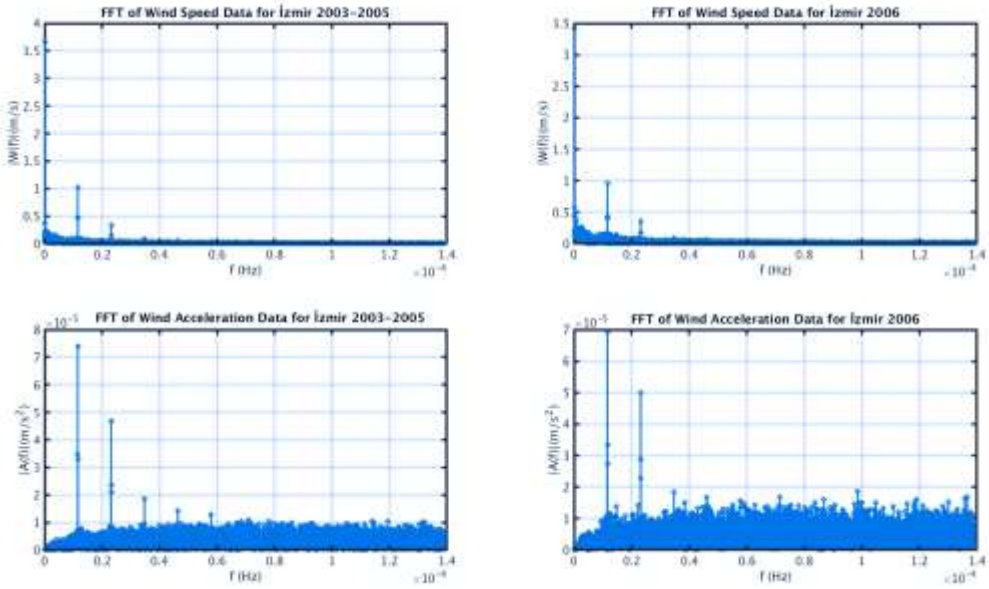


Figure 3. *FFT of Wind Speed and Acceleration Data of Izmir.*

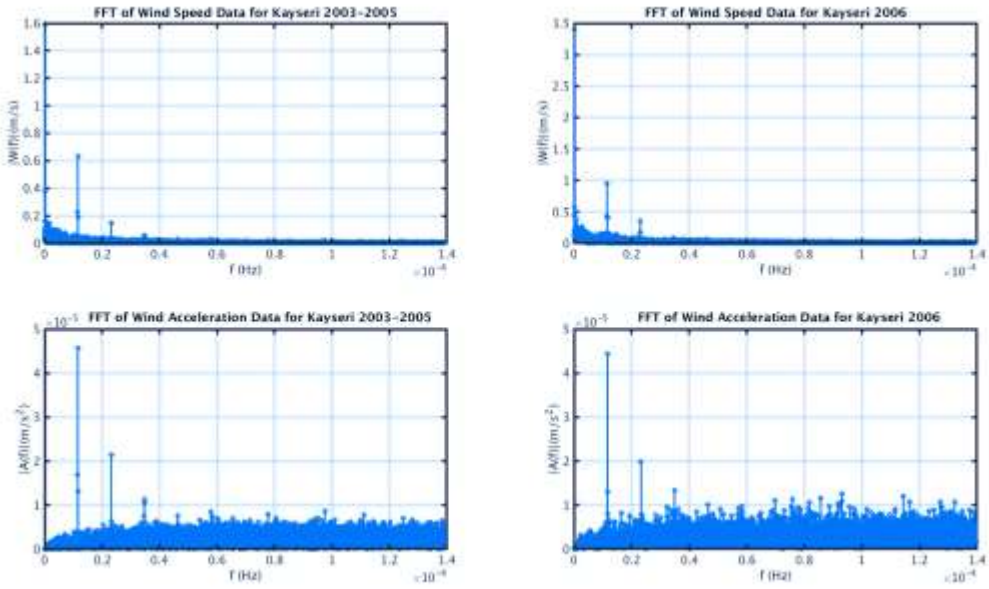


Figure 4. *FFT of Wind Speed and Acceleration Data of Kayseri.*

As seen in the figures, strongest harmonics of the wind speed and prediction data were observed at the frequencies 11.57μHz, 23.14μHz, 34.72μHz and 46.30μHz, which correspond to the periods 24 Hours, 12 Hours, 8 Hours and 6 Hours respectively. The FFT coefficients of these harmonics were presented in Table-3 for speed data and Table-4 for acceleration data.

Table 3. Frequency Characteristics of Wind Speed Data

		Wind Speed Data				
Frequency of Harmonic		**0 Hz**	**11.57μHz**	**23.14μHz**	**34.72 μHz**	**46.30μHz**
Period of Harmonic		**DC**	**24 Hours**	**12 Hours**	**8 Hours**	**6 Hours**
Absolute FFT Coefficient for the Harmonic	**İzmir(2003-2005) Training Data**	3.6592	1.0210	0.3306	0.08806	0.05354
	İzmir(2006) Test Data	3.4119	0.9575	0.3528	0.08079	0.06646
	Kayseri(2003-2005) Training Data	1.5936	0.6325	0.1499	0.05657	0.02919
	Kayseri(2006) Test Data	1.4940	0.9522	0.3509	0.08035	0.06610

Table 4. Frequency Characteristics of Wind Acceleration Data

		Wind Acceleration Data				
Frequency of Harmonic		**0 Hz**	**11.57µHz**	**23.14µHz**	**34.72 µHz**	**46.30µHz**
Period of Harmonic		**DC**	**24 Hours**	**12 Hours**	**8 Hours**	**6 Hours**
Absolute FFT Coefficient for the Harmonic	**İzmir(2003-2005) Training Data**	0	$7.403 \cdot 10^{-5}$	$4.685 \cdot 10^{-5}$	$1.863 \cdot 10^{-5}$	$1.419 \cdot 10^{-5}$
	İzmir(2006) Test Data	0	$6.939 \cdot 10^{-5}$	$4.988 \cdot 10^{-5}$	$1.841 \cdot 10^{-5}$	$1.669 \cdot 10^{-5}$
	Kayseri(2003-2005) Training Data	0	$4.571 \cdot 10^{-5}$	$2.147 \cdot 10^{-5}$	$1.134 \cdot 10^{-5}$	$7.554 \cdot 10^{-6}$
	Kayseri(2006) Test Data	0	$4.434 \cdot 10^{-5}$	$1.991 \cdot 10^{-5}$	$1.332 \cdot 10^{-5}$	$1.009 \cdot 10^{-5}$

BACK-PROPOGATION NEURAL NETWORK

The basic structure of a neural network is a perceptron, whose inputs are multiplied with the weights. The summation of these weighted inputs is taken as an input of an activation function and the result of this activation function gives the output of the perceptron. The structure of perceptron can be represented as in Figure-5.

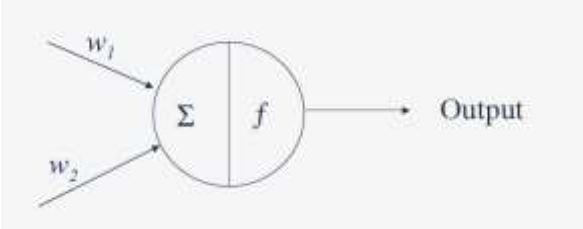


Figure 5. *Structure of a Single Perceptron*

In this paper, the activation function is taken as same for all perceptron of the BPNN, which is Tangent Sigmoid Function represented as in Equation (5).

$$f(x) = \frac{e^{x} - e^{-x}}{e^{x} + e^{-x}} \tag{5}$$

A back-propagation neural network is a multilayered neural-network, whose weights are updated according to the prediction error after each training sequence as seen in Figure-6.

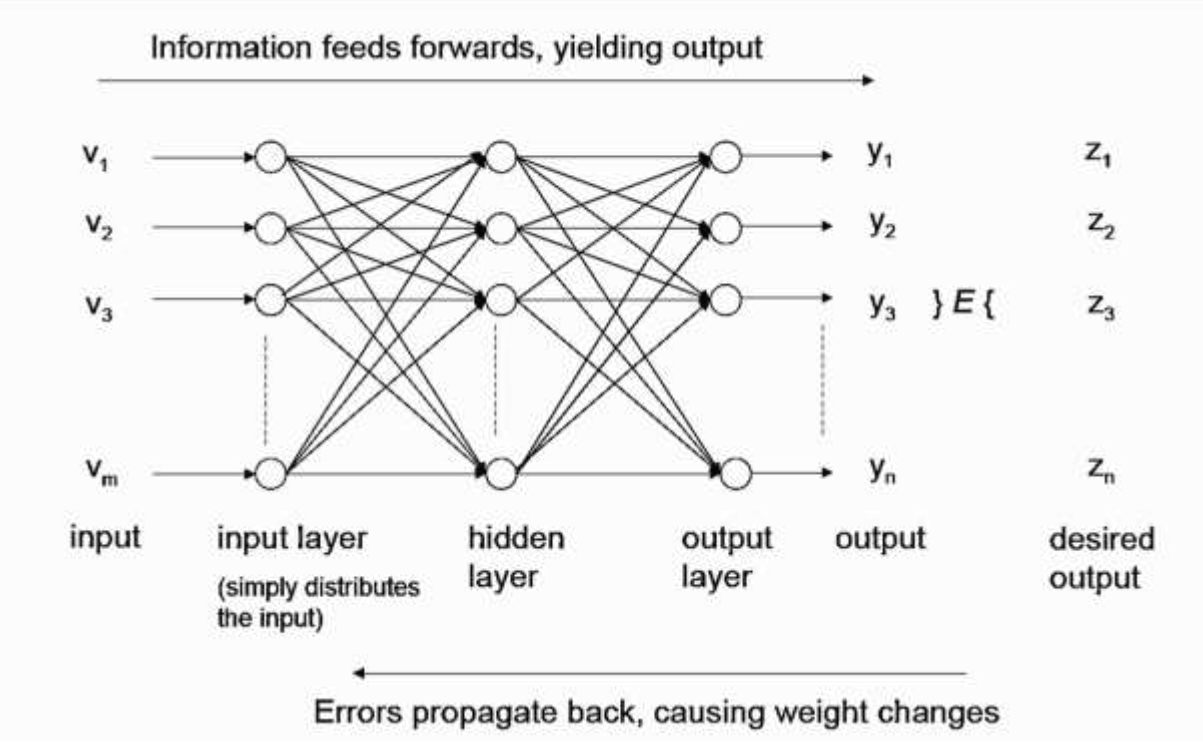


Figure 6. *General Structure of a Back-Propagation Neural Network*

The simple BPNN has one input layer, one hidden layer and one output layer. The number of neurons in each layer can be different from each other. In this study the number of neurons in input layer are equal to the length of the buffer, which is taken as 6, 8, 12 and 24 according to findings of the frequency analysis of the data. The number of neurons in output layer is 1. The number of neurons in hidden layer are given in Table-5 for 12 chosen versions of BPNN.

Table 5. Chosen 12 BPNN Structures

	Number of Neurons		
	Input Layer	Hidden Layer	Output Layer
BPNN-1	6	2	1
BPNN-2	8	2	1
BPNN-3	12	2	1
BPNN-4	24	2	1
BPNN-5	6	6	1
BPNN-6	8	8	1
BPNN-7	12	12	1
BPNN-8	24	24	1
BPNN-9	6	12	1
BPNN-10	8	16	1

BPNN-11	12	24	1
BPNN-12	24	48	1

Predictions of BPNN

The prediction of trained BPNN by wind speed data can be represented by Equation (6).

$$\widehat{W}_1(h)=BPNNi_{Trained}\big(W(h-L:h-1)\big) \quad (6)$$

The prediction of trained BPNN by wind acceleration data can be represented by Equation (7).

$$\hat{A}(h)=BPNNi_{Trained}\big(A(h-L:h-1)\big) \quad (7)$$

The indirect wind speed prediction by using wind acceleration prediction in Equation (7) can be represented by Equation (8).

$$\widehat{W}_2(h)=W(h-1)+3600\cdot \hat{A}(h) \quad (8)$$

In both Equations (6), (7) and (8), L refers buffer size for the history data that are used to predict the future sample.

COMPARATIVE RESULTS

The performance of the chosen BPNNs are presented by showing how close the statistics of their predictions are to the statistics of exact data. The compared statistics are mean, standard deviation and ration of the standard deviation to the difference of the maximum and the minimum. The obtained values for these statistics are given in Table-6, Table-8 and Table-9 respectively.

Table 6. Mean of the Prediction Data

	İzmir			Kayseri		
	$\mu(\widehat{W}_1)$	$\mu(A)$	$\mu(\widehat{W}_2)$	$\mu(\widehat{W}_1)$	$\mu(A)$	$\mu(\widehat{W}_2)$
BPNN-1	3.4576	0	3.41541467	1.5096	0	1.5445
BPNN-2	3.4503	0	3.40180835	1.5248	0	1.4797
BPNN-3	3.4536	0	3.36564061	1.5143	0	1.4987
BPNN-4	3.4312	0	3.43689576	1.5121	0	1.4907
BPNN-5	3.4539	0	3.39461518	1.4843	0	1.5262
BPNN-6	3.4397	0	3.48257195	1.5031	0	1.5035
BPNN-7	3.4370	0	3.39351372	1.5320	0	1.4729
BPNN-8	3.4505	0	3.39958219	1.5782	0	1.5041
BPNN-9	3.4483	0	3.41288651	1.5211	0	1.4983
BPNN-10	3.4749	0	3.40027875	1.5611	0	1.4706
BPNN-11	3.4754	0	3.39859712	1.5025	0	1.5000
BPNN-12	3.4491	0	3.38663084	1.4906	0	1.5170
Exact Measurement	3.4119	0	3.4119	1.4940	0	1.4940

Table 7. Standard Deviation of the Prediction Data

	İzmir			Kayseri		
	std$(\widehat{W}_1)$	std(A)	std$(\widehat{W}_2)$	std$(\widehat{W}_1)$	std(A)	std$(\widehat{W}_2)$
BPNN-1	1.73822869	4.74945E-05	1.99498219	1.10082286	2.73164E-05	1.26583197
BPNN-2	1.71948875	5.36486E-05	2.00590019	1.10704698	5.76687E-05	1.35688772
BPNN-3	1.72618541	5.97056E-05	1.9765073	1.11297078	3.49492E-05	1.2737593
BPNN-4	1.74314076	5.14758E-05	2.03128377	1.10653816	1.41937E-05	1.28599595
BPNN-5	1.7159683	0.000158185	1.90180102	1.11175506	2.76288E-05	1.23317706
BPNN-6	1.72821771	5.35008E-05	1.91075493	1.09941026	9.33842E-05	1.38582151
BPNN-7	1.7288411	5.05503E-05	1.89845087	1.11878445	3.71018E-05	1.20950187
BPNN-8	1.75251919	9.47788E-05	1.8286164	1.08005149	6.53218E-05	1.20668601
BPNN-9	1.73069723	3.5062E-05	1.94370335	1.10708539	4.02243E-05	1.19973105
BPNN-10	1.72946564	4.48718E-05	1.91443587	1.08454587	4.63213E-05	1.21180935
BPNN-11	1.71569844	7.50809E-05	1.86178983	1.09847613	6.02293E-05	1.23012981
BPNN-12	1.73997039	0.000102043	1.81349841	1.14653879	6.7779E-05	1.16976761
Exact Measurement	2.0107	2.9503E-04	2.0107	1.2883	1.8030E-04	1.2883

Table 8. Ratio of Standard Deviation of the Prediction Data

	İzmir			Kayseri		
	stdratio $(\widehat{W}_1)$	stdratio (A)	stdratio $(\widehat{W}_2)$	stdratio $(\widehat{W}_1)$	stdratio (A)	stdratio $(\widehat{W}_2)$
BPNN-1	14.3816	5.1243	15.0197	9.3457	5.3455	8.8266
BPNN-2	15.4257	9.4825	15.2482	9.3382	5.7699	8.8131
BPNN-3	15.8535	8.4115	14.5822	9.3452	3.9195	8.8428
BPNN-4	14.7896	8.4714	14.8856	8.8021	5.8462	9.1018
BPNN-5	15.8183	7.0492	14.3176	10.0349	4.4244	9.04091
BPNN-6	15.7843	5.7089	15.1158	8.8869	4.8315	8.4230
BPNN-7	15.0051	9.1476	15.1322	8.4825	5.1542	8.8327
BPNN-8	14.0615	12.2191	15.0759	7.1885	4.1894	8.4673
BPNN-9	15.4462	8.1207	14.7754	7.6974	4.1708	8.8648
BPNN-10	15.4372	10.1739	14.9430	8.6480	3.4081	8.4306
BPNN-11	14.2426	8.9325	14.5420	8.4046	3.7559	7.9427
BPNN-12	13.8212	9.0879	15.4279	7.2058	5.3260	8.9633
Exact Measurement	14.7844	8.9253	14.7844	9.0728	5.6936	9.0728

CONCLUSIONS

According to the results represented in Table-6, Table-7 and Table-8, best wind acceleration prediction is obtained by BPNN4. Moreover, best wind acceleration prediction is obtained by indirect prediction by using the wind acceleration prediction of BPNN4. The BPNN4 has 24 neurons in input layer, 2 neurons in hidden layer and one neuron in output layer. This result shows that the largest buffer size for the data history give the best acceleration prediction. Moreover, simplest hidden layer structure is the best choice for the BPNN structure. In addition, the indirect wind speed prediction by wind acceleration prediction gives better result than direct wind speed prediction and this result proves how strong the wind acceleration carries. As a future work, wind acceleration data can be filtered for better neural network

training and for avoiding training with noise. In addition, the training algorithm of the BPNN can be optimized. The BPNN can be strengthened by supporting with other atmospheric data. Finally, deep neural networks can be applied to the wind acceleration data.

REFERENCES

[1] K. Hunt and G. P. Nason, "Wind speed modelling and short-term prediction using wavelets," *Wind Engineering*, vol. 25, no. 1, pp. 55-61, 2001.

[2] Y. Zhang, P. Wang, P. Cheng, and S. Lei, "Wind speed prediction with wavelet time series based on lorenz disturbance," *Advances in Electrical and Computer Engineering*, vol. 17, no. 3, p. 107+, 2017.

[3] A. D. Sahin and Z. Sen, "First-order Markov chain approach to wind speed modelling," (in English), *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 89, no. 3-4, pp. 263-269, Mar 2001, doi: Doi 10.1016/S0167-6105(00)00081-7.

[4] M. Torre, P. Poggi, and A. Louche, "Markovian model for studying wind speed time series in Corsica," *International Journal of Renewable Energy Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 311-319, 2001.

[5] S. Karatepe and K. W. Corscadden, "Wind Speed Estimation: Incorporating Seasonal Data Using Markov Chain Models," *ISRN Renewable Energy*, vol. 2013, pp. 1-9, 2013, doi: 10.1155/2013/657437.

[6] F. O. Hocaoğlu, Ö. N. Gerek, and M. Kurban, "A novel wind speed modeling approach using atmospheric pressure observations and hidden Markov models," *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 98, no. 8, pp. 472-481, 2010. [Online]. Available: http://ac.els-cdn.com/S0167610510000255/1-s2.0-S0167610510000255-main.pdf?_tid=1cb62888-af6a-11e3-963a-00000aab0f6c&acdnat=1395235783_0784e9157729c063d789365d1ee3a6f8.

[7] M. A. Mohandes, T. O. Halawani, S. Rehman, and A. A. Hussain, "Support vector machines for wind speed prediction," (in English), *Renewable Energy*, vol. 29, no. 6, pp. 939-947, May 2004, doi: DOI 10.1016/j.renene.2003.11.009.

[8] G. H. Riahy and M. Abedi, "Short term wind speed forecasting for wind turbine applications using linear prediction method," (in English), *Renewable Energy*, vol. 33, no. 1, pp. 35-41, Jan 2008, doi: DOI 10.1016/j.renene.2007.01.014.

[9] P. Louka *et al.*, "Improvements in wind speed forecasts for wind power prediction purposes using Kalman filtering," (in English), *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 96, no. 12, pp. 2348-2362, Dec 2008, doi: DOI 10.1016/j.jweia.2008.03.013.

[10] A. A. Moghaddam and A. R. Seifi, "An advanced strategy for wind speed forecasting using expert 2-D FIR filters," *Advances in Electrical and Computer Engineering*, vol. 10, no. 4, pp. 103-110, 2010, doi: 10.4316/aece.2010.04017.

[11] M. Carolin Mabel and E. Fernandez, "Analysis of wind power generation and prediction using ANN: a case study," *Renewable Energy*, vol. 33, no. 5, pp. 986-992, 2008.

[12] T. G. Barbounis and J. B. Theocharis, "A locally recurrent fuzzy neural network with application to the wind speed prediction using spatial correlation," (in English), *Neurocomputing*, vol. 70, no. 7-9, pp. 1525-1542, Mar 2007, doi: DOI 10.1016/j.neucom.2006.01.032.

[13] Y. Zhang, C. Zhang, Y. Zhao, and S. Gao, "Wind speed prediction with RBF neural network based on PCA and ICA," *Journal of Electrical Engineering*, vol. 69, no. 2, pp. 148-155, 2018, doi: 10.2478/jee-2018-0018.

UÇUCU KÜL KATKILI ESNEK POLİÜRETAN KÖPÜK ESASLI KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF FLEXIBLE POLYURETHANE FOAM BASED COMPOSITE MATERIALS WITH FLY ASH ADDITIVES

Dr. Recep YURTSEVEN
Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Esnek poliüretan köpük malzemeler, otomotiv, mobilya ve paketleme gibi birçok sektörde yaygın olarak kullanılan polimer malzemelerdir. Polimer malzemelerin gerek özelliklerini iyileştirmek, gerekse de maliyetini azaltmak amacı ile çeşitli dolgu maddeleri kullanılmaktadır. Dolgu maddesi olarak kullanılan uçucu kül, termik santrallerin bacalarında filtreler vasıtası ile tutulan mikro parçacık boyutlarında bir atıktır. Bu çalışmada, uçucu kül, esnek poliüretan malzemeye % 5, 10 ve 15 oranlarında dolgu maddesi olarak katılmıştır. Üretilen kompozit malzemelere, çekme, yırtılma, sabit deformasyon basma deneyleri ile termogravimetrik analizler (TGA) yapılmıştır. Deney sonuçları değerlendirildiğinde artan uçucu kül oranı ile sabit basma dayanımı özelliklerinde % 30 oranında iyileşme olduğu bulunmuştur. TGA sonuçlarından kalan kütle miktarında yaklaşık %12 oranına varan iyileşme olduğu görülmüştür. Çekme ve yırtılma dayanımlarında ise bir miktar azalma gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Esnek poliüretan köpük, Uçucu kül, Termogravimetrik analiz, Mekanik özellikler

ABSTRACT

Flexible polyurethane foam materials are polymer materials commonly used in many industries such as automotive, furniture and packaging. Various fillers are used to improve the properties of polymer materials and to reduce their costs. Fly ash used as a filler is a micro particle size waste that is captured by filters in the chimneys of thermal power plants. In this study, fly ash was added to the flexible polyurethane material as a filler at 5, 10 and 15 % ratios. Tensile, tear, constant deformation compression tests and thermogravimetric analyzes (TGA) were carried out on the composite materials which were produced in this study. When the results of the experiments were evaluated, it was found that there was a 30 % improvement in the constant compressive strength properties with increasing fly ash rate. The residual mass increased up to 12 % in TGA tests. The tensile and tear strength slightly decreased.

Keywords: Flexible Polyurethane Foam, Fly Ash, Thermogravimetric Analysis, Mechanical Properties

1. GİRİŞ

Esnek poliüretan köpük malzemeler, sağladıkları konforu arttıran yumuşaklıkları ve dayanıklılıkları ile insanların temas ettikleri yüzeylerde, kullanım oranlarını gittikçe arttırmaktadır. Bu malzemeler, açık hücreli yapıları ve kullanılan polimerin kolay şekil alabilmesi sebebiyle, yumuşak esneyebilme özelliğine sahiptirler. Esnek poliüretan köpüğe, halk arasında sünger adı verilmektedir. Bu özellikleri dolayısıyla otomotiv, mobilya ve sağlık ekipmanları sektörlerinde tercih edilen polimer malzeme grubu olmayı başarmışlardır. Esnek poliüretan köpük parçalara örnekler Şekil 1'de görülmektedir.

Şekil 1. *Esnek poliüretan köpük parçalar*

Özellikle kömürle çalışan termik santrallerin atığı olarak ortaya çıkan uçucu kül (UK), yapısal olarak çoğunlukla hafif ve küçük metal oksit partiküllerden meydana gelmektedir (Gao, 2005). Termik santrallerde kullanılan yakıtlar, farklı maden yataklarından çıkarılmaktadırlar. Buna bağlı olarak her uçucu kül farklı kimyasal yapıya sahiptir. Uçucu küllerin kimyasal kompozisyonları, çeşitli metal oksitlerin değişik oranlarda karışımlarından oluşmaktadır. Genel olarak Türkiye'deki uçucu küllerin kimyasal yapılarına bakıldığında, en çok karşılaşılan oksit bileşenleri ve oran aralıkları SiO_2 %25 - 60, Al_2O_3 %10 - 30, Fe_2O_3 %1 - 15 ve CaO %l - 40 dolaylarında olduğu görülmektedir (Türker, 2004).

Polimer malzemelerin özelliklerini iyileştirmek veya daha ekonomik ürünler elde etmek amacı ile çeşitli dolgu maddeleri kullanılmaktadır (Khan ve diğ., 2011, Yurtseven ve diğ., 2013). Uçucu külün polimerlerde dolgu malzemesi olarak kullanımı, araştırmacıların ilgisini çekmekte ve literatürde geniş bir çalışma konusu oluşturmaktadır (Gu ve diğ., 2007, Wu ve diğ., 2007, Yurtseven, 2014). Özellikle daha ekonomik ürün üretilmek istenen parçalarda, uçucu kül iyi bir alternatif dolgu maddesi olabilir (Deepthi ve diğ., 2010).

Bu çalışmada Esnek poliüretan köpük malzeme içerisine, %5, %10, %15 oranlarında uçucu kül ilave edilmiştir. Üretilen numunelere, çekme deneyi, yırtılma deneyi, sabit basma deneyi ve termogravimetrik analizler gerçekleştirilerek sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1.Malzemeler

Esnek poliüretan köpük üretimi için gerekli izosiyanat ve poliol hammaddeleri, Elastogran BASF firmasından temin edilmiştir. Bu hammaddelerin genel özellikleri Tablo 1'de belirtilmiştir.

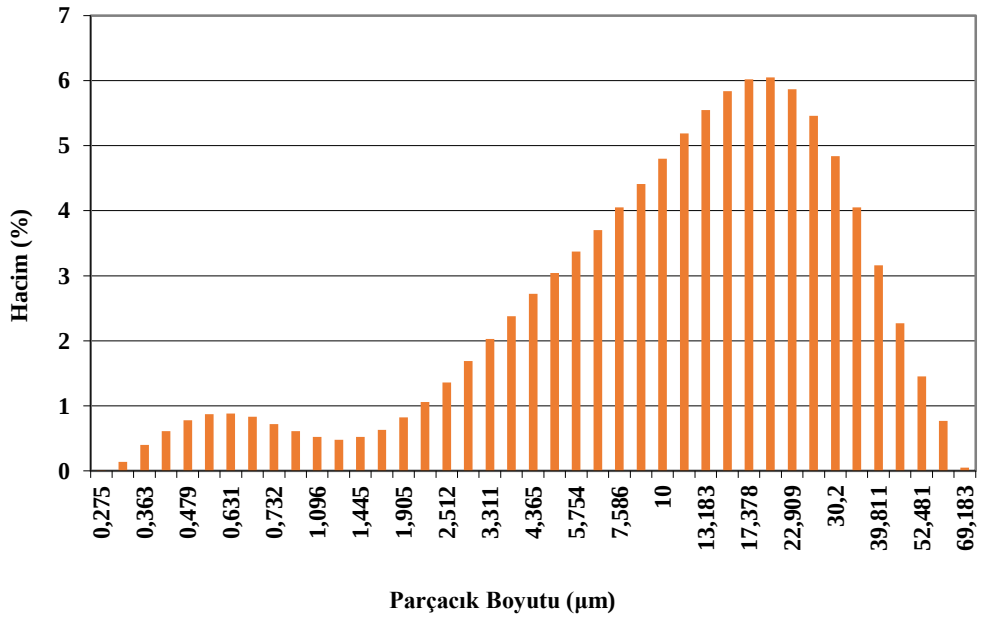
Tablo 1. Poliol ve izosiyanat hammadde özellikleri (Elastoflex W 5105/164)

	Birim	**Poliol**	**İzosiyanat** (PMDI).
Yoğunluk (25°C)	g/cm^3	1,033	1,220
Viskozite (25°C)	mPa.s	800	87
NCO miktarı	%		28,5

Dolgu maddesi olarak kullanılan uçucu kül, Manisa ili Soma ilçesinde bulunan termik santralden temin edilmiştir. Uçucu külün kimyasal kompozisyonu Tablo 2' de verilmiştir. Kullanılan dolgu maddelerinin parçacık boyutları, polimer malzemelerin, özellikle fiziksel özelliklerine etkisi bulunmaktadır. Bu sebeple uçucu küller kullanılmadan önce ön bir öğütme işleminden geçirilmiş ve parçacık boyutları bir miktar daha küçültülmüştür. Kullanılan uçucu kül parçacık boyutu dağılımı Şekil 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Uçucu kül kimyasal bileşimi

SiO_2 (%)	**Al_2O_3 (%)**	**CaO (%)**	**SO_3 (%)**	**Fe_2O_3 (%)**	**MgO (%)**	**Diğ. (%)**
31,27	20,01	34,21	7,22	3,78	1,27	2.24



Şekil 2. *Uçucu kül partikül boyut dağılımı*

2.2.Numunelerin Hazırlanması

Termoset polimerler sınıfında bulunan esnek poliüretan köpük malzemeler, iki sıvı halde bulunan hammaddenin (poliol ve izosiyanat) karıştırılması sonucu oluşan reaksiyon ile meydana gelen hücresel yapılı malzemelerdir.

Numune üretimlerinde Tablo 3'de belirtilen oranlarda uçucu kül, polimerizasyon karışımından önce, poliol içerisine eklenmiş ve homojenizatör yardımı ile iyi bir şekilde sıvı içerisine dağılımı sağlanmıştır. Daha sonra hazırlanan poliol sistem ile izosiyanat ayrı bir kapta birleştirilerek, 25s süre ile mekanik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım vakit kaybetmeden yaklaşık 40°C sıcaklıktaki 350×350×50 mm boyutlarındaki Alüminyum kalıba boşaltılmıştır. Kalıp ısıtıcılı prese (~40°C) yerleştirilerek yaklaşık 25 dakika beklenmiştir. Numuneler kalıptan çıkarıldıktan sonra reaksiyonun tamamlanması için oda sıcaklığında en az 24 h bekletilmiştir.

Tablo 3. Üretilen numunelerin uçucu kül oranları

S.N.	Kod	Polimer (g)	UK %	Toplam (g)
1	HAM	364	-	364
2	%05 UK	313,5	5	364
3	%10 UK	297	10	364
4	%15 UK	280,5	15	364

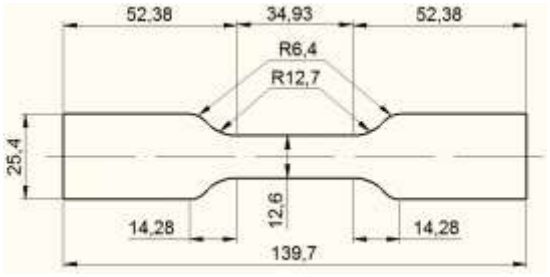
2.3.Deneysel Yöntemler

Üretilen numunelere, ASTM D 3574-08 standardında tarif edildiği şekilde çekme deneyi, yırtılma deneyi ve sıkıştırıldıklarında geri gelebilme kabiliyetlerini gösteren sabit deformasyon basma deneyleri yapılarak, sonuçları karşılaştırılmıştır. Ayrıca Termogravimetrik (TG) analizleri yapılarak ısıl bozunma davranışları kıyaslanmıştır.

Çekme deneyi için hazırlanan numune ölçüleri, Şekil 3'te görülmektedir. Numunenin genişliği 12,5±1,5 mm olarak hazırlanmış, deneyler 500 mm/min çekme hızı uygulanarak, her bir guruptan en az üç adet numune deneye tabi tutulmuştur. Sonuçların ortalaması alınarak kullanılmıştır.

Yırtılma deneyleri, 25,4×25,4×152,4 mm boyutlarında hazırlanmış numunelerle yapılmıştır. Numuneler bir ucundan 40 mm uzunluğunda boylamasına kesilmiştir. Kesilen uçlar iki bacaktan çekme cihazına bağlanmış ve 500 mm/min hızında çekilerek yırtılma dayanımları tespit edilmiştir.

Çekme ve yırtılma deneylerinde, 10 kN yük kapasiteli Tinius Olsen marka, H10KT model çekme cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3. *Çekme deneyi numunesi (ASTM D 3574-08, 2008)*

Sabit deformasyon basma deneyi için 50×50×25 mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Numunelerin 25 mm uzunluğundaki boyutu, tasarlanmış bir aparatla, %50 oranında sıkıştırılmış şekilde, 70±2°C sıcaklıkta bulunan etüvde 22 saat tutulmuştur. Süre sonunda aparat sökülerek numuneler 30-40 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş, daha sonra boyut ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen değerler, Denklem (1)'de yerine koyularak, yüzde kalınlık değişimi hesaplanmıştır.

$$C_t = [(t_0 - t_f)/t_0] \cdot 100 \quad (1)$$

C_t : % kalınlık değişimi

t_0 : orijinal kalınlık (mm)

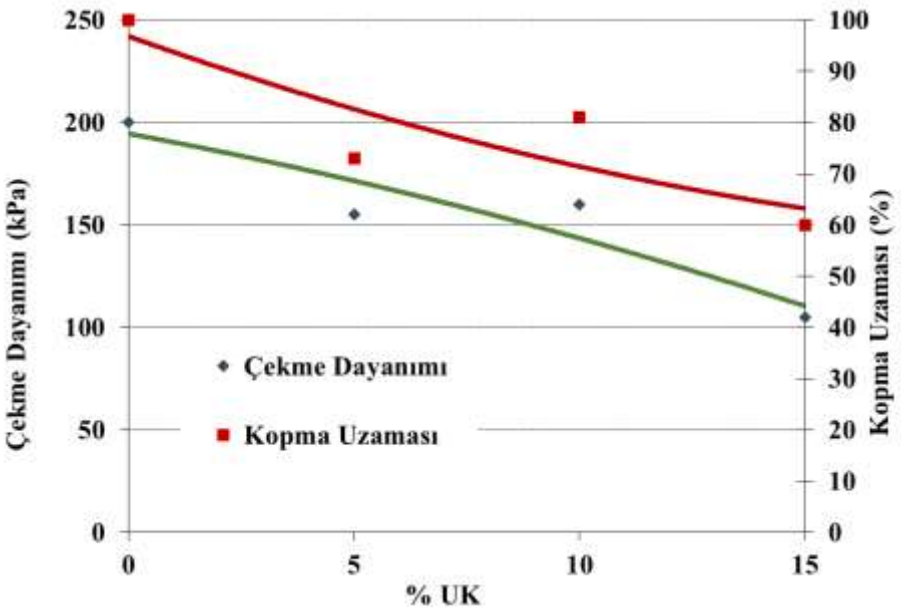
t_f : son ölçülen kalınlık (mm)

t_s : ara burç kalınlığı (mm) (sıkıştırılan kalınlık %50)

Termogravimetrik analizler seramik kaplarda kütlece 5-8 mg ağırlığındaki numuneler ile 200 ml/min azot (N2) atmosferinde 20°C/min sıcaklık artış hızında, oda sıcaklığından 800°C sıcaklığa kadar ısıtılarak yapılmıştır. Numunelerin kütle değişim miktarları yüzdesel olarak hesaplanarak kıyaslanmıştır. Deneylerde, Perkin Elmer Diamond TGA cihazı kullanılmıştır.

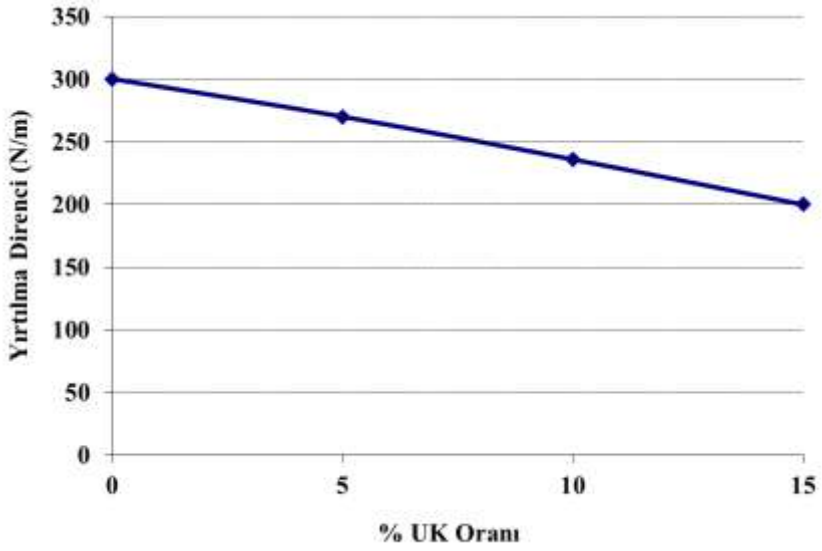
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Numunelerin mekanik özelliklerinden, çekme dayanımını ve kopma uzamalarının %UK dolgu oranına göre karşılaştırılması Şekil 4'te verilmiştir. Uçucu kül dolgu maddesi oranı arttıkça, malzemenin çekme dayanımı ve kopma uzamasında azalma olduğu dikkat çekmektedir. Çekme dayanımındaki azalma %5 ve %10 dolgu oranlı numunelerde yaklaşık %20 civarında olmuş, diğer dolgu maddesi oranlarında ise düşme daha düşük oranlarda seyretmiştir. Bazı dolgu maddelerinin mekanik özelliklerde azalmaya sebep olabildiği literatürdeki çalışmalarda görülmektedir (Latinwo ve diğ., 2010).



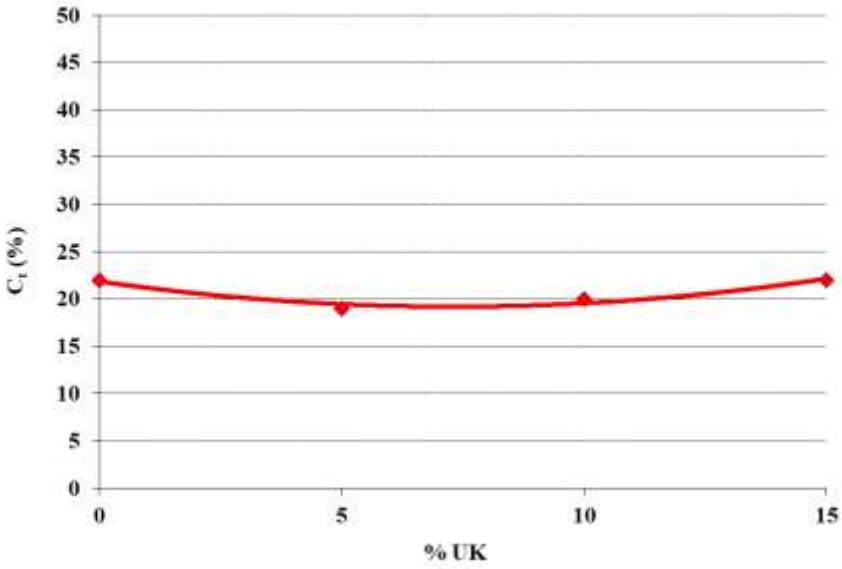
Şekil 4. *Çekme deneyi sonuçları*

Yırtılma deneyi sonuçları Şekil 5'te görülmektedir. Çekme dayanımında olduğu gibi yırtılma dayanımında da artan dolgu maddesi oranı ile düşüş görülmektedir.



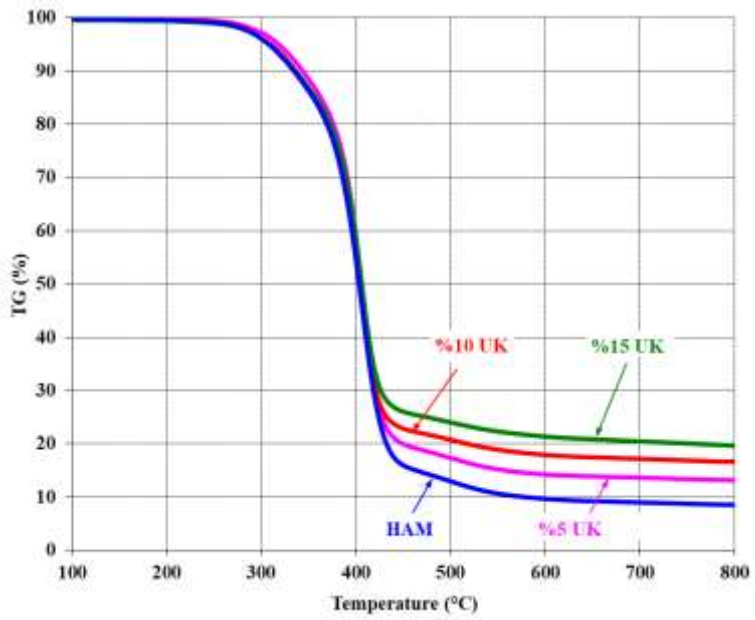
Şekil 5. *Yırtılma deneyi sonuçları*

Şekil 6'te sabit deformasyon basma deneyi sonuçları görülmektedir. Çekme ve yırtılma özelliklerinde görülen azalma negatif bir özellik değişimi sergilerken, sabit basma deneyinde ölçülen kalıcı şekil değişimi yüzdesinin düşmesi pozitif anlam ifade etmektedir. Kullanım esnasında genelde bası zorlaması altında kalan bu tür malzemelerde kalıcı şekil değişiminin en az olması, ürünlerin kullanım sürelerini uzatmaktadır. Uçucu kül dolgu maddesi kullanılmayan numunelerde yaklaşık %22 olan bu değer, %5 ve %10 UK katkılı numunelerde %19 değerine kadar düşüş göstermiştir.

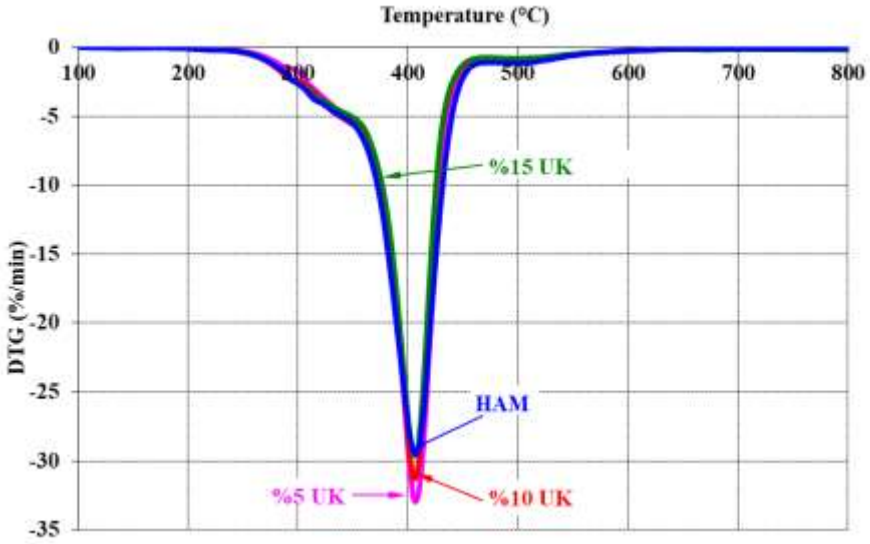


Şekil 6. *Sabit deformasyon basma deneyi sonuçları*

Sıcaklık artışıyla, yüzdesel olarak malzemelerde kalan kütle miktarını gösteren TG eğrileri Şekil 7'de verilmiştir. Gösterdiği pik ile kütlesel değişimin en hızlı olduğu sıcaklığı daha iyi tespit etmemizi sağlayan DTG eğrileri Şekil 8'de görülmektedir. TG eğrileri incelendiğinde uçucu kül dolgu maddesi oranı arttıkça yüksek sıcaklıklarda kalan kütle miktarının da arttığı anlaşılmaktadır. Bu durum, malzemenin termal davranışının iyileştiğini göstermektedir. Bunun yanında DTG eğrilerine bakıldığında kütle değişim hızlarında bir miktar artma görülmekle birlikte, maksimum kütle değişiminin olduğu sıcaklıkta bir kayma görülmemektedir. Poliüretan esaslı köpük malzemelerde uçucu kül katkısının termal özelliklerde olumlu etkisi olduğu, literatürde de belirtilmektedir (Usta, 2011)



Şekil 7. TG-Sıcaklık eğrileri



Şekil 8. *DTG-Sıcaklık eğrileri*

4. SONUÇLAR

Deneysel sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, esnek poliüretan köpük malzemelerde, uçucu külün, dolgu maddesi olarak kullanımı ile malzemenin çekme ve yırtılma dayanımları bir miktar düşme göstermesine karşın kalıcı şekil değiştirme ve termogravimetrik analiz değerlerinde iyileşme olduğu belirlenmiştir.

Esnek poliüretan köpük malzemelerden üretilecek ürünlerin, kullanılacağı yerlerdeki şartları ve gerekli mekanik özellikleri sağlayabilmesi durumunda, uçucu kül, ekonomik bir dolgu maddesi olarak kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 108T246 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazar, desteği için TÜBİTAK'a teşekkür eder.

REFERANSLAR

ASTM D3574-08, Standard test methods for flexible cellular materials-slab, bonded, and molded urethane foams, ASTM International, United States, 2008

Deepthi, M. V., Sharma, M., Sailaja, R. R. N., Anantha, P., Sampathkumaran, P. and Seetharamu S., "Mechanical and thermal characteristics of high density polyethylene–fly ash cenospheres composites", Materials and Design, 31, 2051–206, 2010

Elastoflex W 5105/164, Teknik Bilgi Kartı, Elastogran BASF Group, 2005

Gao, N. F., Kume, S. and Watari, K., "Zeolite-carbon composites prepared from industrial wastes: (I) effects of processing parameters", Materials Science and Engineering, 404, 274-280, 2005

Gu, J., Wu, G. and Zhang, Q., "Preparation and damping properties of fly ash filled epoxy composites", Materials Science and Engineering: A, 452-453, 614-618, 2007

Khan M. J., Al-Juhani A. A., Shawabkeh R., Ul-Hamid A. and Hussein I. A., "Chemical modification of waste oil fly ash for improved mechanical and thermal properties of low density polyethylene composites", Journal of Polymer Research, 18, 2275–2284, 2011

Latinwo G. K., Aribike D. S., Susu A. A. and Kareem S. A., "Effects of different filler treatments on the morphology and mechanical properties of flexible polyurethane foam composites", Nature and Science 2010, 8, 6, 23-26, 2012

Türker P. ve Erdoğan B., Türkiye'deki uçucu küllerin sınıflandırılması ve özellikleri, AR-GE TCMA, Ankara, 2004

Usta, N., "Investigation of fire behavior of rigid polyurethane foams containing fly ash and intumescent flame retardant by using a cone calorimeter", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 124, 3372–3382, 2012

Wu G., Gu J. and Zhao X., "Preparation and dynamic mechanical properties of polyurethane-modified epoxy composites filled with functionalized fly ash particulates", Journal of Applied Polymer Science, 105, 1118–1126, 2007

Yurtseven, R., Tarakcılar, A. R. ve Topçu, M., "Dolgu maddesi olarak kullanılan farklı uçucu küllerin sert poliüretan köpük malzemelerin mekanik özellikleri ile ısıl ve yanma davranışları üzerine etkileri", Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 28, 4, 841-853, 2013

Yurtseven, R., Uçucu Kül İçeren Poliüretan Esaslı Kompozit Malzemelerin Mekanik ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2014

TERMOPLASTİK POLİÜRETAN MALZEMELERDE UÇUCU KÜL DOLGU MADDESİNİN MEKANİK VE TERMAL ÖZELLİKLERE ETKİSİ

THE EFFECT OF FLY ASH FILLING MATERIAL ON MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES IN THERMOPLASTIC POLYURETHANE MATERIALS

Dr. Recep YURTSEVEN
Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Uçucu kül, özellikle kömür ile çalışan termik santrallerin, mikro parçacık boyutlarında bir atığıdır. Uçucu küllerin çeşitli alanlarda kullanım imkanları araştırılmaktadır. Bu sayede çevreye zararlı bir atığın, endüstriye hammadde olarak kullanımı sağlanmaya çalışılacaktır. Bu çalışmada, uçucu kül, termoplastik poliüretan malzemeye % 5 ve %10 oranlarında dolgu maddesi olarak katılmıştır. Üretilen kompozit malzemelere, sertlik, çekme ve yırtılma dayanımı deneyleri yapılmıştır. Ayrıca, -40ºC, -20ºC ve oda sıcaklığında, izod çentik darbe deneyi yapılmıştır. SEM görüntüleri ve termogravimetrik analiz (TGA) sonuçları değerlendirilmiştir. Numunelerin çekme ve yırtılma dayanımlarında bir miktar azalma, sertlik değerinde bir miktar artma olduğu gözlenmiştir. TGA analizlerinde kalan kütle miktarında yaklaşık %10 oranında artış olduğu belirlenmiştir. İzod darbe deneyinde, çentikli numunelerde, oda sıcaklığında ve -20ºC' de kırılma gözlenmemiştir. Ancak -40ºC'de kırılma olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Termoplastik poliüretan, Uçucu kül, Termogravimetrik analiz, Mekanik özellikler

ABSTRACT

Fly ash is a waste of micro particle size, especially, of coal-fired thermal power plants. Usage areas of fly ash are investigated in various fields. In this way, the use of a waste that is harmful to the environment will be tried to be used as a raw material for the industry. In this study, fly ash was added to the thermoplastic polyurethane material as a filler 5 and 10 % ratios. Hardness, tensile and tear resistance tests were carried out on the composite materials. In addition, the Izod notch impact test was applied at -40ºC, -20ºC and room temperatures. SEM images and thermogravimetric analysis (TGA) results were evaluated. It was observed that there was some decrease in tensile and tear strength of the samples and some increase in hardness value. In TGA analysis, it was determined that there is a 10 % increase in the residual mass. In the Izod impact test, no cracking was observed in the notched samples, at room temperature and at -20ºC. However, it was determined that there was a break at -40ºC.

Keywords: Thermoplastic polyurethane, Fly ash, Thermogravimetric analysis, Mechanical properties

1. GİRİŞ

Termoplastik poliüretan malzemeler, özellikle aşınmaya karşı gösterdikleri dayanım ve yüksek kopma uzaması oranları (%500-%700) ile birlikte sert ve dayanıklı yapıları ile zorlu şartlarda tercih edilen elastomer malzemeler arasına girmeyi başarmışlardır. Özellikle otomotiv parçaları, ayakkabı tabanları, çeşitli hidrolik sızdırmazlık elemanları ve cep telefonu koruyucu kılıfları gibi kullanım alanları bulunmakladır. Ayrıca bir miktar sıcak ortamlarda çalışabilmeleri de, önemli avantajlarındandır. Termoplastik poliüretan malzemeden üretilen parçalara örnekler, Şekil 1'de görülmektedir.

Şekil 1. *Termoplastik poliüretanın kullanılabileceği örnek parçalar*

Çoğunlukla hafif ve küçük parçacıklardan oluşan uçucu kül (UK), kömürle çalışan termik santrallerin atığı olarak ortaya çıkmaktadır (Gao, 2005). Enerji santrallerinde kullanılan yakıtlar farklı kömür madenlerinden temin edilmektedir. Uçucu küllerde, bu sebeple, farklı kimyasal bileşimlere sahiptir (Türker, 2004).

Plastik malzemelerin mekanik ve termal özelliklerini iyileştirmek veya daha ucuz ürünler elde etmek amacı ile dolgu maddeleri kullanılmaktadır (Sadowska ve Czupryński, 2006, Khan ve diğ., 2011, Yurtseven ve diğ., 2013). Termoplastik poliüretan malzemelerinde özelliklerini iyileştirmek ve daha ucuza üretebilmek içinde pahalı katkı maddelerinin yerine daha ucuz maddelerin kullanımı değerlendirilmektedir (Bian ve diğ., 2013). Uçucu külün, polimerlerde dolgu malzemesi olarak kullanımı, çeşitli çalışmalarda araştırılmıştır (Gu ve diğ., 2007, Wu ve diğ., 2007, Yurtseven, 2014). Plastik parça üretiminde, ucuz ürün üretebilmek için UK kullanımının faydalı olabileceği düşünülmektedir (Deepthi ve diğ., 2010).

Bu çalışmada, Termoplastik poliüretan malzemeye, %5 ve %10 oranlarında uçucu kül dolgu maddesi olarak katılmıştır. Hazırlanan kompozit malzemelere, çekme deneyi, yırtılma deneyi, Izod darbe deneyi, Shore A sertlik ölçümü ve termogravimetrik analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

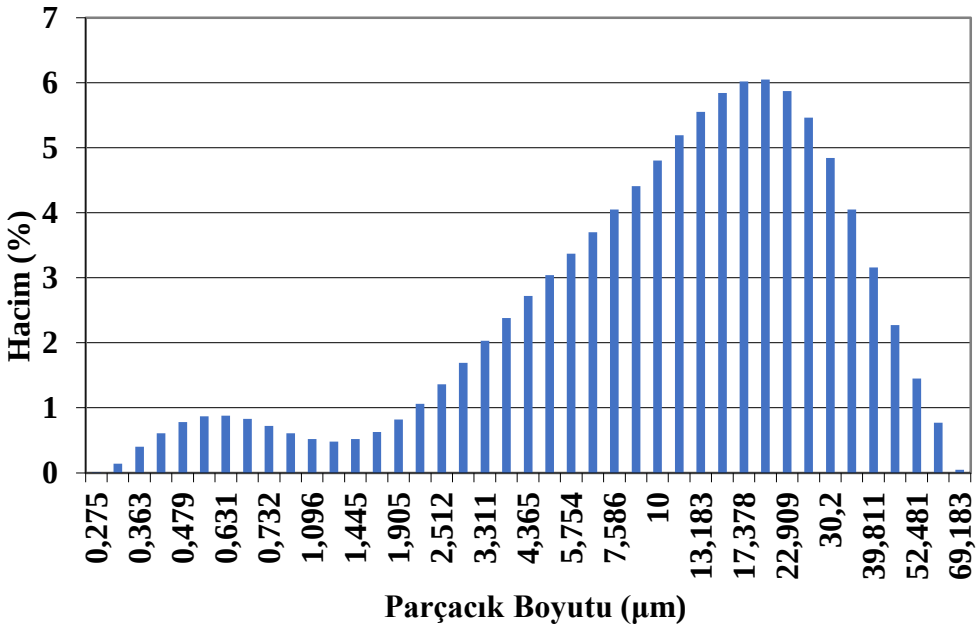
2.1.Malzemeler

Termoplastik poliüretan malzeme üretimi için gerekli hammaddeler, Elastogran BASF firmasından temin edilmiştir. Granül halde alınan termoplastik poliüretan hammaddeler, 90 Shore A sertliğine C90A sahip ürün grubundandır. Enjeksiyon prosesinde üretimin daha kolay yapılabilmesi için kullanılan polipropilen (PP), PETKİM'in MH418 kodlu ürünüdür.

Kullanılan uçucu kül, Manisa ili Soma ilçesinde bulunan termik santralden temin edilmiştir. Uçucu külün kimyasal kompozisyonu Tablo 1' de verilmiştir. Uçucu küller, kullanılmadan önce ön bir öğütme işleminden geçirilmiş ve parçacık boyutları bir miktar daha küçültülmeye çalışılmıştır. Kullanılan uçucu kül parçacık boyutu dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Uçucu kül kimyasal bileşimi

SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	CaO (%)	SO_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	MgO (%)	Diğ. (%)
31,27	20,01	34,21	7,22	3,78	1,27	2.24



Şekil 2. *Uçucu kül partikül boyut dağılımı*

2.2.Numunelerin Hazırlanması

Termoplastik poliüretan numunelerin üretimi Şekil 3'de görülen plastik enjeksiyon makinesi ve enjeksiyon kalıbı kullanılarak yapılmıştır. Numunelerin daha kolay üretilebilmesi için termoplastik poliüretan granüller, ağırlıkça yaklaşık %5 oranında PP granüllerle harmanlanmış. Daha sonra Tablo 2'de belirtilen oranlarda uçucu kül eklenerek karıştırma işlemi yapılmıştır. Elde edilen kompozit karışım kalıba enjekte edilmiştir. Üretilen numuneler

(Şekil 4-a), deney yapılmadan önce ASTM D 618 e göre 23±1 °C sıcaklık ve %50±5 bağıl neme ayarlanmış şartlandırıcıda bekletilmiştir (Şekil 4-b).

Şekil 3. *Plastik enjeksiyon makinesi ve kalıbı*

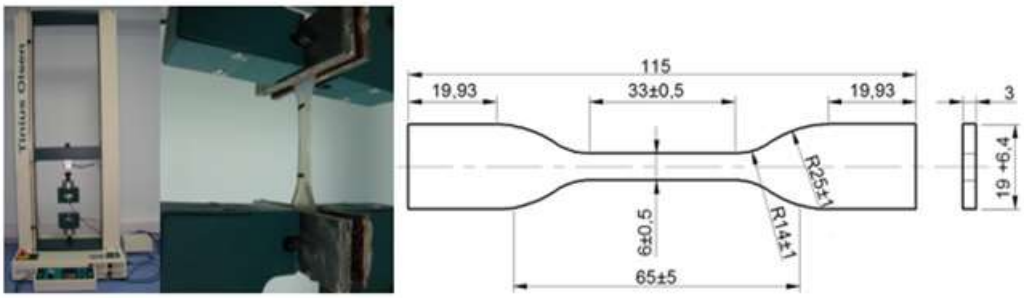
Tablo 2. Üretilen numunelerin içerikleri

Kod	TPU C90A (%)	PP (%)	UK (%)	Toplam Kütle (g)
HAM	**95**	**5**	**-**	**1000**
%05 UK	**95**	**5**	**5**	**1050**
%10 UK	**95**	**5**	**10**	**1100**

Şekil 4. *(a)* Üretilen *numuneler, (b) Şartlandırma ünitesi*

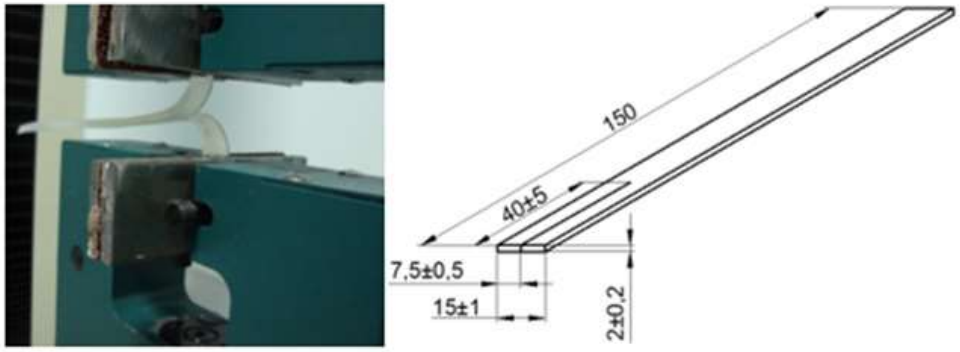
2.3.Deneysel Yöntemler

Çekme deneyleri 10 kN yük kapasiteli Tinius Olsen, H10KT model çekme deney cihazında ASTM D638 standartlarına uygun olarak 500 mm/ min hızında yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. *Çekme Deneyi*

Yırtılma deneyleri, ASTM D 624 standardına uygun boyutlarında hazırlanmış numuneler ile yapılmıştır. Numuneler bir ucundan 40 mm uzunluğunda kesilmesi ile oluşturulan uçlardan çekme cihazına bağlanarak 500 mm/min hızında çekilerek yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. *Yırtılma Deneyi*

Malzemelerin Izod çentik darbe deneyleri, ASTM D 256-06a standardına göre yapılmıştır. Çentikli ve çentiksiz olarak hazırlanmıştır. Deneyler, numuneler 23 °C, -20 °C, -40 °C sıcaklıklarda ve gerekli şartlanma koşullarında bekletildikten sonra gerçekleştirilmiştir. Her numune grubu için en az 3 numune kullanılmıştır.

Sertlik değerleri Shore A sistemine göre ölçüm yapan JIS marka test cihazı ile yapılmıştır.

SEM incelemeleri, JEOL marka JSM-6335F model cihazda yapılmıştır. Numuneler, incelenmeden önce altın kaplama yapılmış ve 10kV hızlandırma gerilimi kullanılarak incelenmiştir.

Termogravimetrik analizler, Perkin Elmer Diamond cihazı ile, seramik kaplarda, 200 ml/min azot (N_2) atmosferinde 20°C/min sıcaklık artış hızında, oda sıcaklığından 800°C sıcaklığa ısıtılarak yapılmıştır. Numunelerin kütle değişim miktarları yüzdesel olarak hesaplanarak kıyaslanmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Numunelerin mekanik özelliklerinden, çekme dayanımı, kopma uzaması, yırtılma dayanımı ve Shore A sertlik değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Uçucu kül dolgu maddesi oranı arttıkça, malzemenin çekme dayanımında çok az bir miktar azalma olduğu görülmektedir. Kopma uzaması değerlerinde ise artış meydana gelmiştir. Sertlik değerlerinde ise %10 UK eklenmiş numunenin sertliği, bir derece yükselerek 93 Shore A değerine ulaşmıştır. Yırtılma dayanımında ise %5 UK dolgu maddesi eklenen numunede bir değişiklik gözlemlenmezken, artan dolgu maddesi oranı ile bir miktar düşüş görülmüştür.

Tablo 3. Mekanik Özellikler

Numune	**Çekme Dayanımı** (MPa)	**Kopma Uzaması** (%)	**Yırtılma Dayanımı** (N/mm)	**Sertlik** (Shore A)
HAM	33	660	60	92
%05 UK	30	660	60	92
%10 UK	30	670	57	93

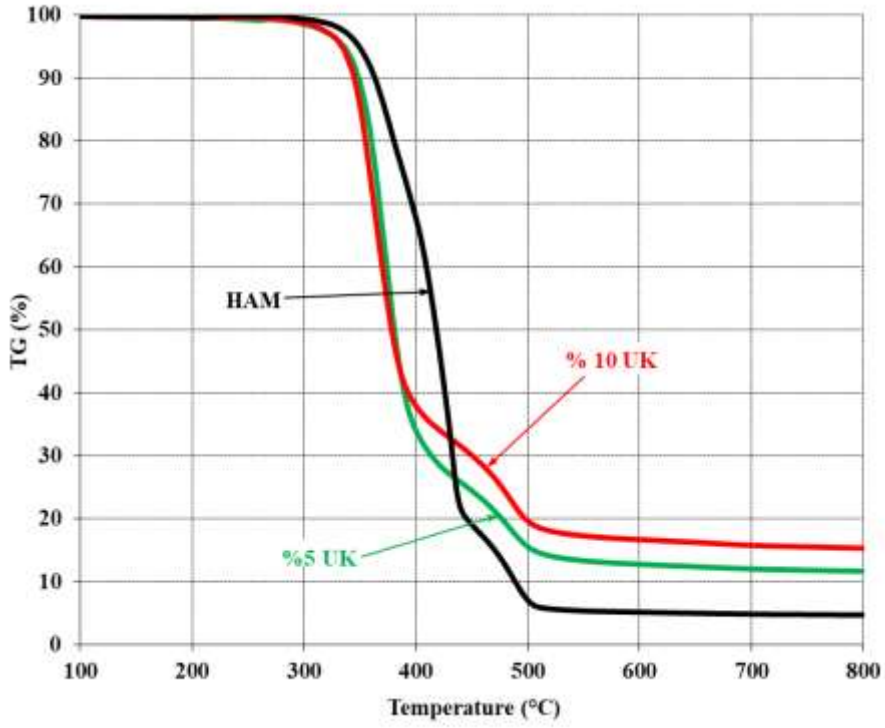
Izod çentik darbe deneyi sonuçlarına göre, dolgusuz TPU malzemelerde, oda sıcaklığı ve negatif sıcaklıklarda (-20ºC ve -40ºC) kırılma gözlenmezken, uçucu kül ve dolgu maddesi eklenen çentikli numunelerde -40ºC'de kırılma gözlenmiştir. Bu sonuçlar, UK dolgu maddesi eklenmesinin, düşük sıcaklıklarda, çentik etkisi ile kırılganlaşmaya başladığını göstermektedir.

Tablo 4. IZOD Darbe deneyi Sonuçları

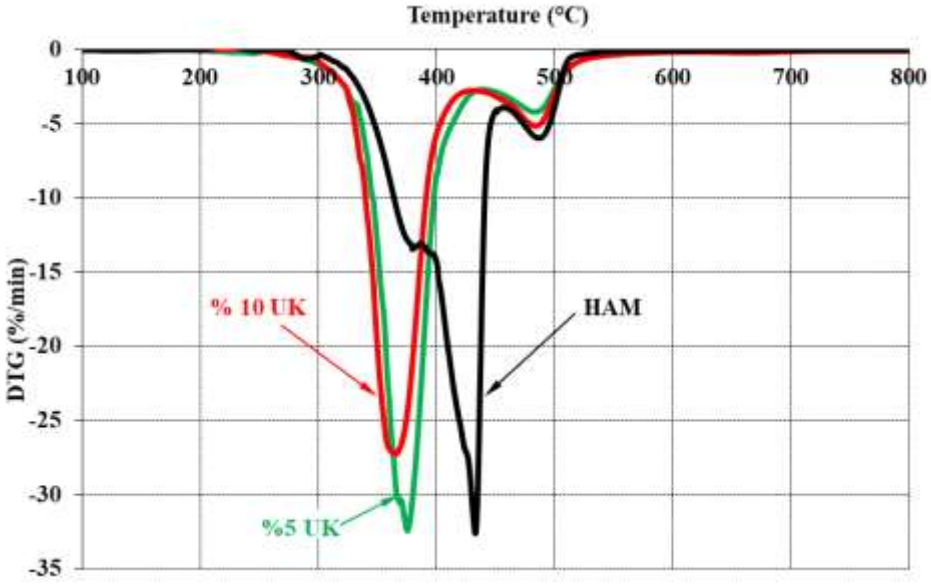
Numune	**23°C (kJ/m²)**	**-20°C (kJ/m²)**	**-40°C (kJ/m²)**
		Çentiksiz Numune	
HAM	Kırılmadı	Kırılmadı	Kırılmadı
%05 UK	Kırılmadı	Kırılmadı	Kırılmadı
%10 UK	Kırılmadı	Kırılmadı	Kırılmadı
		Çentikli Numune	
HAM	Kırılmadı	Kırılmadı	Kırılmadı
%05 UK	Kırılmadı	Kırılmadı	23
%10 UK	Kırılmadı	Kırılmadı	13

Termogravimetrik analiz sonuçları, Şekil 7 ve Şekil 8'de karşılaştırılmıştır. TG eğrileri değerlendirildiğinde, uçucu kül dolgu maddesi oranı arttıkça, yüksek sıcaklıklarda kalan kütle miktarı artış göstermiştir. % 10 uçucu kül eklenmiş numunelerde kalan kütle miktarı yaklaşık

%18 civarına yükselmiştir. DTG eğrileri incelendiğinde malzemelerin, uçucu kül eklenmesi ile bozulmanın en hızlı olduğu sıcaklık 430ºC'den 370ºC'ye gerilemiştir. Kalan kütle miktarındaki artışa bakıldığında, termal özelliklerde iyileşme olduğu söylenebilir.



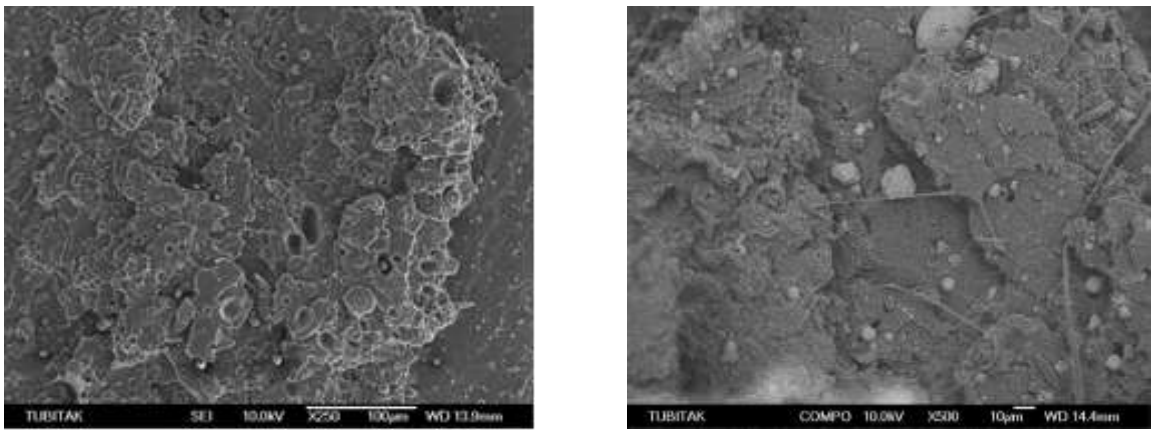
Şekil 7. *TG Analiz sonuçları*



Şekil 8. *DTG değişim grafikleri*

Şekil 9'daki SEM görüntüleri incelendiğinde, uçucu kül parçacıklarının yapı içerisinde iyi bir dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Ancak, uçucu kül parçacıkları ile polimer matrisin yüzey

uyumunun biraz daha iyileştirilmesi gerektiği de söylenebilir. Bazı kimyasal proseslerle, parçacıklarla polimer malzeme uyumu artırabilmektedir.



(a) (b)

Şekil 9. *SEM Görüntüleri (a) Ham, (b) %10 UK Dolgu maddesi eklenmiş*

4. SONUÇLAR

Uçucu kül, kullanımı ile malzemenin çekme ve yırtılma dayanımları çok az miktarda düşme göstermesine karşın, TGA değerlerinde iyileşme olduğu söylenebilir.

Izod darbe deneyi sonuçları ise, düşük sıcaklıklarda termoplastik poliüretan malzemede çentik hassasiyetinin oluşmaya başladığını göstermiştir.

Uçucu kül kullanımı ile mekanik özelliklerde çok fazla kayba uğramadan pahalı hammadde miktarından tasarruf sağlanabileceği sonucuna varılabilir.

TEŞEKKÜR

TÜBİTAK tarafından desteklenen 108T246 numaralı proje kapsamında temin edilen donanımlarla bu çalışma gerçekleştirilebildiğinden, yazar TÜBİTAK'a teşekkür eder.

REFERANSLAR

ASTM D 256-06a, Standard test methods for determining the ızod pendulum ımpact resistance of plastics, ASTM International, United States, 2006

ASTM D 618-08, Standard practice for conditioning plastics for testing, ASTM International, United States, 2008

ASTM D 624-00,. Standard test method for tear strength of conventional vulcanized rubber and thermoplastic elastomers, ASTM International, United States, 2007

ASTM D 638-08,. Standard test method for tensile properties of plastics, ASTM International, United States2008

Bian J., Lin H. L., He F. X., Wei X. W., Chang I. T. and Sancaktar E., Fabrication of microwave exfoliated graphite oxide reinforced thermoplastic polyurethane nanocomposites:

Effects of filler on morphology, mechanical, thermal and conductive properties, Composites: Part A, 47, 72–82, 2013

Deepthi, M. V., Sharma, M., Sailaja, R. R. N., Anantha, P., Sampathkumaran, P. and Seetharamu S., "Mechanical and thermal characteristics of high density polyethylene–fly ash cenospheres composites", Materials and Design, 31, 2051–206, 2010

Gao, N. F., Kume, S. and Watari, K., "Zeolite-carbon composites prepared from industrial wastes: (I) effects of processing parameters", Materials Science and Engineering, 404, 274-280, 2005

Gu, J., Wu, G. and Zhang, Q., "Preparation and damping properties of fly ash filled epoxy composites", Materials Science and Engineering: A, 452-453, 614-618, 2007

Khan M. J., Al-Juhani A. A., Shawabkeh R., Ul-Hamid A. and Hussein I. A., "Chemical modification of waste oil fly ash for improved mechanical and thermal properties of low density polyethylene composites", Journal of Polymer Research, 18, 2275–2284, 2011

Sadowska, J. P. and Czupryński, B., "New compounds for production of polyurethane foams", Journal of Applied Polymer Science, 102, 5918-5926, 2006

Türker P. ve Erdoğan B., Türkiye'deki uçucu küllerin sınıflandırılması ve özellikleri, AR-GE TCMA, Ankara, 2004

Wu G., Gu J. and Zhao X., "Preparation and dynamic mechanical properties of polyurethane-modified epoxy composites filled with functionalized fly ash particulates", Journal of Applied Polymer Science, 105, 1118–1126, 2007

Yurtseven, R., Tarakcılar, A. R. ve Topçu, M., "Dolgu maddesi olarak kullanılan farklı uçucu küllerin sert poliüretan köpük malzemelerin mekanik özellikleri ile ısıl ve yanma davranışları üzerine etkileri", Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 28, 4, 841-853, 2013

Yurtseven, R., Uçucu Kül İçeren Poliüretan Esaslı Kompozit Malzemelerin Mekanik ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2014

SUSUZ DİSODYUM TETRABORATIN SERT POLİÜRETAN KÖPÜK MALZEMELERİN MEKANİK VE YANMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

THE EFFECTS OF DISODIUM TETRABORATE ANHYDROUS ON MECHANICAL AND COMBUSTION PROPERTIES OF RIJIT POLYURETHANE FOAM MATERIALS

Dr. Recep YURTSEVEN
Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

ÖZET

Susuz disodyum tetraborat ($Na_2B_4O_7$), cam, seramik, metalürji, döküm, deterjan ve refrakter malzeme üretimi sektörlerinde kullanılan bir hammaddedir. Sert poliüretan köpük malzemeler, özellikle yalıtım sektöründe, düşük ısı iletim katsayısına sahip olmalarından dolayı tercih edilmektedir. Ancak, sert poliüretan köpük malzemeler çok yanıcı olduklarından dolayı, yanma özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Sert poliüretan köpüklerin, yanma özelliklerini iyileştirmek için yeni katkı maddelerinin araştırılması, güncel çalışma konularındandır. Bu çalışmada Türkeye'de üretilen, susuz disodyum tetraborat, sert poliüretan köpük malzemeye, % 5, % 10, % 15 ve % 20 oranlarında ilave edilmiştir. Üretilen numunelerin, basma deneyi, ısı iletim katsayısı ölçümü ve UL94 yanma testi gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda, basma deneyi ve ısı iletim katsayısında önemli bir olumsuz değişim görülmemiştir. Susuz disodyum tetraborat ilave oranına paralel olarak yanma direncinde artış tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sert poliüretan köpük, Susuz disodyum tetraborat, Basma dayanımı, Isı iletim katsayısı, UL94

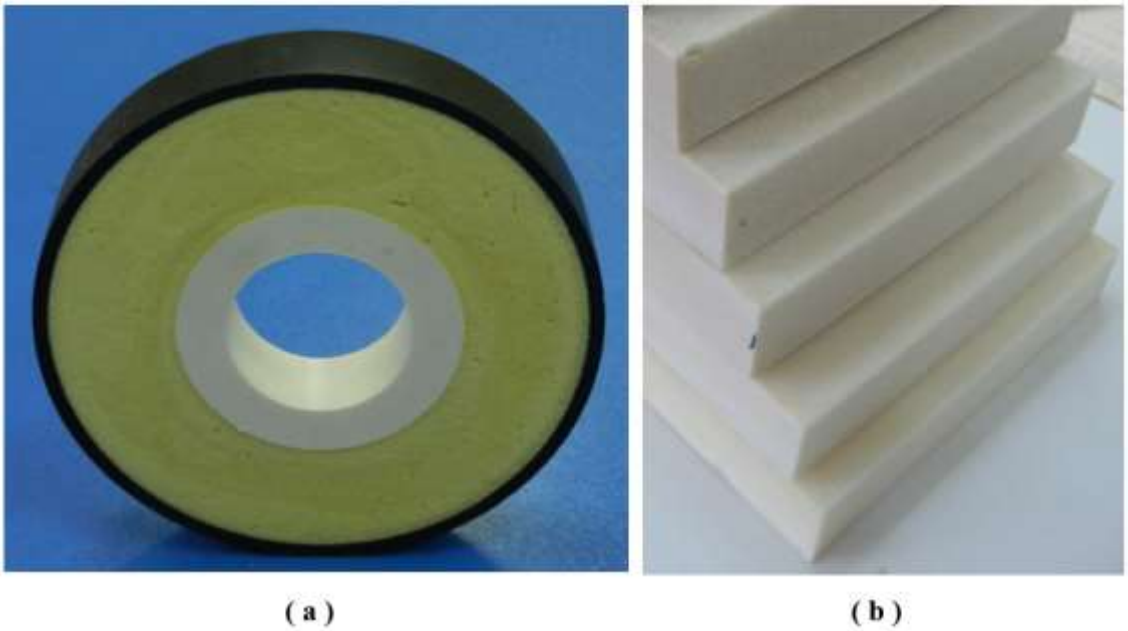
ABSTRACT

Disodium tetraborate anhydrous ($Na_2B_4O_7$) is a raw material used in glass, ceramic, metallurgy, casting, detergent and refractory material manufacturing industries. Rigid polyurethane foam materials are preferred especially in heat insulation sector because of their low thermal conductivity coefficient. However, since rigid polyurethane foam materials are highly flammable, their combustion properties need to be improved. Researching new additives to improve the combustion properties of rigid polyurethane foams is one of the current study topics. In this study, disodium tetraborate anhydrous, produced in Turkey, was added to the rigid polyurethane foam material in 5 %, 10 %, 15 % and 20 % ratios. The compression test, thermal conductivity coefficient measurement and UL94 burning test of the samples were performed. As a result of the experiments, no significant negative changes was observed in the compression test and thermal conductivity coefficient. It was found that the combustion resistance of the foams were enhanced with the addition of disodium tetraborate anhydrous.

Keywords: Rigid polyurethane foam, Disodium tetraborate anhydrous, Compressive strength, Heat transfer coefficient, UL94

1. GİRİŞ

Sert (Rijit) poliüretan köpük malzemeler, gözenekli yapılarından kaynaklanan düşük yoğunluklarıyla ve düşük ısı iletim katsayıları ile oldukça iyi yalıtım malzemeleridir. Yüksek oranda kapalı hücre yapısına sahip olmaları da bu özelliklerini daha da olumlu etkilemektedir. Bu malzemeler, sert ve oldukça dayanıklı yapıları ile özellikle prefabrik binaların duvarlarında ve çatılarında kullanılan sandviç panel üretiminde tercih edilmektedir. Ayrıca yalıtım levhaları ile ve püskürtme kaplama yöntemleri ile bina yalıtımlarında da kullanılmaktadır. Sert poliüretan köpük parçalara örnekler Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. *Sert poliüretan köpük kullanım örnekleri (a) Boru yalıtımı, (b) Yalıtım levhaları*

Susuz disodyum tetraborat (SDTB), başta cam, seramik, metalürji, temizlik malzemeleri, refrakter malzemeler, petrokimya endüstrileri olmak üzere geniş bir alanda kullanılmaktadır. Oda sıcaklığı ve atmosfer basıncında beyaz, kokusuz, katı kristal yapıdadır (ETİMADEN, 2019).

Ekonomik ürünler üretmek veya polimer malzemelerin özelliklerini iyileştirmek için çeşitli dolgu maddeleri kullanılmaktadır (Ashida, 2007, Usta, 2012). Çeşitli katkı ve dolgu maddeleri kullanıldıkları polimer malzemeye göre değişik özellikler gösterebilmektedir. Köpük poliüretan malzemelere katılan maddelerde, poliüretan üretim prosesine uygunluk göstermelidir (Sahai ve diğ., 2006). Örneğin, hücresel yapıya sahip poliüretan malzemeler, kabarma reaksiyonlarını engelleyen katkı maddeleri ile üretilememektedirler. Mikro boyutlu bazı katkı maddeleri de hücre oluşumunu arttırarak köpüğün yoğunluğunu düşürmekte ve mekanik özelliklerini de kötü yönde etkileyebilmektedir (Fan ve diğ., 2012). Yanma dayanımını arttırıcı katkı maddeleri, malzemelerin mekanik ve görsel özelliklerini kötüleştirebilmektedir (Levchik ve Weil, 2004). Değişik poliüretan malzemelerde, bor

bileşiklerinin yanma özelliklerine etkileri de araştırmacılar tarafından incelenmiş ve iyi sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir (Chao ve diğ. 2017). Bu sebeplerden dolayı katkı maddelerinin polimer malzemelerde kullanımı araştırılırken, malzeme özelliklerine etkileri çok yönlü olarak incelenmelidir.

Bu çalışmada, özellikle yalıtım sektöründe kullanılan, sert poliüretan köpük malzemeye, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında Susuz disodyum tetraborat ($Na_2B_4O_7$) ilave edilmiştir. Üretilen numunelere basma deneyi, ısı iletim katsayısı ölçümü ve UL94 yanma deneyleri yapılarak sonuçları değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1.Malzemeler

Genellikle yalıtım uygulamalarında kullanılan sert poliüretan köpük malzeme hammaddeleri Elastogran BASF firmasından temin edilmiştir (Elastopor H2011/4, 2005). Susuz disodyum tetraborat ($Na_2B_4O_7$), ETİMADEN İşletmeleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek kullanılmıştır.

2.2.Numunelerin Hazırlanması

Sert poliüretan köpük malzemeler, sıvı halde bulunan poliol ve izosiyanat hammaddenin mekanik karıştırıcılı veya yüksek basınçlı poliüretan üretim makinelerinde karıştırılması sonucu oluşan ekzotermik reaksiyon ile meydana gelen hücresel yapılı malzemelerdir.

Tablo 1'de belirtilen oranlarda, Susuz disodyum tetraborat ($Na_2B_4O_7$), 100 ºC fırında kurutulduktan sonra, poliol içerisine eklenmiş ve homojenizatör yardımı ile iyi bir şekilde sıvı içerisine dağılımı sağlanmıştır. Daha sonra hazırlanan katkılı poliol ile izosiyanat ayrı bir kapta birleştirilerek, 15 saniye süre ile mekanik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım vakit kaybetmeden yaklaşık 35°C sıcaklıktaki 350×350×50 boyutlarındaki Alüminyum kalıba boşaltılmıştır. Kalıp ısıtıcılı prese (~35°C) yerleştirilerek, yaklaşık 20 dakika beklenmiştir. Numuneler kalıptan çıkarıldıktan sonra reaksiyonun tamamlanması için oda sıcaklığında en az 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra deney numuneleri, şerit testere ile kesilerek standart boyutlarda hazırlanmıştır.

Tablo 1. Üretilen numune tablosu

S.N.	Kod	Polimer (g)	SDTB (%)	Toplam (g)
1	HAM	300	-	300
2	%05 SDTB	300	5	315
3	%10 SDTB	300	10	330
4	%15 SDTB	300	15	345
	%20 SDTB	300	20	360

2.3.Deneysel Yöntemler

Deneylerden önce numunelerin şartlandırılması, ASTM D 618 standardına uygun olarak, 23±1 °C sıcaklık ve %50±5 bağıl nemde, Nüve TK 252 şartlandırma ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Polimer malzemelerin özellikleri sıcaklık ve nemden etkilendikleri için, şartlandırma işlemi önem arz etmektedir.

Basma deneyleri, ASTM D 1621-10 standardına uygun şekilde hazırlanan numuneler ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler, Instron marka, 8801 model çekme deney makinesine uygun basma çeneleri takılarak yapılmıştır. Her deney gurubundan en az beş adet numune test edilerek sonuçları kullanılmıştır.

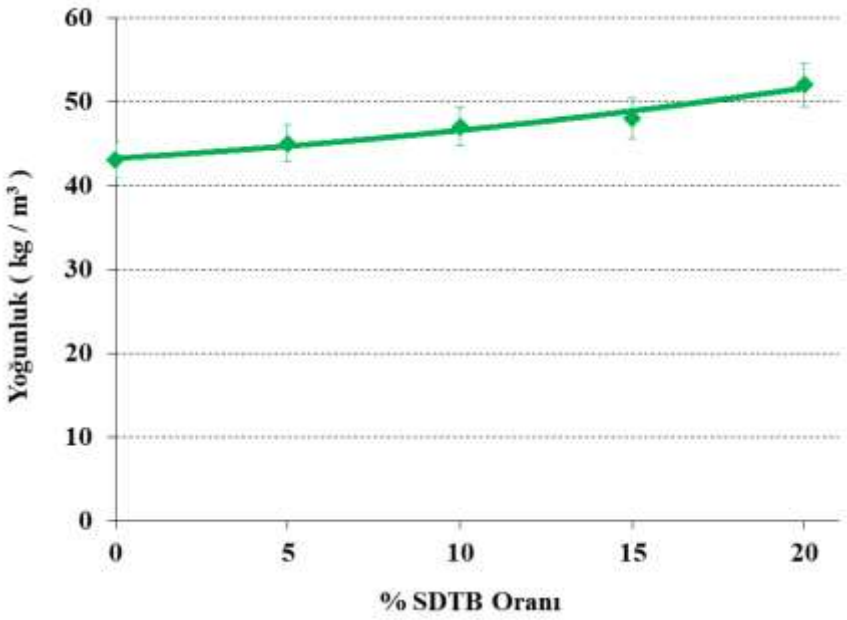
Şekil 2. *Basma deneyi uygulanması*

Isı iletim katsayısıölçümü, ASTM C1113-09 standardına göre ölçüm yapan, sıcak tel metodu ile çalışan, Kyoto Electronics marka QTM-500 model cihaz ile yapılmıştır

Yanma deneyleri, UL94 standardına göre, köpük numuneler için tarif edilen düzenek kullanılarak, 150mm×50mm×10mm boyutlarında hazırlanan ve yakılacak uçtan itibaren 25mm, 60mm, 125mm ölçülerde işaretlenen numuneler ile yapılmıştır. Deneyler, saf metan gazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

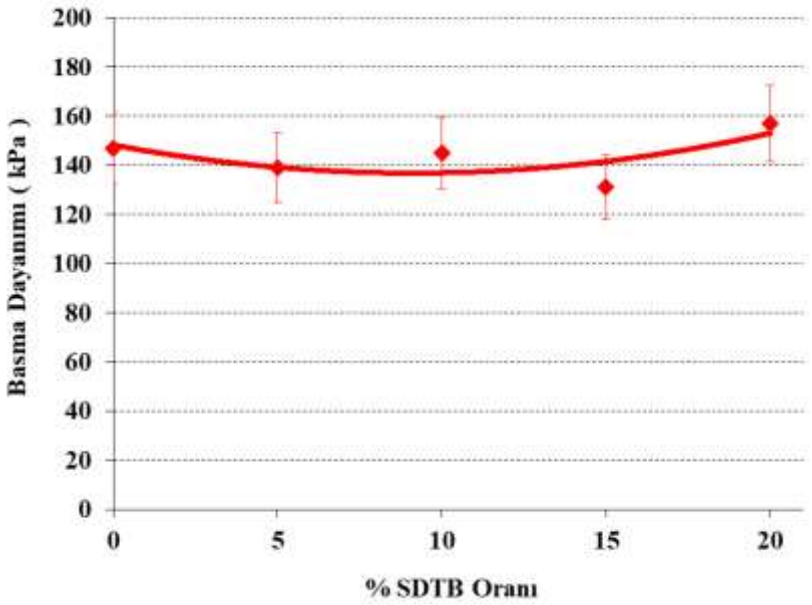
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Numunelerin üretiminde, Susuz disodyum tetraborat ($Na_2B_4O_7$), polimer yapıya polimer madde miktarında azaltma yapılmadan eklenmiştir. Bu sebeple, malzeme yoğunluğunda, artan katkı maddesi oranıyla birlikte, yükselme görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. *Katkı maddesi oranına göre yoğunluk değerleri*

Basma dayanımı sonuçları Şekil 4' görülmektedir. Genel olarak, SDTB katkı maddesinin basma dayanımında olumsuz bir etkisi olmadığı sonucuna varılabilir. Köpük yapıdaki polimer malzemelerde birçok katkı maddesinin, mekanik özelliklerde azalmaya sebep olduğu, yapılan çalışmalarda bahsedilmektedir (Navarro ve diğ., 2012, Latinwo ve diğ., 2010). SDTB katkı maddesini %20 oranında mekanik özelliklerde bir miktar artışa dahi sebep olduğu görülmektedir.

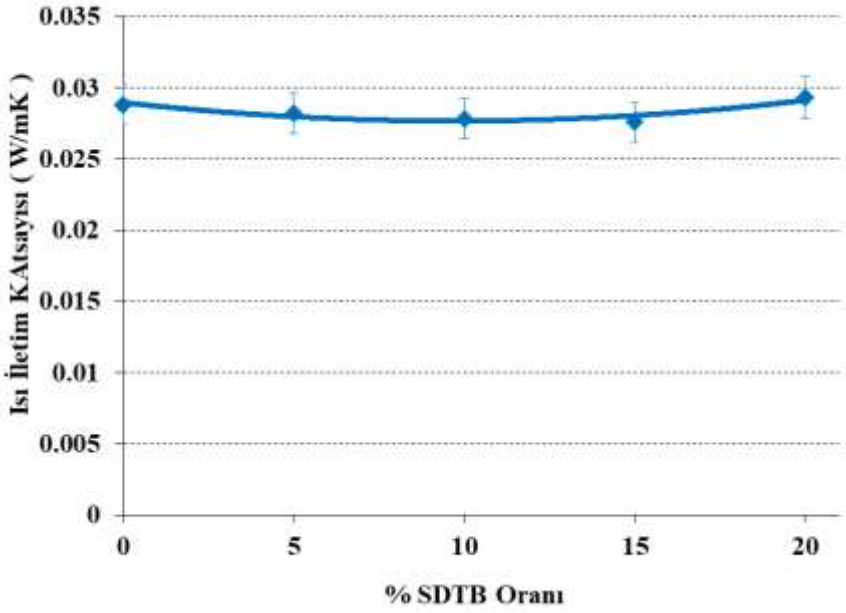


Şekil 4. Basma dayanımı sonuçları

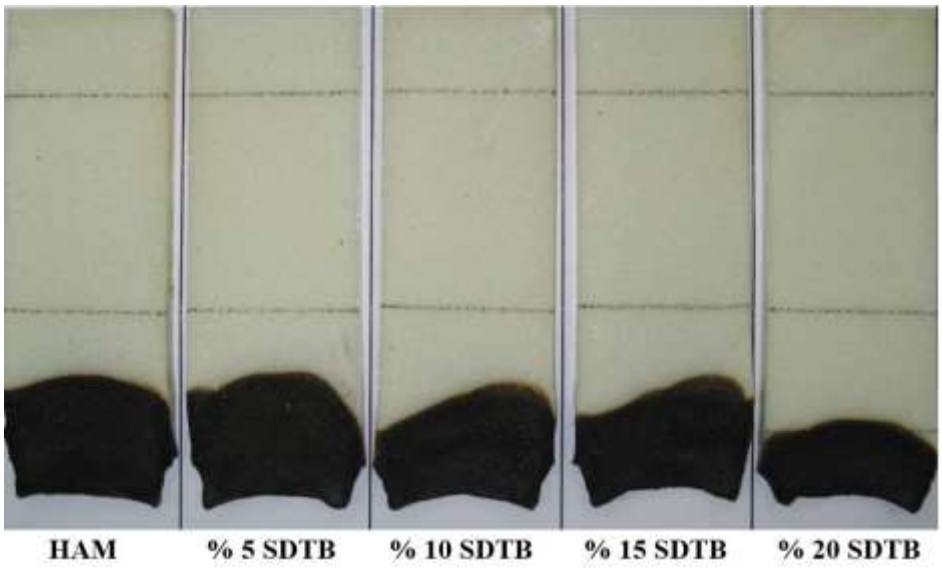
Isı iletim katsayısı sonuçları Şekil 5'te verilmiştir. %15 SDTB katkı maddesi oranına kadar bir miktar düşüş görülmesine karşın, %20 oranına gelindiğinde ısı iletim katsayında bir miktar

yükselme olmuştur. Isı iletim katsayısında yükselme, yalıtım sektöründe kullanılan malzemeler için istenen bir değişim değildir. Ancak buradaki artış malzemeyi kullanmaya engel teşkil edecek boyutta değildir.

UL94 yanma deneyi sonrası numune fotoğrafları, Şekil 6'da karşılaştırılmaktadır. Artan SDTB oranıyla birlikte yanma deneyi sonuçlarında iyileşme olduğu görülmektedir. Burada en iyi sonucu veren, %20 SDTB katkı maddesi kullanılan numune olduğu, belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Yalıtım malzemeleri, genellikle insan veya diğer canlıların yaşadıkları yerlerde kullanılmaktadır. Bu sebeple, yalıtım malzemelerinin yanmaya karşı dirençlerinin arttırılması büyük önem arz etmektedir.



Şekil 5. Sabit deformasyon basma deneyi sonuçları



Şekil 6. UL94 Yanma Deneyi Sonuçları

4. SONUÇLAR

Üretilen SDTB katkılı sert poliüretan köpük numuneler, basma dayanımı, ısı iletim katsayısı ve UL94 yanma deneylerine tabi tutulmuşlardır.

Dolgu maddesi oranı arttıkça, basma dayanımı ve ısıl iletim katsayısında olumsuz bir değişim olmadığı görülmüştür. %20 SDTB katkılı numune basma dayanımında bir miktar artış olduğu görülmüştür.

Yanma direncine, % 20 SDTB dolgu maddesi ilaveli numunenin en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, SDTB katkı maddesinin, sert poliüretan köpük malzemelerde üretimi, mekanik özellikleri ve ısı iletim katsayısını çok fazla olumsuz etkilemeden alev geciktirici olarak kullanılabileceği sonucuna varılabilir.

TEŞEKKÜR

TÜBİTAK tarafından desteklenen 108T246 numaralı proje kapsamında temin edilen donanımlarla bu çalışma gerçekleştirildiğinden, yazar TÜBİTAK'a teşekkür eder.

REFERANSLAR

ASTM D 618-08, "Standard practice for conditioning plastics for testing", ASTM International, United States, 2008

ASTM C 1113–09, "Standard test method for thermal conductivity of refractories by hot wire", ASTM International, United States, 2013

ASTM D 1621-04a, "Standard test method for compressive properties of rigid cellular plastics", ASTM International, United States, 2004

Ashida, K., "Polyurethane and related foams chemistry and technology", CRC Press, U.S., 2007

Chao, C., Gao, M. & Chen, S. "Expanded graphite: Borax synergism in the flame-retardant flexible polyurethane foams", J Therm Anal Calorim 131, 71–79, 2018

Elastopor H2011/4, Teknik Bilgi Kartı, Elastogran BASF Group, 2005

ETİMADEN, Ürün teknik bilgi formu, Teknoloji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, EYS FRM-ETİ-00 17 /23/9/2014-02, 2019

Fan H., Tekeei A., Suppes G. J., and Hsieh F. H., "Properties of biobased rigid polyurethane foams reinforced with fillers:microspheres and nanoclay", International Journal of Polymer Science, 474803 (1-8), 2012

Gao, N. F., Kume, S. and Watari, K., "Zeolite-carbon composites prepared from industrial wastes: (I) effects of processing parameters", Materials Science and Engineering, 404, 274-280, 2005

Latinwo G. K., Aribike D. S., Susu A. A. and Kareem S. A., "Effects of different filler treatments on the morphology and mechanical properties of flexible polyurethane foam composites", Nature and Science 2010, 8, 6, 23-26, 2010

Levchik, S. V. and Weil, E. D., "Thermal decomposition, combustion and fire-retardancy of polyurethanes a review of the recent literatüre", Polymer International, 53, 585–1610, 2004

Navarro M. V., Vega-Baudrit J. R., Sibaja M. R. and Melero F. J., 2012. "Use of rice husk as filler in flexible polyurethane foams", Macromol. Symp., 202–207, 2012

Sahai, D., Vroman, I., Giraud, S. and Bourbigot, S., "Microencapsulation of ammonium phosphate with a polyurethane shell part ii interfacial polymerization technique", Reactive & Functional Polymers, 66, 1118–1125, 2006

UL-94, Tests for flammability of plastic materials for parts in devices and appliances, Underwriters Laboratories Inc., Northbrook, 1996

Usta, N., "Investigation of fire behavior of rigid polyurethane foams containing fly ash and intumescent flame retardant by using a cone calorimeter", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 124, 3372–3382, 2012

BARAJ İNŞAATI SÜRESİNCE BARAJLARIN MANSABINDAKİ MORFOLOJİK DEĞİŞİMLERİN ALANSAL DAĞILIMI: BÜYÜKKUMLA ÖRNEĞİ

SPATIAL DISTRIBUTION OF MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE DOWNSTREAM OF DAMS DURING CONSTRUCTION: THE CASE OF BUYUKKUMLA

Murat CAN, Emre ÇALIŞIR, Prof. Dr. Adem AKPINAR

Bursa Uludağ Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada, Bursa İli, Gemlik İlçesi sınırları içerinde olan Büyükkumla Barajı'nın bulunduğu Büyükkumla Deresi üzerinde inşa edilen Büyükkumla Barajı dolusavak deşarj kanalından akarsuyun mansaplandığı Marmara Denizi dere ağzına kadar olan toplam 2313 metrelik kısımda baraj inşaatı süresince gerçekleştirilen faaliyetler neticesinde dere yatağı boyunca oluşan morfolojik değişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu maksat için, Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) ve total-station cihazları ile akarsu yatağı boyunca baraj inşaatının başlamasını takiben 2014, 2016, 2017 ve 2018'in farklı dönemlerinde topoğrafik saha ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Farklı zamanların ölçümleri arasında bir ilişki kurmak için topoğrafik alan ölçümleri Coğrafi Bilgi Sistemine aktarılmıştır. Farklı yıllar boyunca elde edilen bu topoğrafik sayısal verilerin her biri için alansal haritalar aynı çözünürlükte olacak şekilde işlenmiştir. Daha sonra, bu alansal haritalar arasındaki fark haritaları farklı zaman aralıklarına göre üretilmiştir. Sonuç olarak, baraj inşaatı sırasında barajın hemen mansap tarafındaki 976 metrelik dere yatağında maksimum oyulma ve yığılma farklarının sırasıyla 1,47 m ve 2,85 m olduğu tespit edilmiştir. Buradan da, bu bölgede yığılma yönünde bir eğilimin olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Baraj inşaatı, dere yatağı, oyulma, yığılma, alansal analiz

ABSTRACT

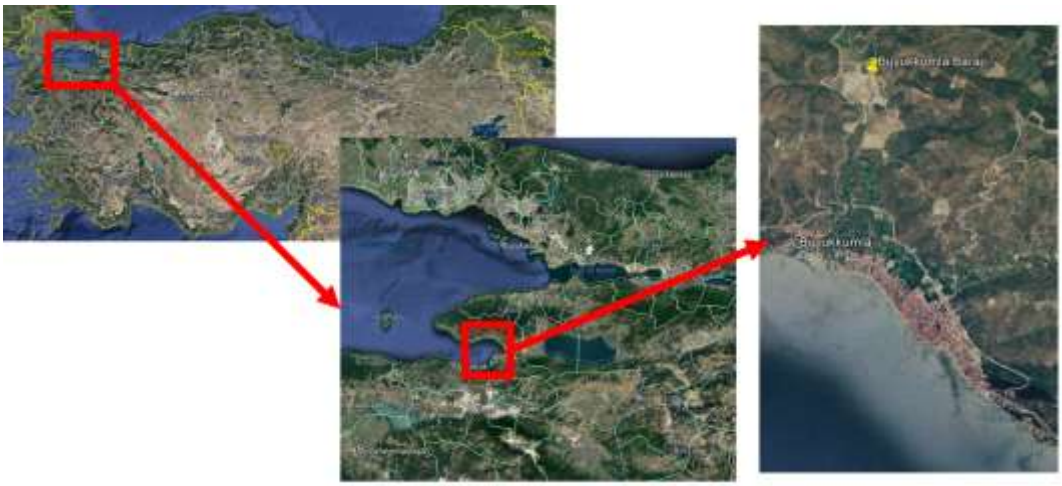
This study aims to investigate the spatial variation of morphological changes along the stream bed due to activities curried out during Büyükkumla dam construction, located within the borders of Gemlik District of Bursa Province. The study area stretches over a distance of 2313 meters, from the spillway discharge channel of the dam, downstream to the river mouth where it meets the Sea of Marmara. In order to do this, topographic field measurements along the river bed were carried out in different periods of 2014, 2016, 2017 and 2018 following the commencement of the dam construction by deploying the Global Positioning System (GPS) and total-station devices. Topographic area measurements were transferred to the Geographic Information System to set up a relationship among measurements of different times. Spatial maps bearing the same resolution were processed for each of these topographic numerical data collected over different years. Later, the bias maps among these spatial maps were produced according to different time intervals. It was found that the maximum erosion and accumulation differences in the river bed were 1.47 m and 2.85 m, respectively, in 976 meters

immediately downstream of the dam. Therefore, a conclusion was drawn that a tendency towards accumulation was present in this region.

Keywords: Dam construction, river bed, erosion, accumulation, spatial analysis

1. GİRİŞ

Akarsular üzerinde yapılan her türlü inşaat çalışmaları akarsu güzergahı, akım rejimleri, sediment taşınımı gibi akarsuyun karakteristik özelliklerinin değişmesine neden olabilmektedir. Bu çalışmada Bursa İli Gemlik İlçesi sınırları içerinde yer alan ve Marmara Denizine mansaplanan Büyükkumla Deresi üzerinde yapılan Büyükkumla Barajı inşaatının derenin mansap kısmında oluşturacağı değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 1. *Büyükkumla Barajı konum haritası*

Bu değişimleri irdeleyebilmek için dere güzergahı boyunca baraj dolusavak deşarj kanalı bitiminden başlayarak Marmara Denizi'ne mansaplanıncaya kadar olan kısımda toplam 2313 m. boyunca inşaat sürecinin başladığı tarih olan 2014 Mart (Yalnız ilk 976 metrelik kısımda), baraj gövde temel kazılarına ait faaliyetlerin büyük ölçüde tamamlandığı tarih olan 2016 Haziran, 2016 Ekim, 2017 Mart, 2017 Kasım ve son olarak baraj gövde dolgusunun tamamlandığı dönem olan 2018 Nisanda topoğrafik ölçümler yapılmıştır.

Bu bildiri kapsamında; baraj inşaatı çalışmalarında yapılan öncelikle kazı faaliyetleri ve sonrasında devam eden dolgu faaliyetleri dikkate alınarak; ilk ve son ölçüm aralıkları olan Mart 2014 ile Nisan 2018 arasında oluşan değişim, Haziran 2016 ile Nisan 2018 tarihleri arasına ait dönemlerdeki değişim incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Dere güzergahı boyunca yapılan topoğrafik ölçümler sırasında iki farklı yöntem kullanılmıştır. Arazinin bitki örtüsüne bağlı olarak açık yani uydulara erişimin mümkün olduğu bölgelerde uydu teknolojisi GNSS (Global Navigation Satallite System), sık ağaçlık bölgelerde ise yersel yöntemler kullanılmıştır. GNSS yöntemi daha yaygın bilinen adıyla GPS (Global Positioning System) yöntemi ile ölçümlerde GNSS anteni kullanılmıştır. Yersel yöntemlerde ise total station (elektronik takometre) ile ölçümler yapılmıştır.

Şekil 2. *(a) GNSS anteni fotoğrafı, (b) Total station fotoğrafı*

Yapılan bu ölçümlerden elde edilen gerçek noktasal veriler kullanılarak, benzer çözünürlükte olacak şekilde CBS (Coğrafi Bilgi Sistem) programlarından biri olan ArcGIS vasıtasıyla sayısal yükseklik modelleri (DEM, Digital Elevation Model) oluşturulmuştur. Sayısal yükseklik modelleri oluşturulması sırasında Kriging metodu kullanılmıştır.

Sayısal yükseklik modelleri oluşturulmasında iki tür hesaplama yöntemi bulunur. İlk tür enterpolasyon yöntemleri verileri yalnızca matematiksel formülleri ile işleyerek bir model oluşturur. İkinci tür yöntemler ise verilerin istatistikleri ile birlikte matematiksel işlemleri yürütür ve gerçeğe daha yakın bir model oluşmasını sağlar. Kriging metodu bu ikinci tür diye bahsettiğimiz kısımda yer almaktadır. Kriging metodu Arun, 2013 tarafından topoğrafik ölçümleri en doğru tahmin edebilen metot olarak bulunmuştur.

Kriging formülü şu şekildedir (ArcGIS, 2020);

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i Z(s_i) \qquad (1)$$

Burada;

$Z(s_i)$= i. konumda ölçülen değer

λ_i= i. konumda ölçülen değer için ağırlık

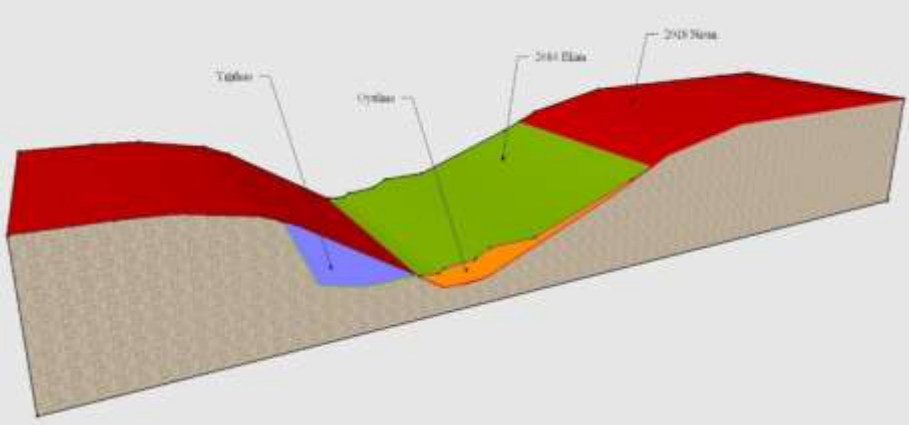
$Z(s_0)$= = tahmin yeri

N = ölçülen değerlerin sayısı

Birinci tür enterpolasyon yöntemlerinde λ_i yalnızca tahmin yerine olan uzaklığa bağlıdır. Kriging yönteminde ise bu ağırlık değeri sadece ölçülen noktalar arası mesafeye değil, aynı zamanda ölçülen noktaların düzlemsel olarak korelasyonlarına da bakılmaktadır.

Bu işlemlerin ardından oluşturulan alansal haritalar yardımıyla bir sonraki ölçümden bir önceki ölçüm çıkartılarak oluşturan alansal fark haritaları, ortofoto haritalar üzerine yerleştirilerek, değişimlerin hangi bölgelerde ve ne şekilde oluştuğu net bir şekilde belirlenmiştir.

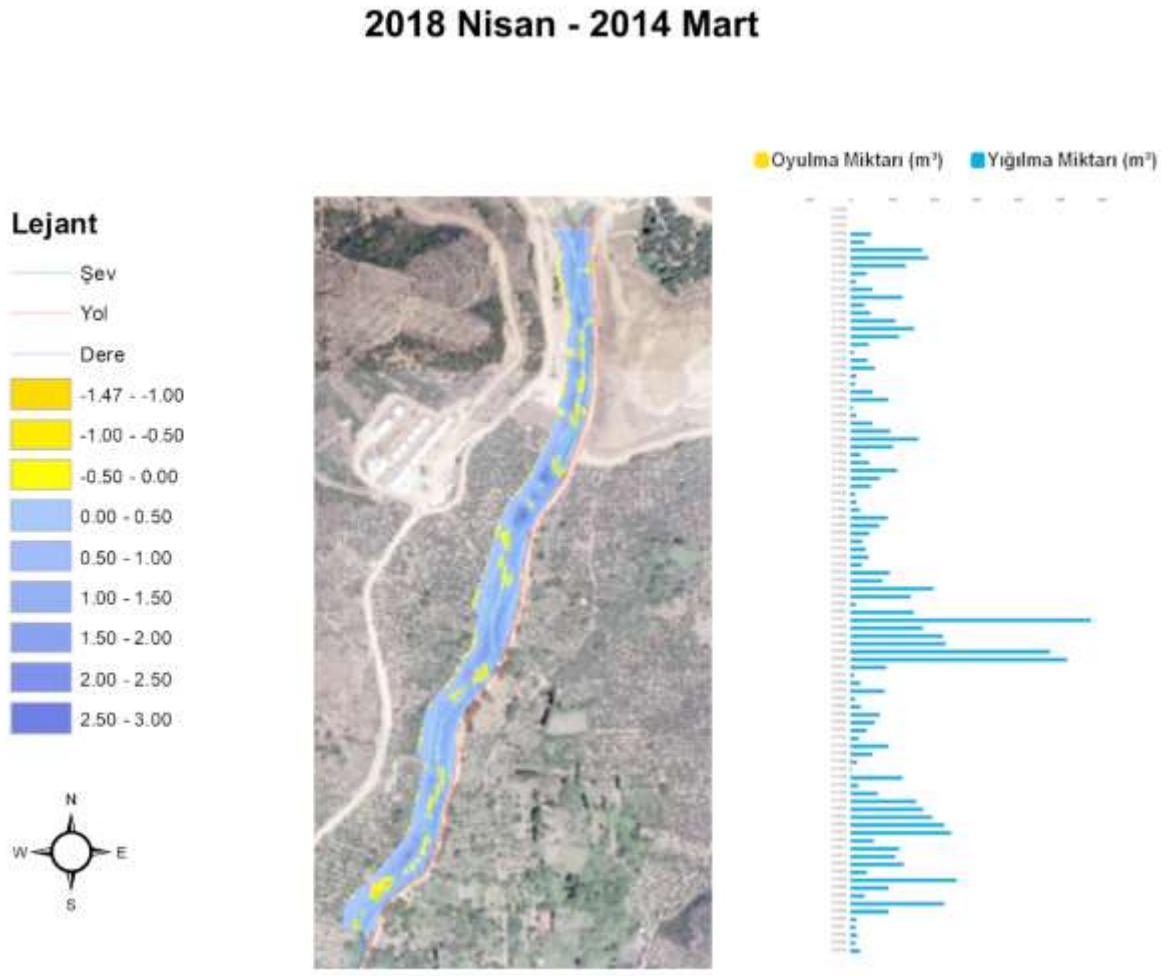
Alansal ölçümler ile birlikte dere güzergahı üzerinde alınan her bir enkesit için belirlenen oyulma ve yığılma hacimlerinin güzergah boyunca değişimleri de irdelenmiştir. Bunun için son ölçüm ve ilk ölçüm enkesitleri üst üste çakıştırılmış ve Şekil 3'te de gösterildiği gibi oyulma ve yığılma alanları tespit edilmiş, daha sonra bir sonraki kesit ile olan mesafenin yarı mesafe ile çarpılarak hacimsel değişimler belirlenmiştir.



Şekil 3. *İki farklı döneme ait enkesitlerin temsili olarak üst üste çakıştırılması ile oyulma (sarı) ve yığılma (mor) alanların tespit edilmesi*

3. BULGULAR VE İRDELEME

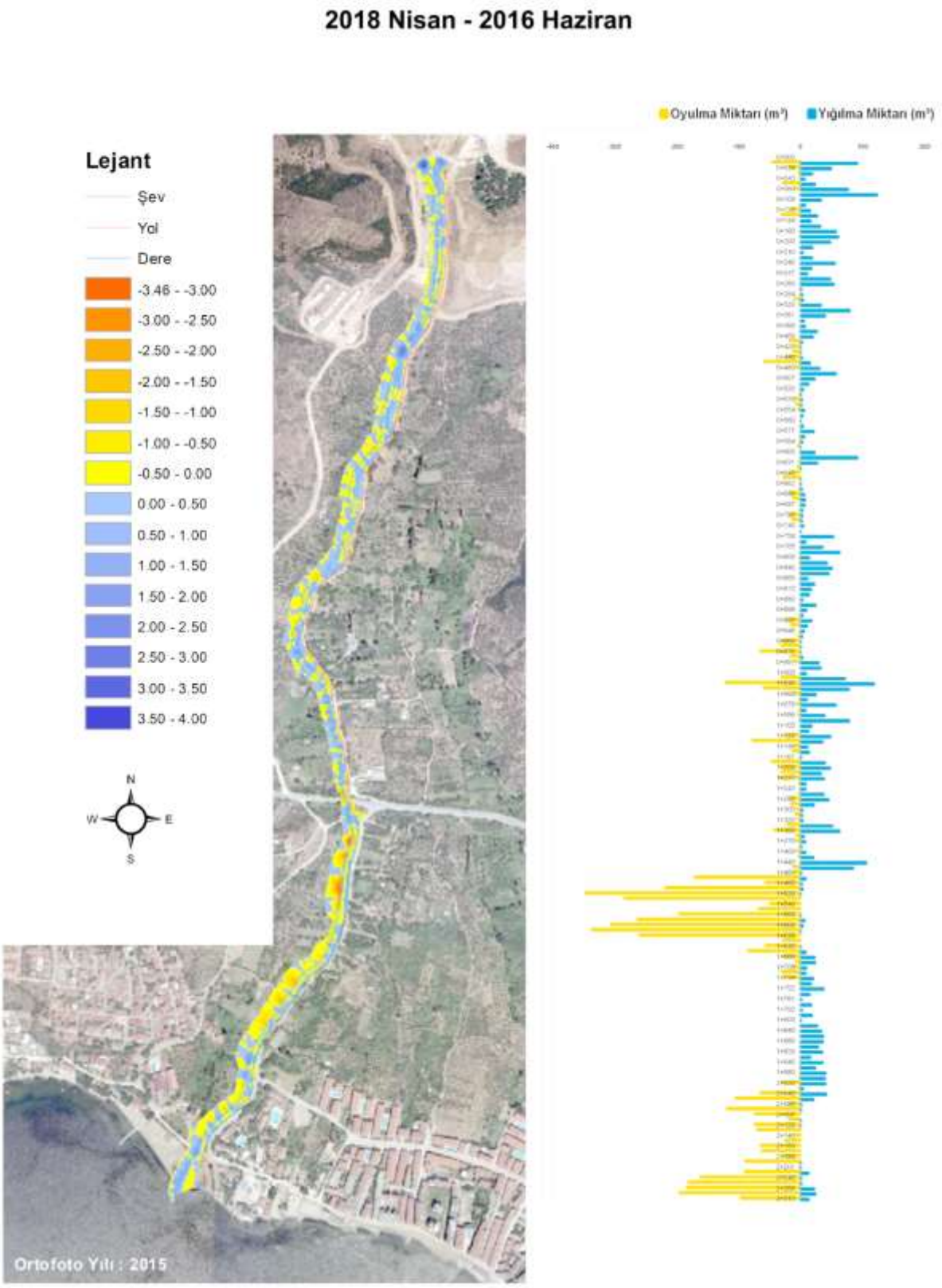
Alansal fark haritaları ve güzergah boyunca enkesit bazında oyulma ve yığılma alanlarının güzergah boyunca değişimleri incelenen iki farklı dönem için Şekil 4 ve 5'te sunulmuştur.



Şekil 4. 2018 Nisan-2014 Mart *dönemleri için alansal fark haritası ve güzergah boyunca enkesit bazında* oyulma yığılma grafiği

2014 Mart; baraj inşaatı için gövde temel kazıları ve baraj ünitelerine ait büyük çaplı kazı faaliyetlerinin başladığı tarih olup, 2018 Nisan ise baraj gövde dolgusunun tamamlandığı tarihtir. 2014 Mart döneminde topoğrafik ölçüm baraj deşarj kanalından başlanılarak 976 metre boyunca mansaba doğru alınmıştır. Bu nedenle, iki dönem arasında ki değişim yalnızca bu 976 metrelik bölümde incelenmiştir.

Şekil 4'e bakıldığında ilk kısım olarak tabir edebileceğimiz bu kısımda yığılma durumunun hakim olduğu net bir şekilde gözlenmektedir. Bazı kısımlarda 2,5 - 3 metrelik yükseklik artışları gözlenirken iki enkesit arasında 600 m³'lere varan yığılma durumları bulunmaktadır.



Şekil 5*. 2018 Nisan-2016* Haziran dönemleri için alansal fark haritası ve güzergah boyunca enkesi*t bazında oyulma yığılma grafiği*

Bu kısımda ise baraj kazı faaliyetlerinin neredeyse tamamlandığı dönem olan 2016 Haziran ile baraj gövde dolgusuna ait faaliyetlerin tamamlandığı dönem olan 2018 Nisan aralığının oyulma yığılma bakımından değişimi incelenmiştir (Şekil 5).

Şekil 4'te ki durumdan farklı olarak burada her iki dönemde de baraj deşarj kanalından başlayarak Marmara Denizi'ne döküldüğü giriş ağzına kadar olan kısımda ölçüm yapıldığından tüm dere güzergahı boyunca alansal değişim haritaları ve enkesitler bazında oyulma yığılma grafikleri elde edilebilmiştir.

Bu dönemde; baraj çalışmaları etkisinde taşınan malzemenin baraj gövde çıkışından başlayarak karayolu geçiş noktasına kadar olan Km: 0+000 – Km: 1+580'lik kısımda en fazla 4 metreye varan yığılmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Dere yatağındaki akışın karayolu geçişine kadarlık bölgede taşıdığı malzemeyi bırakması neticesinde ana yol köprüsünden sonra Km: 1+580 – Km: 2+313 aralığında maksimum 3,48 metreye varan oyulma yönünde bir değişimin olduğu tespit edilmiştir.

Denize doğru akış ile taşınması beklenen ve denize giriş ağzında bir birikme yapması gereken bölgede, 2017 yılında Mart-Nisan döneminde Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından iş makineleri ile yapılan kazı neticesinde bu bölgenin 2143 m³ kazı yapılarak temizlendiği tespit edilmiştir. DSİ iş makineleri ile yapılan bu kazı nedeniyle denize giriş ağzında bir oyulma durumunun oluştuğu görülmektedir. DSİ tarafından dere yatağının denize giriş ağzında biriken malzeme kazılmamış olsa idi, denize giriş ağzında bir yüksek miktarda bir yığılma görülebilirdi.

4. SONUÇLAR

İncelenen bu dönemler arasına ait iki alansal fark haritası ve güzergah boyunca enkesit bazında oluşturulan oyulma yığılma grafikleri ile çıkarılan sonuçlar şu şekilde listelenmiştir.

- Tüm dönem aralığı olan 2014 Mart – 2018 Nisan incelendiğinde, yapılan büyük ölçekteki inşaat faaliyetleri sonucunda dere hattı boyunca yığılmanın etkin olduğu görülmüştür.

- Kazı faaliyetlerinin bitmeye yakın olduğu dönem ile baraj gövde dolgu faaliyetlerinin tamamlandığı son dönem arasındaki değişime bakıldığında ise; Km: 0+000 ile Km: 1+580 arasında yığılmanın azalarak devam ettiği ancak Km: 1+580 ile Marmara Denizi giriş ağzı olan Km: 2+313 arasında ki bölgede oyulmanın daha etkin olduğu gözlenmiştir.

- Akarsu yatakları üzerine inşa edilen su yapıları neticesinde dereye taşınan malzeme neticesinde, inşa edilen yapıya yakın kısımda yığılma olduğu gözlenmekte ancak inşaat faaliyetleri tamamlandıktan sonra bu eğilim az da olsa devam etmekte olduğu ancak akarsu yatağı mansap kesimine doğru oluşan oyulma etkisinin devam ettiği görülmektedir.

KAYNAKLAR

Arun, P. V., 2013. A comparative analysis of different DEM interpolation methods. Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci. 16, 133–139.

ArcGIS, 2020. How Kriging works, https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm (erişim 15.03.2020).

Doğan E., Işık S. ve Şaşal M., 2006. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No:3 401-408.

Khan, Ö., Crosato A., Muketenya E. M.ve Zhou y., 2014. 'Effects of Dam Operation on Downstream River Morphology. ICE Publishing Paper 1300122.

Matheron, G., 1963. Principles of geostatistics. Econ. Geol. 58, 1246–1266.

Protela L.İ., 2008. Sediment transport and morphodynamics of the Douro River estuary, Geo-Mar Lett 28:77-86.

Csiki S. ve Rhoads B.L., 2014. Influence of four run of river dams on channel morphology and sediment characteristics in Illinois, USA, Geomorphology 206. 215-229.

AĞAÇ TANIMLAMA

TREE IDENTIFIER

Asst. Prof. Dr. Onur KILINÇ

Eskişehir Technical University, Vocational School of Transportation - Rail Systems Electrical – Electronics, Eskişehir (Correspondent Author)

Alperen SAYAR

Student, Eskişehir Technical University, Engineering Faculty, Electrical Electronics Engineering, Eskişehir

Mehmet Serhat CEYLAN

Student, Eskişehir Technical University, Engineering Faculty, Electrical Electronics Engineering, Eskişehir

ÖZET

Bu araştırmada, bir bitki tespit sistemi önerilmiştir. Önerilen algoritma bir bitkiyi üç farklı aşamada tanımlar; ön işleme, öznitelik çıkarma ve sınıflandırma. Gri-seviye morfolojik öznitelikler (GSEM) ve yeni önerilen, şekli tanımlayan öznitelik gibi farklı yaprak öznitelikleri çıkartılır. Çıkarılan bu öznitelikler, Destek Vektör Makinesi (DVM), k-En Yakın Komşu (kNN) ve Fisher Doğrusal Diskriminant Analizi (FDDA) için girdi vektörleri olarak ele alınır. Bu araştırma için özel hazırlanan veri kümesi, 16 farklı sınıftan 922 yaprak örneği içermektedir ve tanımlamada maksimum %88,7 doğruluk gözlemlenmiştir. Algoritmanın etkinliği ayrıca Flavia veri kümesi üzerinde test edilmiştir, 30 farklı sınıftan 1851 yaprak örneği içerir ve elde edilen doğruluk %86,2'dir. Sunulan algoritmanın yüksek sayıda sınıf içeren iki veri setinde de etkili olduğu değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ön işleme; öznitelik çıkarma; sınıflandırma; morfolojik öznitelikler; şekli tanımlayan öznitelik; destek vektör makinesi; k-en yakın komşu; Flavia, bitki tanıma.

ABSTRACT

In this research, a plant detection framework is proposed. The proposed algorithm identifies a plant in three distinct stages; pre-processing, feature extraction and classification. Different leaf features, such as gray level morphological features (GLCM) and a newly proposed shape-defining feature, are extracted. These extracted features are treated as input vectors for Support Vector Machine (SVM), k-Nearest Neighbourhood (kNN) and Fisher's Linear Discriminant Analysis (FLDA). The dataset, which are prepared special for this research, includes 922 leaf samples of 16 different classes and the maximum recognition accuracy of 88,7% is observed. The effectiveness of the algorithm has also been tested on Flavia dataset which includes 1851 leaf samples of 30 different classes and resultant accuracy is 86,2%. The proposed algorithm is considered to be efficient in both datasets which include high number of classes.

Keywords: Pre-processing, feature extraction, classification, morphological features, shape-defining features, support vector machine, k-nearest neighbourhood, Flavia, plant recognition.

1. INTRODUCTION

Plants, many of which carry important information for the development of human society, exist almost everywhere on the planet. Many plants are at risk of extinction. Therefore, it is urgent to create a database for plant protection.

The leaves are numerous and can be found on the species most of the year, making them suitable for computerized plant classification. Leaf features used in the literature include different statistical features such as area, perimeter, convex body, convex area, major, minor, eccentricity, aspect ratio, circularity and roundness. It is known that different classification techniques such as Support Vector Machines (SVM), k-Nearest Neighbor (kNN) and linear discriminant analysis (LDA) are used for plant classification.

In the literature, previously conducted studies on plant recognition using Flavia dataset; Lee et al used geometric and morphological features and 95% performance was observed for the 1907 images dataset with 32 classes [1]. Kolivand et al. used shape and texture features in a 32-class study and 94% accuracy was observed [2]. Satti et al. used color, shape, morphological and dental features; they achieved 93% success in 33 class studies [3]. Kadir et al. used geometric, color, texture, vein features and reached 93% in 32 class with 1907 images. [4]. Bao et al. obtained 92% success in 32 classes using the histogram of oriented gradients descriptor [5]. Wu et al. used geometric and morphological features in 32 class study containing 1800 images and observed 90% success rate [6]. Chaki et al. used shape, texture and color features and observed 87% success in the study of 31 class of 930 images [7]. Arun et al. achieved 94% success in five-class study with 250 images using texture and color features [8]. Munisami et al. reported 91% accuracy for 32 class 640 image database using color and morphological features [9].

In our study, to achieve a proper framework for plant detection, firstly, performance values were tested by using shape features and Gray Level Co-occurance Matrix (GLCM) features in Flavia dataset containing 1851 photos with 30 classes. Then, in our own dataset, the effectiveness of this method was confirmed with 16 classes and 922 images.

This paper is organized as follows: In the second part, the steps before the feature extraction (pre-processing) are described. In the third part, the suggested feature extraction methods are mentioned. The classifiers used in our methodology are told in fourth section. Finally, in the fifth section, the performance results obtained in the two different databases are presented.

2. IMAGE PRE-PROCESSING

Our three-step plant identification system is firstly taken by leaf image scanners or digital cameras. Since we cannot find any digitizing device to save the image in a lossless compression format, the image format here is JPEG. All leaf images are at 800 x 600 resolution and there are no restrictions on the direction of the leaves when taking photos.

In the processing phase, an RGB image is firstly converted to a grayscale image.

In the second step, the acquired image taken by the camera or from the local database is converted into a black and white by threshold segmentation and then the petiole is removed by applying a 33 x 33 median filtering method. At this stage, the image should be a single leaf placed on a light, non-woven background without any other complex images on the background.

In the third step, the histogram intersection is used to estimate the class and return to users of the best types that best match the query image.

The thresholding technique converts the RGB image into gray and divides the image into gray levels based on the clip level (or a threshold value). The threshold is chosen with empirical investigation of different images in the dataset.

3. FEATURE EXRACTION

The proposed features for tree identification (Table I and Table II) are extracted from each image and converted into column feature vectors. Bounding box [4 x 1] and geometric center [2 x 1] are used in Table I. Since the main axis and the small axis features are used by taking the ratio of each other, the combined feature matrix size is [19 x 1] after concatenating the features that are shown in Table 1-2.

Table 1. Shape features [10]

Feature	Description
Area	Actual number of pixels in the region.
Bounding Box	Smallest rectangle containing the region.
Centroid	Center of mass of the region.
Convex Area	Number of pixels in 'Convex Image'
Convex Hull	Smallest convex polygon that can contain the region.
Circularity	(4*Area*3,14)/(perimeter^2)
Eccentricity	Eccentricity of the ellipse that has the same second moments as the region.
Equivalent Diameter	Diameter of a circle with the same area as the region. (4*Area)/r
Extent	Ratio of pixels in the region to pixels in the total bounding box. Area divided by the area of the bounding box.
Major Axis Length	Length (in pixels) of the major axis of the ellipse that has the same normalized second central moments as the region.
Minor Axis Length	Length (in pixels) of the minor axis of the ellipse that has the same normalized second central moments as the region.
Solidity	Proportion of the pixels in the convex hull that are also in the region. Area/Convex Area.

Table 2. GLCM features [10]

Feature	Description
Contrast	Measure of the intensity contrast between a pixel and its neighbour over the whole image.
Correlation	Measure of how correlated a pixel is to its neighbour over the whole image.
Energy	Sum of squared elements in the GLCM.
Homogeneity	Value that measures the closeness of the distribution of elements in the GLCM to the GLCM diagonal.

4. CLASSIFICATION

4.1 Support Vector Machine

Support Vector Machine (SVM) is a controlled machine learning algorithm that can be used for both classification and regression challenges based on finding the maximum hyper plane in n-dimension space. However, it is mostly used in classification problems.

4.2. K-Nearest Neighbours

K-Nearest Neighbours (kNN) is one of the most basic non-linear classification algorithms in machine learning. It belongs to the supervised learning area and finds intensive practice in pattern recognition, data mining and intrusion detection.

4.3. Fisher Linear Discriminant Analysis

In the classification of Fisher Linear Discriminant Analysis (FLDA) [11], which performs classification by making a dimension reduction process that optimizes the intra-class and inter-class covariance matrices.

5. EXPERIMENTAL RESULTS

This study provides a different classification method for plant leaf recognition. With its application, the computer will automatically classify 16 kinds of plant species with high accuracy. The feature vectors of [19 x 1] dimension were created by combining shape and GLCM features to train the classifiers.

The success of the method is proven with 10-fold cross-validation tests which are given in Table 3-4. According to the best results, 16 class classification using quadratic SVM is 88,7% and 30 class Flavia plant recognition accuracy is 86.2% when we use quadratic SVM.

Table 3. Classification success in our own dataset and Flavia leaf dataset

Dataset	**Our Dataset (16 class)**			**Flavia Dataset (30-class)**		
Classifier	**Train**	**Test**	**Classifier Score (%)**	**Train**	**Test**	**Classifier Score (%)**
FLDA	830	92	80,1	-	-	-
SVM (linear)	830	92	84,8	1665	185	83,6
SVM (quadratic)	830	92	**88,7**	1665	185	**86,2**
SVM (cubic)	830	92	87,3	1665	185	85,7
kNN	830	92	82,0	1665	185	82,2

6. CONCLUSION

According to the results obtained, the proposed method achieved a high performance of 88.7% in a 16-class study, while a significant achievement of 86.2 % in 30 classes was observed in the widely studied Flavia database. In the literature, it is evaluated that high performance is observed that can compete with the methods in recent article studies and that

the proposed system can be used as a powerful plant recognition tool. Classification rates can further be increased by adding some new morphological and shape features to the tree recognition system presented, by trying different feature normalizations and increasing the number of classifiers and feature selection.

REFERENCES

[1] Lee, K.-B., Chung, K.-W., Hong, K.-S. 2013. "An Implementation of Leaf Recognition System Based on Leaf Contour and Centroid for Plant Classification". Y.-H. Han, D.-S. Park, W. Jia, & S.-S. Yeo (Ed.), Ubiquitous Information Technologies and Applications (C. 214, ss. 109- 116).

[2] H. Kolivand, B. M. Fern, M. S. M. Rahim, G. Sulong, T. Baker, and D. Tully, "An expert botanical feature extraction technique based on phenetic features for identifying plant species", PLOS ONE, c. 13, sy 2, s. e0191447, 2018.

[3] V Satti, V., Satya, A., Sharma, S. 2013. "An Automatic Leaf Recognition System for Plant Identıfication Usıng Machine Vision Technology". International Journal of Engineering Science and Technology, 5, 7.A.

[4] Kadir, L. E. Nugroho, A. Susanto, and P. I. Santosa, "Neural Network Application on Foliage Plant Identification", Int. J. Comput. Appl., c. 29, sy 9, ss. 15-22, 2011.

[5] Quoc Bao, T., Tan Kiet, N. T., Quoc Dinh, T., Hiep, H. X. 2019. "Plant species identification from leaf patterns using histogram of oriented gradients feature space and convolution neural networks". Journal of Information and Telecommunication, 1-11.

[6] Wu, S. G., Bao, F. S., Xu, E. Y., Wang, Y.-X., Chang, Y.-F., Xiang, Q.- L. 2007. "A Leaf Recognition Algorithm for Plant Classification Using Probabilistic Neural Network". ArXiv:0707.4289 [Cs].

[7] Chaki, J., Parekh, R., Bhattacharya, S. 2015. "Plant leaf recognition using texture and shape features with neural classifiers". Pattern Recognition Letters, 58, 61-68.

[8] H.Arun, C., R. Sam Emmanuel, W., Christopher Durairaj, D. 2013. "Texture Feature Extraction for Identification of Medicinal Plants and comparison of different classifiers". International Journal of Computer Applications, 62 (12), 1-9.

[9] Munisami, T., Ramsurn, M., Kishnah, S., Pudaruth, S. 2015. "Plant Leaf Recognition Using Shape Features and Colour Histogram with K-nearest Neighbour Classifiers". Procedia Computer Science, 58, 740-747.

[10] M. Ercanoglu ve C. Gokceoglu, "Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey)", Eng. Geol., c. 75, sy 3-4, ss. 229-250, Kas. 2004, doi: 10.1016/j.enggeo.2004.06.001.

[11] Ergin S. ve Kilinc, O. "A new feature extraction framework based on wavelets for breast cancer diagnosis", Comput. Biol. Med., c. 51, ss. 171- 182, 2014.