

International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies

Year :2022

Volume : 6

Issue : 2

Editor-in-Chief

Assoc. Prof. Dr. Turgut ÖZSEVEN

Assistant Editor

Asst. Prof. Dr. Ebubekir YAŞAR

Issue Editorial Board

Prof. Dr. Leila Akhvlediani
BAU International University, Georgia

Prof. Dr. Zakaria Boumerzoug
Université Mohamed Khider De Biskra

Assoc. Prof. Dr. Irada Dadashova
Baku State University, Azerbaijan

Assoc. Prof. Dr. Muharrem Dügenci
Karabuk University, Turkey

Dr. Shahbaz Memon
*Julich Supercomputing Centre,
Germany*

International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies is online, open access, double blind peer-reviewed, international research journal. Language of the journal is English and Turkish. Authors should only submit original work, which has not been previously published and is not currently considered for publication elsewhere.

An expert editor is assigned to a submitted manuscript. The editor appoints reviewers to evaluate the manuscript. As a result of the evaluation of the manuscript by reviewers, the editor decides about the acceptance, modification or rejection of the manuscript.

International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies

Year: 2022, Volume: 6, Issue: 2

CONTENTS

1. Enerji Depolama Teknolojilerinin İncelenmesi ve Karşılaştırmalı Analizi 134-142
Cem EMEKSİZ, Burak KARA
2. Kolay Kişiselleştirilebilir Akıllı Sanal Asistan 143-151
Güneş HARMAN, Emre AYDEMİR
3. Development of Infectious Waste Sterilization and Neutralization System 152-156
Sri Poernomo SARI, Nur Sultan SALAHUDDIN, Sri HAYUNİNGSIH, Rochmawati ROCHMAWATI, Ario GERALDI, Ichsan PURNAMA, Nora Trisna TUMEWA
4. Stochastic Programmable Paradigm of Quality Control Management In Multi-Agent Systems ... 157-161
Karlygash ALİBEKKYZY
5. Predicting the Income Groups and Number of Immigrants by Using Machine Learning (ML) 162-168
Belgin AYDEMİR, Hakan AYDIN, Ali ÇETİNKAYA, Doğan Şafak POLAT
6. UNITY 3D Simülâtöründe Geliştirilen Yapay Zekâ (YZ) Tabanlı Dijital Oyunun Karar Verme Yeteneğinin Doğruluk Analizi 169-176
Mert Sezer ARDAL, Hakan AYDIN, Yüksel BAL
7. Compression Featured Lock Design Compatible for Outdoor Conditions 177-180
Mustafa CAN, Engin GÜNEŞ, Anıl AKDOĞAN
8. Asenkron Motorlu Sistemde Bulanık Mantık Çıkarımı İle Kestirimci Bakım..... 181-188
Erkan SINDIR, Vedat ÖZKANER
9. The Effect of Engraving Depth and Silicon Geometry on Pad Printing Efficiency 189-192
Buse DAŞDEMİR, Burak KUKCU, Aycan ANIL, Uğur BUYUK, Ali Serdar VANLI, Anıl AKDOĞAN
10. Ensuring IoT Privacy using Padding Strategies against Machine Learning Approaches 193-197
Ahmet Emre ERGÜN, Özgü CAN
11. Consolidation of Rapidly Solidifying Al-6Si-0.3Cu Alloy by Spark Plasma Sintering and Cold Compaction Methods 198-201
Fatih YAŞAR, Fikret YILMAZ
12. Integrating Ontologies and Relational Databases for An Improved Data Access 202-207
Aytuğ TÜRKMEN, Özgü CAN
13. Akıllı Şehirlerde 3B Nokta Bulutu ile Digital Çözümler 208-217
Cihan ALTUNTAŞ
14. Nikel-Metal Hidrit Pilinin Aşırı Şarj Durumuna Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi Cevabı 218-222
Ertan İNCE, Salim EROL

15. Development Of Led Based Optical Module for Bending/Cornering Functions of Automotive Headlights..... 223-230
Ceren ALTINGÖZ
16. RMS-A Tipi Doğalgaz Basınç Düşürme İstasyonlarında Elektrik Üretim Potansiyelinin İncelenmesi 231-237
Yasin KARABİBER, Hüseyin YAĞLI, Ceyhan BAYDAR, İlker MERT
17. Suggestion of a DLP Based Stereolithography 3D Printer..... 238-243
Mohammed SAHİB, Güzin TİRKEŞ
18. Transferring Vulcanizing Press Data to The ERP System on The Cloud 244-248
Elif DEMİR, Birol ARİFOĞLU
-

Enerji Depolama Teknolojilerinin İncelenmesi ve Karşılaştırmalı Analizi

Cem Emeksiz^{1*} ve Burak Kara²

^{1*}Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye (cem.emeksiz@gop.edu.tr) (ORCID: 0000-0002-4817-9607)

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Tokat, Türkiye (burak.kara@gop.edu.tr) (ORCID: 0000-0002-4453-6515)

Türkçe Özet – Ülkemizde petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtların rezervlerinin sınırlı olması, çevresel ve sosyal kısıtlamalar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. Endüstriyel ve teknolojik gelişmelere de bağlı olarak modern hayatın sürdürülebilir olması ve üretimde devamlılığın sağlanması için enerji sürekliliği oldukça önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında enerji üretiminde karşılaşılan kesintilerin en aza indirilmesi ve bu sistemlerin yaygınlaşması için depolama teknolojileri oldukça önemli rol oynamaktadır. Enerji talebinin, ihtiyaç duyulduğu anda yeteri kadar arz edilmesi gerekmektedir. Enerji miktarında gün içerisinde meydana gelebilecek talep farklılıklarına hızlı ve güvenilir olarak yanıt verilmesi enerji depolama sistemleri ile mümkün olmaktadır. Enerji depolama teknolojisi; elektrik güç sistemlerini iyileştirme, yenilenebilir enerji üretimine katkı sağlama ve petrol türevi yakıtlara alternatif sunabilmesinden dolayı büyük potansiyele sahip bir teknolojidir. Bu çalışmada; kimyasal, elektriksel, elektrokimyasal, mekanik ve ısı enerji depolama sistemleri ele alınarak yapıları ve çalışma prensipleri hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Enerji Depolama Yöntemleri, Yenilenebilir Enerji, Enerji Depolama Teknolojileri, Enerji Depolama.

Atf: Emeksiz, C., Kara, B. (2022). Enerji Depolama Teknolojilerinin İncelenmesi ve Karşılaştırmalı Analizi. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 134-142.

Investigation and Comparative Analysis of Energy Storage Technologies

Extended Abstract

Due to the limited reserves of fossil fuels such as oil, coal and natural gas in our country and environmental and social constraints, the tendency towards renewable energy sources has increased. Depending on industrial and technological developments, energy continuity is very important in order to maintain modern life and ensure continuity in production. Storage technologies play a very important role in minimizing the interruptions encountered in energy production in the use of renewable energy sources and in the widespread use of these systems. Energy demand must be sufficiently supplied when it is needed. Fast and reliable response to demand differences that may occur during the day in the amount of energy is possible with energy storage systems. Energy storage technology has great potential to improve electric power systems, contribute to renewable energy production and provide an alternative to petroleum-derived fuels. In this study; chemical, electrical, electrochemical, electrochemical, mechanical and thermal energy storage systems were discussed and information was given about their structures and working principles.

Keywords – Energy Storage Methods, Renewable Energy, Energy Storage Technologies, Energy Storage

Citation: Emeksiz, C., Kara, B. (2022). Investigation and Comparative Analysis of Energy Storage Technologies. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 134-142.

I. GİRİŞ

Dünyada enerjinin keşfinden bu zamana kadar birçok enerji kaynağı hayatımızda yer etmiştir. İnsanoğlu gıda, temiz su, ısıtma, ulaşım gibi temel gereksinimlerini gerçekleştirmek amacıyla ve teknolojiye bağlı olarak da enerjinin farklı çeşitlerine ihtiyaç duymaktadır. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından yapılan çalışmada dünya nüfusu öngörülerine bağlı olarak dünya nüfusunun hızlı artış yaşadığını ve yaşayacağını göstermektedir [1]. Bu durum daha fazla insana enerji arzının sağlanması anlamına gelmektedir. Enerji

kesintisi; doğal afetler, sabotaj, uluslararası ilişkiler veya yetersiz planlama gibi durumlardan dolayı meydana gelebilir. Enerjide meydana gelebilecek geçici veya kalıcı kesintiler sebebiyle ayrıca dünya nüfus artışına bağlı olarak hayatın olağan akışının aksamaması için enerji depolama sistemleri üzerine yapılan çalışmalar oldukça önem kazanmıştır. Enerji depolama sistemlerinin farklı işlevleri üretimi etkilese de, tek amacı enerji depolama ve operasyonel esnekliği artırmaktır. Gelecekte, enerji depolama teknolojileri rollerini ön planda

tutarak, yarının teknolojilerini basitleştirmek için kolaylık sağlayacaktır.

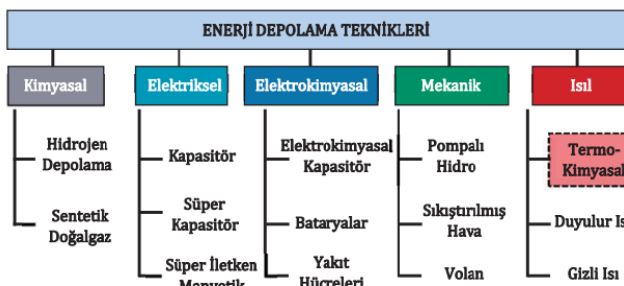
Enerji depolanmasının tarihçesi oldukça eskilere dayanmaktadır. Bilinen en eski yakıt hücresi tasarımının bundan 2200 yıl önce Pers İmparatorluğu döneminde kullanıldığı düşünülmektedir [2]. Elektrokimyasal enerji depolama sistemleri açısından 1700 lü yıllarda Luigi Galvani ve Alessandro Conte di Volta'nın yaptığı çalışmalar günümüzde kullanılan Galvanik parçalar ve Volt kavramını meydana getirmiştir [3]. Elektrik enerjisinin depolanmasını sağlayan kurşun asit aküler 1859 yılında keşfedilmiştir.

Günümüzde enerji depolama konusunda en büyük ihtiyaç elektrik enerjisinin depolanması üzerinedir [2]. Elektrik enerjisi, çoğu durumda en düşük maliyetle her yerde kolayca ve hazır bulabileceğimiz bir ticari üründür. Uzun zamandır ortak tüketim malı olarak kabul edilmiştir [4]. Elektrik üretildiği gibi tüketilmektedir. Bilgi çağında elektrik enerjisine her zamankinden daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, arz-talep dengesi dikkate alınarak üretim yapılmalıdır. Arz-talep dengesinde oluşan büyük farkın, depolama teknolojisiyle kapatılması amaçlanmıştır. Enerji depolama sistemleri arz-talep dengesizliğinden dolayı, her zamankinden daha fazla zorunluluk haline gelmiştir. Fakat depolamak oldukça zor ve maliyetli ekipmanlar gerektirir [5]. Depolanan enerji tamamen tükenmeden önce yerine koyulmalıdır. Tamamen tükenmenin yaşanmaması için olasılıkların çok iyi hesaplanıp kesinti süreleri, talepte meydana gelen anlık artış ve azalışlar dikkate alınarak uygun sistem tasarlanması gerekir. Ancak bu sayede kesinti yaşanmadan faaliyetlere devam edilebilir. Elektrik enerjisi, çeşitli yöntemlerle depolanabilir. Bunlar; kimyasal, elektrokimyasal, elektriksel, mekanik ve termal sistemlerdir. Bu yöntemler arasında mekanik pompalı ve hidro depolama sistemleriyle beraber termal enerji depolama sistemleri ön planda ortaya çıkmıştır ve yoğun bir biçimde araştırılıp kolayca uygulanabileceği ön görülmüştür [6-8].

Bu çalışma ile temel enerji depolama sistemlerin araştırılması ve gelişen teknolojiye bağlı olarak bu sistemlerdeki inovatif yaklaşımların incelenmesi amaçlanmıştır. Özellikle sistemler arasında karşılaştırmalı analizler yaparak avantaj ve dezavantajların ortaya konulması ile bu alanda yapılacak olan çalışmalara öncü olunması hedeflenmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Enerji depolama teknikleri çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Enerji depolama sistemlerinde, dönüştürülen enerji biçimi sınıflandırmayı geniş ölçüde belirler [9]. Enerji depolama teknikleri Şekil 1 de verilmiştir. Enerji depolama teknikleri 5 ana bölüme ayrılabilir; kimyasal, elektrokimyasal, elektriksel, mekanik ve ısıl depolama [10].



Şekil 1. Enerji depolama teknikleri [11]

2.1. Kimyasal Enerji Depolama Teknolojileri

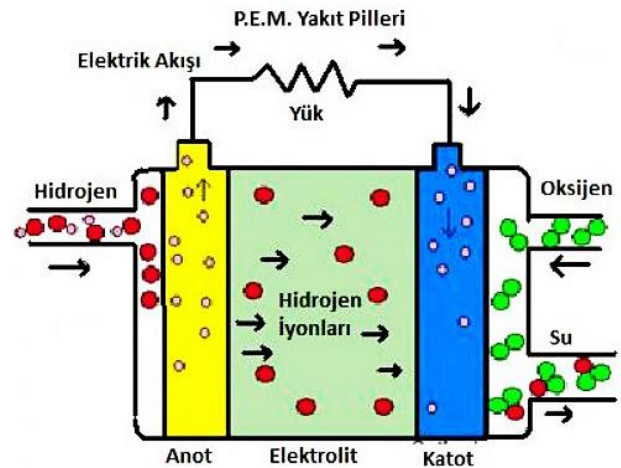
Kimyasal enerji, atomların kimyasal bağlarında depolanır ve sadece kimyasal bir ortamda salındığında görülebilen moleküler reaksiyonlardır. Kimyasal enerji serbest bırakıldığında, madde tamamen farklı bir maddeye dönüşür [12]. Kimyasal yakıtlar, elektrik üretiminde ve enerji taşımacılığında ayrıca da enerji depolamada oldukça fazla kullanılırlar. En çok tüketilen kimyasal yakıtlar; dizel yakıt, işlenmiş kömür, benzin, doğalgaz, propan, butan, etanol, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), hidrojen ve biyodizeldir. Bahsi geçen bu kimyasallar serbestçe sıvıya dönüştürülür ve ısı motorları kullanılarak hareket ettirici olarak kullanıldığında mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevirirler [10, 13]. Öte yandan, elektrik üretimi için depolanan kimyasal enerji, direkt olarak elektron transfer reaksiyonlarıyla serbest bırakılabilir [14].

2.1.1. Hidrojen Depolama Teknikleri

Hidrojen; bol miktarda bulunan, temiz yenilenebilir yakıttır ve enerji taşıyan bir malzemedir [15-18]. Hidrojenler sadece, yanma reaksiyonundan sonra su buharı emisyonu salınımı gerçekleştirirler. Kimyasal hidrojenin enerjisi 142 kJ/kg olup diğer hidrokarbonlardan daha yüksek enerjiye sahiptirler [18].

Hidrojen depolama yöntemleri genel olarak iki kategoriye ayrılabilir; fiziksel (gaz ve sıvı halde) ve malzeme bazlı depolama. Gaz hali depolama genellikle 350-700 barlık yüksek basınçlı tanklarda yapılabilirler. Hidrojenin kaynama noktası (1 atm) -252,8 °C'dir. Kaynama noktası sıcaklığından dolayı sıvı hidrojenin depolanması için kriyojenik soğutma yöntemleri gerektirir [19]. Enerji depolama sistemlerinde, hidrojenin kapasitesi oldukça fazladır. Çünkü hesaplamalara göre bir kilogram hidrojen yaklaşık olarak 33 kWh enerji içerdiği görülmüştür [20, 21]. Hidrojenin; petrol ithalatını azaltarak enerji güvenliğini artırmak, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak sürdürülebilirlik sağlamak, üretim yoluyla daha az kirlilik ve daha iyi kentsel hava kalitesi sağlayarak kullanım noktasında sifıra yakın karbon, hidrokarbon vb. emisyonları en aza indirmek gibi birçok avantajı vardır. Bu nedenle hidrojen dünya çapında kabul görmüş bir temiz enerji kaynağıdır [20-25]. Hidrojen pil yapısı Şekil 2' de görülmektedir.

Bu tipte pil yapıları düşük sıcaklıklarda çalışırlar, güç yoğunlukları yüksektir ve hızlı ilk çalışma gerektiren yerlerde kullanılabilirler. Düşük sıcaklıklarda çalışmasından dolayı pahalı katalizörlere ihtiyaç duyarlar [26].



Şekil 2. Hidrojen pil yapısı [26]

2.1.2. Sentetik Doğal Gaz (SNG) Depolama Teknikleri

Doğal gaz, en popüler fosil yakıttır ve esas olarak CH₄'ten oluşur. Biyogaz, çöp gazı, sentetik doğal gaz ve biyo-sentetik doğal gaz ise diğer gaz yakıtlarıdır. Biyogaz çürümüş organik maddeler tarafından üretilir ve CH₄ ve CO₂ içerir. Depolama sahasının bileşimi biyogaza benzer [27]. Sentetik doğal gaz, katı besinlerin gazlaştırılmasıyla kısmen dönüştürülmesi anlamına gelir.

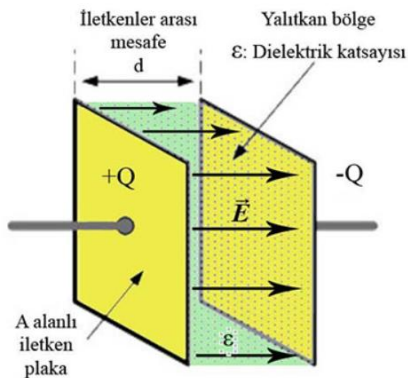
Üretilen sentetik doğal gaz, yeraltında, basınçlı tanklarda depolanabilir veya doğrudan gaz şebekeleri beslenebilmektedir. Sentetik doğal gaz, hem CO₂'in fazla olduğu yerlerde hem de elektriğin mevcut olduğu yerlerde tercih edilir [28]. Hidrometantasyon veya katalitik buhar gazlaştırma teknolojisi geleneksel metanasyondan daha verimli olarak kabul edilir [29].

2.2. Elektriksel Enerji Depolama Teknikleri

Elektriksel enerji depolama teknikleri; kapasitörler, süper kapasitörler ve süper iletken manyetik enerji depolama sistemleri olarak kategorize edilebilirler. Genel olarak kapasitörler, yüksek akım durumunda kullanılabilir, fakat oldukça düşük olan kapasitans üretimlerinden dolayı sadece çok kısa süreler için kullanıma uygundur. Süper kapasitör, çok yüksek kapasitans sunması haricinde, normal bir kapasitörün yerini alabilir. Süper iletken manyetik enerji depolama sistemleri, güç santral çıkışlarında çıkışı stabilize etmek veya enerji sarfiyatındaki maksimum verimi karşılamak için kullanılabilirler. Örneğin çelik fabrikaları veya hızlı transfer demiryolları [30].

2.2.1. Kapasitörler

Kapasitörler, elektriği depolamak için en doğru yöntemdir [31]. Kapasitör iç yapısı Şekil 3'de gösterilmektedir. Kapasitör, dielektrik adı verilen iletken olmayan bir katmanla ayrılmış iki metal plakadan oluşur. Bir levha doğru akım kaynağından gelen elektrikle yüklendiğinden, diğer levhada karşıt işaretli bir yük indüklenmiş olacaktır [32]. Metalize veya metal elektronların yüzeylerinde enerji depolarlar. Kapasitörlerin enerji yoğunluğu çok düşük olduğundan, yüksek akımları iletebilirler ancak bunu son derece kısa süreler için gerçekleştirirler [10].

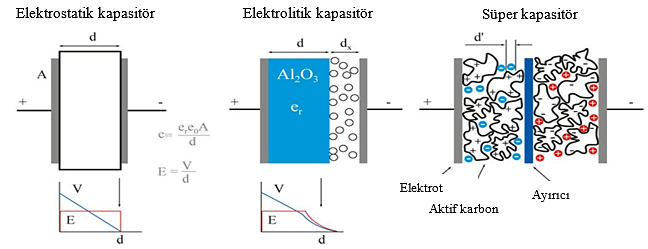


Şekil 3. Kapasitör iç yapısı [33]

2.2.2. Süper Kapasitörler

Süper kapasitörler, elektrokimyasal çift katmanlı kapasitörler elektronikte kullanılan klasik kapasitörler ile genel piller arasındaki boşluğu doldurur [28]. Süper kapasitör iç yapısı Şekil 4'de gösterilmiştir. Süper kapasitörler, molekül yapısı

inceliğinde bir elektrolit tabakası kullanır ve çok geniş yüzey alanlı aktif karbon yapısına sahiptir [10]. Bataryalar ile kıyaslandığında çok daha verimli şarj ve deşarj olabilmektedir [2]. Süper kapasitörlerin enerji depolama yetenekleri, klasik



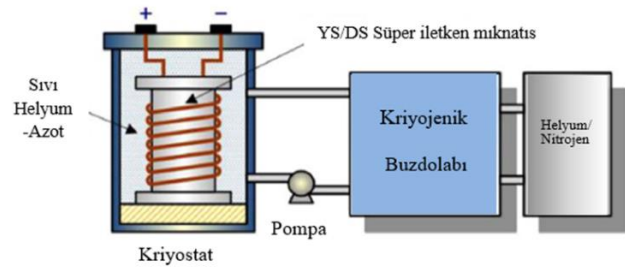
kapasitörlere göre oldukça fazladır [32].

Şekil 4. Kapasitörlerin yapıları [34]

Süper kapasitörlerin enerji depolaması statik şarj sayesinde elektrokimyasal pil sisteminden farklıdır. Grafen kullanılarak yapılan süper kapasitörlerin çok daha hafif ve kullanışlı olacağı düşünülmektedir. Mevcut karbon süper kapasitörlerin yerine geçeceği düşünülen grafenin elektrostatik şarj kapasitesi yüzey alanı ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Li-ion bataryalar ile enerji depolama kapasiteleri aynı olsa da on binlerce kez şarj edilebilme özelliğine sahiptir [35]. Grafen süper kapasitörler ticari boyutta üretildiğinde enerji depolama konusunda devrim yaşanması muhtemeldir [36].

2.2.3. Süper İletken Manyetik Enerji Depolama

Süper iletken manyetik enerji depolama sistemleri (SMES), elektrodinamik ilkesine göre çalışır [28]. Enerji, süper iletken kritik sıcaklığının altında tutulan bir süper iletken bobinde doğru akım akışının yarattığı manyetik alanda depolanır [28, 30, 31]. Kriyojenik olarak soğutulan süper iletken malzeme ve depolanan enerji, bobinin enerjisini boşaltarak şebekeye geri bırakılabilir [30]. Süper iletken manyetik enerji depolama sisteminin görünümü Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Süper iletken manyetik enerji depolama sisteminin yapısal görünümü [37]

Süper iletken manyetik depolama, su ve çözücülere dayanan sulu ve susuz elektrolitlere sahiptirler [38]. Sulu elektrolitli piller arasında Kurşun Asit, Nikel-Kadmiyum, Nikel-Metal Hidrür ve Alkalın Çinko-Mangan Dioksit bulunur. Susuz elektrolitli piller arasında Lityum İyon, Metal Hava, Lityum Metal, Sodyum Kükürt ve Sodyum Nikel Klorür bulunur [28,38].

2.3. Elektrokimyasal Enerji Depolama Teknikleri

Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmek için elektrokimyasal güç kaynakları kullanılır. Dönüştürme işlemi sırasında minimum iki ortak kimyasal reaksiyon işleminden geçer.

Elektrokimyasal depolama teknolojilerinin iki ana dalı vardır. Elektrokimyasal piller ve elektrokimyasal kapasitörler [39]. Kimyasal reaksiyonun tasarımına, yapısal özelliklerine, doğasına göre elektrokimyasal depolama sitemleri değişir [40]. Çalışma prensiplerine göre, elektrokimyasal piller ve hücreler 4 kategoride sınıflandırılabilir; birincil hücre veya pil, ikincil hücre veya pil, yedek hücre ve yakıt hücresi [41, 42]. Ayrıca piller yapımında kullanılan kimyasalların çeşitlerine bağlı olarak da sınıflandırılmaktadırlar [43].

Elektrokimyasal enerji depolama sistemlerinin önemli uygulama alanları arasında rüzgar ve güneş enerjisi kullanımı da dahil olmak üzere ulaşım ve mikro güç (sabit/taşınabilir) üretimi yer almaktadır [44].

İkinci bir faydalı sınıflandırma, deşarj derinliğine atıfta bulunur; sıg veya derin döngülü piller [45]. Derin döngülü piller, yapı olarak daha az kalın plakaya sahiptir, yenilenebilir uygulamalar için uygundur. Üçüncü sınıflandırma, aküdeki elektrolitin karakteristiğine atıfta bulunur (su basmış veya ıslak ve sızdırmaz). Su basmış veya ıslak piller yenilenebilir uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. İki çeşit sızdırmaz pil vardır; yenilenebilir uygulamalar için Jel ve Absorbe Cam Mat [45].

2.3.1. Çalışma Prensibine Göre Piller

2.3.1.1. Birincil Hücre veya Pil

Genellikle birincil pil şarj edilemez. Çoğu birincil hücre emici malzeme veya ayırıcıda bulunan elektrolitleri kullanır [41]. Elektrolit tipi birincil pilleri sulu ve susuz olarak sınıflandırılabilir. Sulu piller su bazlı elektrolit çözeltileri içerir. Sulu elektrolitli piller Çinko-Karbon ve Çinko-Klorür, Alkalın Çinko-Mangan Dioksit, Çinko-Hava, Çinko-Gümüş Oksit ve Çinko-Cıva Oksit içerir. Susuz elektrolit türü Lityum-Tiyonil Klorür, Lityum-Sülfürlü Klorür ve Lityum-Kükürt Dioksit, Lityum-Mangan Dioksit, Lityum-Karbon Monoflorür, Lityum-DEMİR Disülfür, Lityum-İyot, Lityum-Gümüş Vanadyum Oksit türlerini içerir.

2.3.1.2. İkincil Hücre veya Pil

İkincil bir hücre veya pil, deşarj esnasında akımın tersi yönde hareket ederek devreden geçmesiyle şarj edilebilir [41]. Şarj edilebilir pil sistemleri elektrolit çeşidine göre ikiye ayrılır. Sırasıyla su ve çözücülere dayanan hem sulu hem de susuz elektrolitlere sahiptirler. Sulu elektrolitli piller Kurşun Asit, Nikel-Metal Hidrür, Nikel-Kadmiyum, ve Alkalın Çinko-Mangan Dioksit dir. Susuz elektrolitli piller Lityum İyon, Lityum Metal, Sodyum Kükürt, Metal Hava ve Sodyum Nikel Klorür dür [28,38].

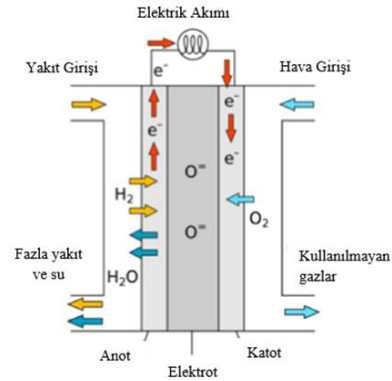
2.3.1.3. Yedek Hücre veya Pil

Yedek hücre veya pil, birincil pil grubundadır. Bu piller çoğunlukla uzun süreli depolama için tercih edilir. Hücrenin aktif kimyasalları, gerekli olana kadar ayrılır ve izole edilir [41]. Yedek piller elektrolit olmadan monte edilir. Etkin hale getirilmiş hücrelerin performansını olumsuz etkileyerek tehlike yaratabilecek koşullar altında güvenilir bir şekilde muhafaza edilebilirler. Pillerin eksik parçası kullanmadan önce eklenebilir [38].

2.3.1.4. Yakıt Hücresi

Bir yakıtın gizli kimyasal enerjisini ortaya çıkarmak ve elektrik enerjisi üretmek için öncelikli olarak hidrojenin veya başka bir yakıtın kimyasal enerjisini kullanarak elektrik

üretimi sağlayan cihazlardır [46, 47]. Yakıt hücrelerinin çalışma prensibi piller gibidir. Bununla birlikte, tükenmezler veya tekrar şarj edilmeye gerek duymazlar. Yakıt sürekliliği olduğunda elektrik ve ısı üretirler [46]. Şekil 6'da tipik bir yakıt hücresinin yapısı görülmektedir. Yakıt hücresi anot, katot ve elektrolit zarından meydana gelir. Bir yakıt hücresi, hidrojeni yakıt hücresinin anodundan ve oksijeni yakıt hücresinin katodundan geçirerek çalışır.



Şekil 6. Tipik yakıt hücresinin çalışma prensibi [77]

Hidrojen yakıt hücresinin anot bölgesinde elektronlara ve protonlara ayrışır. Elektronlar bir elektrik akımı ve aşırı ısı üreterek bir devre boyunca zorlanırken protonlar elektrolit zarından geçerler. Katotta protonlar, elektronlar ve oksijen birleşerek su molekülleri oluşturur [47]. Temel olarak elektrolit tipi yakıt hücreleri; polimer elektrolit membran (PEM) yakıt hücreleri, doğrudan metanol yakıt hücresi, alkalın yakıt hücresi, fosforik asit yakıt hücresi, erimiş karbonat yakıt hücresi, katı oksit yakıt hücresi, tersinir yakıt hücresi olarak sınıflandırılır [48].

2.3.2. Kullanılan Kimyasalın Çeşidine Göre Piller

2.3.2.1. Kurşun Asit Piller

Fotovoltaik sistemlerde tercih edilen pil çeşididir. Uzun ömürlü ve düşük maliyetli olmaları tercih edilmesine en önemli etkidir. Bakım maliyetlerinin yüksek olması ve enerji yoğunluklarının düşük olması dezavantajları arasındadır. Ayrıca yapısında bulunan sülfürik asit tehlike yaratmakla birlikte bu pillerin aşırı şarj durumunda patlama riski bulunmaktadır [50].

2.3.2.2. Lityum İyon Piller

Kurşun asit pillerden sonra en çok tercih edilen pil yapısıdır. Lityum iyon piller eski pil teknolojilerine göre daha fazla gerilim üretebilmektedirler. Toksik maddeler içermediğinden dolayı imha edilmesi kolaydır. Aşırı ısınma ve yüksek gerilimlerde zarar verme ihtimalinin olması dezavantajları arasındadır [51].

2.3.2.3. Sodyum İyon Piller

Lityum iyon pillerin yerini alması beklenen yeni nesil enerji depolama sistemleridir. Fakat sodyum maddesi ağır yapısı nedeniyle dezavantaj meydana getirmektedir. Sodyum iyon piller ticari kullanım açısından henüz yeterli özellikleri ortaya koyamamaktadır [52].

2.3.2.4. Nikel Kadmiyum Piller

Uzun yıllardır kullanılan pil teknolojisidir. 1.3 volt değerine kadar gerilim üretebilmektedir. İçinde kadmiyum bulunması çevresel etkilerden dolayı risk yarattığından, imhası ve geri dönüşümü noktasında sıkıntılar vardır [53].

2.3.2.5. Lityum Sülfür Piller

Daha yüksek kapasiteyle çalışma imkanı sunan bu pil teknolojisi yakın zamanda aktif kullanıma geçme potansiyeline sahiptir. Diğer pil çeşitlerine göre daha kısa zamanda ömrünü tamamlaması en büyük dezavantajdır [36]. Ayrıca meydana gelen elektrokimyasal tepkimelerde sülfür katodunun zamanla korozyona uğraması diğer bir dezavantajdır.

2.3.2.6. NanoBolt Lityum Tungsten Piller

Yeni anot materyalinde yapılan çalışmalar sonucunda bakırın bağlanması için tungsten ve karbon kaplı çoklu tabakalama teknolojisiyle meydana gelen nano tüplerin yeni bir batarya olasılığını ortaya çıkarabileceği gözlemlenmiştir. İyonların bağlanmasına daha çok olanak sağlayan geniş yüzey teknolojisi ile pillerin daha fazla enerji depolamasına ve hızlı şarj olmasına imkan sağlamaktadır [54].

2.3.2.7. Redox Akım Pilleri

İçerisine eklenen hidroklorik ve sülfürik asit ile Li-ion türevlerine göre %70 daha yüksek yoğunluk gözlenmiştir. Bu pil çeşidi rüzgar tribünleri ve güneş panellerinden elde edilen enerjinin depolanması amacıyla kullanılmıştır. Elektrikli araçlara uygulanması durumunda ise bir şarj ile 1600 km sürüş olanağı tanımaktadır. Bu piller daha hafif ve yüksek enerji depolama imkanı sunmaktadır [36].

2.3.2.8. Alüminyum Grafit Piller

Bu piller oldukça yüksek hızlarda şarj olma imkanı sunmaktadır. Stanford üniversitesinde geliştiren bataryaların akıllı telefonlarda kullanılması durumunda 60 saniyede telefonu şarj edebileceği görülmüştür. Üretilen prototipte sadece 1.5 V enerji çıkışı sağlanabilmektedir. Bu durum ise mevcut elektronik cihazlar için yetersizdir. Daha kullanışlı bir kullanım şeklinin bulunması durumunda daha hafif, enerji kapasitesi yüksek ve güvenli olacaktır [36].

2.3.2.9. Biyoelektrokimyasal Piller

Bu piller, anaerobik bakteriler yardımıyla asetik asit üreterek oksidasyon yöntemi kullanılmaktadır. Henüz üzerinde yapılan çalışmalar devam etmektedir. Bu batarya teknolojisinin en büyük avantajı içeriğindeki bakterinin sürekli kendini yenilemesi ve sonsuz ömre sahip olmasıdır [36]. Biyoelektrokimyasal pil teknolojisi ile Mikrobiyal Yakıt Hücreleri geleceğin tükenmeyen pil özelliğini taşıma kapasitesindedir [55].

2.3.2.10. Organosilikon Elektrolit Piller

Li-ion pillerde elektrotlarda meydana gelecek ateş alma ve patlama risklerine karşın, riskleri ortadan kaldırmak için organosilikon bazlı solventlerin pillerde kullanılması sonucunda ortaya çıkarmıştır. Bu teknoloji henüz araştırma aşamasında olup çalışmalar hız kazanmıştır [54].

2.3.2.11. Katı Hal Pilleri

Katı hal sürücüler (Solid State Drive-SSD) veri depolama teknolojisinde hızlı ve güvenli veri depolama ile devrim açmıştır. Buna bağlı olarak enerji depolama içinde düşünülen

bu teknoloji pil teknolojisinde ciddi değişimler vadetmektedir. SSD batarya kullanılarak ısınma problemi ortadan kaldırılarak yangın riski ortadan kaldırılıp, performans kaybı yaşamadan ömür boyu kullanım olasılığı sunmaktadır [36]. Seramik, sülfat, cam ve katı polimer bileşenlerden oluşan bu bataryalar gelecekte Li-ion bataryalara göre 2-10 kat daha yoğun enerji sağlama potansiyeline sahiptir [56].

2.3.2.12. Altın Nanokablolu Jel Elektrolit Piller

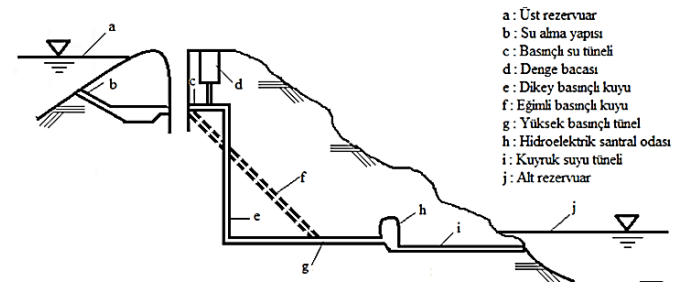
Altın nanokablolara mangan dioksit ile kaplayarak elektrolitik jel içerisine koyan araştırmacıların yaptığı testler sonucunda herhangi bir aşınma olmadan 200000 defa şarj olduğu gözlemlenmiştir. Geleneksel bataryaların 6000 defa şarj olma durumu ile kıyaslandığında oldukça başarılı bir tasarımıdır [54].

2.4. Mekanik Enerji Depolama Teknikleri

Mekanik enerji depolama çalışma prensiplerine göre; basınçlı gaz, zorlanmış yaylar, kinetik enerji ve potansiyel enerji olarak tanımlanabilir. Mekanik enerji depolamanın en büyük avantajı, mekanik işler için gerektiğinde enerjini kolayca iletebilmeleridir [57]. Mekanik enerji depolama yöntemleri su akımı, dalga ve gelgit kaynaklarından gelen enerjini dönüştürmek ve depolamak için kolaylıkla uyarlanabilir. Genel olarak volan, pompalı hidro ve sıkıştırılmış hava depolama teknolojilerinden oluşur.

2.4.1. Pompalı Hidro Depolama Sistemleri

Pompalı hidro depolama sistemleri, yüksek ve tepe talebi karşılamak için suyu farklı kotlardaki iki rezervuar arasında hareket ettirerek enerjini depolar ve üretir [58, 59]. Pompalı hidro enerji depolama sistemleri ile su kullanarak büyük ölçekli enerji rezervuarları oluşturmak mümkündür. Yenilenebilir gücün değişkenliğini sağlamak için pompalı depolama uygulanmaktadır (Rüzgâr, güneş ve dalga gücü vb.). Pompalı depolama, yüksek çıktı ve düşük talep zamanlarında fazla üretimi (veya negatif yükü) emebilir ve depolanan enerjini serbest bırakabilir [60]. Bir pompalı depolama tesisinde, pompa türbinler suyu yoğun olmayan saatlerde yüksek bir depolama rezervuarına aktarır. Depolanan su daha sonra, tüketicilerden gelen talepteki geçici artışları veya diğer enerji santrallerindeki planlanmamış kesintileri karşılamak için elektrik üretmek için kullanılabilir [61]. Pompaj hidro depolama sistem şeması Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Pompalı hidro depolama sistem şeması [58]

Pompalanan depolama ayrıca üç ana tipte kategorize edilmiştir. Bunlar; kapalı döngü, yarı açık ve açık sistem olarak adlandırılır. Kapalı döngü, dikey bir mesafeye ayrılan ve hiçbir başka bir su kütleline bağlı olmayan iki rezervuardan oluşur. Yarı açık, değiştirilmiş veya bir yapay

Termokimyasal TED sistemlerinin diğer TED türlerine göre birçok avantajı vardır. Bu avantajlar;

- Bileşenler (A ve B), oluşumlarından sonraki ortam koşullarına soğutulduktan sonra, genellikle ortam sıcaklığında ayrı olarak saklanabilir. Bu nedenle, depolama süresi boyunca çok az ısı kaybı olur veya hiç olmaz ve sonuç olarak, yalıtım gerekli değildir.
- Düşük ısı kayıplarının bir sonucu olarak, termokimyasal TED sistemleri özellikle uzun süreli enerji depolaması (örneğin mevsimsel depolama) için uygundur.
- Termokimyasal malzemeler, PCM'lere ve hassas depolamaya göre daha yüksek enerji yoğunluklarına sahiptir. Daha yüksek enerji yoğunluğu nedeniyle, termokimyasal TED sistemleri, gizli ve duyulur TED'e kıyasla daha kompakt enerji depolaması sağlayabilir. Bu nitelik özellikle TED için alanın sınırlı veya değerli olduğu durumlarda faydalıdır.

şeklinde sıralanabilir [73].

2.5.2. Duyulur Isı Enerji Depolama

Duyulur ısı depolaması proste sıcaklık değişikliklerine yol açar [75]. Kullanılan ortamın kütleyle birlikte özgül ısı kapasitesi bir depolama sisteminin kapasitesini belirler [9]. Depolama ortamı sıvı (su, erimiş-tuz veya kızgın yağ), katı (taş, beton, metal veya zemin) veya katı dolgulu sıvı olarak farklı fazlarda olabilir [9, 75].

2.5.3. Gizli Isı Enerji Depolama

Duyulur ısının depolanmasının tersine, gizli ısı sıcaklık değişimi ile algılanamaz [75]. Gizli ısı depolama, faz değişim malzemeleri kullanarak depolama ortamı oluşturur [9]. Gizli ısı sisteminde termal iletkenlik önemli bir araçtır. İlave, hacimsel depolamanın kapasitesini belirledikleri için faz geçişindeki yoğunluk ve entalpi önemlidir [75]. Gizli ısı depolama sistemlerinde kullanılmak üzere hem organik (parafin), inorganik hem de biyo-bazlı PCM'ler (tuz hidratlar) mevcuttur [9, 76]. Gizli ısı enerji depolama yöntemlerinden birisi buzda enerji depolama yöntemidir. Bu yöntem binaların soğutma yükünün, su-buz faz değişimi sırasında ortaya çıkan ısı enerjiden yararlanarak bunu daha sonra kullanmak üzere depolamasıdır. Bunun temel amacı kapalı hacimlerin serinletilmesinde kullanılan klima sistemlerinin enerji tüketim maliyetlerinin azaltmaktır [77].

III.SONUÇ

Bir enerji depolama sistemi, geleceğin teşvik edici teknolojilerinden biri olan akıllı şebeke konseptlerini mümkün kılacaktır. Enerji üretimleriyle ilgili dalgalanmaları ortadan kaldıran enerji depolama sistemleri yenilenebilir enerji sistemlerinin entegrasyonunu kolaylaştırabilir. Enerji depolama sistemleri sistem güvenilirliğini destekleyebilir ve ek olarak yük izleme, dönüş rezervi, siyah başlatma özelliği gibi bazı yardımcı tesisler sunabilir. Ayrıca, enerji depolama sistemleri tepe yüklerini ortadan kaldırmaya katkıda bulunabilir ve bu sayede jeneratör arızalarını azaltabilir. Depolanan enerji miktarı pik yükü telafi etmede önemli bir rol oynayabilir. Bazı üretim birimlerinin kapasite faktörü bu şekilde artırılabilir, ayrıca düşük fiyatla depolanan enerji kullanımı için olumlu bir faktördür. Enerji depolama sistemleri, yeni teknolojilerin çeşitliliğine, değişen tüketici alışkanlıklarına, faaliyetlerine ve geçen on yılda elektrik

üretimine dönüşümlü mekanizmasına ve değişen dağıtım sistemine adaptasyon için kilit bileşen gibi görünüyor. Ayrıca, şebeke performansında güvenilirlik, hızlı yanıt, yük eşleştirme yeteneği gibi birçok iyileştirme sağlayabilir. Sürdürülebilirlik ve çevrenin korunması gibi enerji konularının önemli sorunları, bizi enerji kaynaklarını çeşitlendirmeye ve yenilenebilir enerji kullanımını artırmaya yönlendiriyor. Yenilenebilir kaynakların kısa ve uzun dönemli dalgalanmalarından enerji/elektrik üretim miktarlarının değişimi, bazı kritik ölçümler gerektirir. Bu nedenle, enerji depolama, kolay yönetilebilirlik, kontrol edilebilirlik, öngörülebilirlik ve esneklik nedeniyle elektrik şebekesi sisteminin yanıt kapasitesini iyileştirmek için önemli ölçüde önemli hale gelir. Hayatımızın her alanında yer edinmiş olan batarya ve bunun gibi enerji depolama sistemleri teknolojinin geleceğini iyileştiren bir araştırma konusu olup gelişime en açık alanlardan birisidir.

KAYNAKLAR

- [1] Worldometer, "World Population Projections", <https://www.worldometers.info/world-population/world-population-projections/>.
- [2] ThinkTech (2022). "ThinkTech - Enerji Depolama Teknolojilerindeki Son Gelişmeler", ThinkTech. <https://thinktech.stm.com.tr/enerji-depolama-teknolojilerindeki-son-gelistmeler>
- [3] E. Dänilä ve D. D. Lucache, "History of the First Energy Storage Systems", içinde Paper delivered at the 3rd International Symposium on the History of Electrical Engineering and of Tertiary-Level Engineering Education, 2010, ss. 27-29.
- [4] F. Faure, "Suspension magnétique pour volant d'inertie." Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Grenoble, France; Juin 2003.
- [5] H. Ibrahim, A. Ilinca, ve J. Perron, "Energy storage systems— Characteristics and comparisons", Renewable and sustainable energy reviews, c. 12, sy 5, ss. 1221-1250, 2008.
- [6] M. Esen ve T. Ayhan, "Development of a model compatible with solar assisted cylindrical energy storage tank and variation of stored energy with time for different phase change materials", Energy Conversion and Management, c. 37, sy 12, ss. 1775-1785, Ara. 1996, doi: 10.1016/0196-8904(96)00035-0.
- [7] M. Esen, A. Durmuş, ve A. Durmuş, "Geometric design of solar-aided latent heat store depending on various parameters and phase change materials", Solar Energy, c. 62, sy 1, ss. 19-28, Oca. 1998, doi: 10.1016/S0038-092X(97)00104-7.
- [8] M. Esen, "Thermal performance of a solar-aided latent heat store used for space heating by heat pump", Solar Energy, c. 69, sy 1, ss. 15-25, Oca. 2000, doi: 10.1016/S0038-092X(00)00015-3.
- [9] (2011) IEC White Paper EES | IEC Webstore. <https://webstore.iec.ch/publication/22374>.
- [10] Wagner L. Overview of energy storage methods, (<http://www.moraassociates.com/>)
- [11] Ö. Erdoğan. Enerji Depolama (<http://www.guyad.org/Eklenti/241.guyad-enerji-depolama-101pdf.pdf?0>)
- [12] Your Dictionary. "Examples of Chemical Energy in Everyday Life". (<http://examples.yourdictionary.com/examples-of-chemical-energy.html>)
- [13] (<http://www.techconnection.info/Explanation.html>)
- [14] D. Uner, "Storage of Chemical Energy and Nuclear Materials, Energy storage systems", ENERGY STORAGE SYSTEMS, c. 2, s. 9.
- [15] W. Qikun, Z. Changchun, L. Weihua, ve W. Ting, "Hydrogen storage by carbon nanotube and their films under ambient pressure", International Journal of Hydrogen Energy, c. 27, sy 5, ss. 497-500, 2002.
- [16] J. O. Bockris ve T. N. Veziroglu, "A Solar-Hydrogen Energy System for Environmental Compatibility", Environmental Conservation, c. 12, sy 2, ss. 105-118, ed 1985, doi: 10.1017/S0376892900015526.
- [17] T. N. Veziroglu ve F. Barbir, "Hydrogen: the wonder fuel", International Journal of Hydrogen Energy, c. 17, sy 6, ss. 391-404, Haz. 1992, doi: 10.1016/0360-3199(92)90183-W.
- [18] S. Niaz, T. Manzoor, ve A. H. Pandith, "Hydrogen storage: Materials, methods and perspectives", Renewable and Sustainable Energy Reviews, c. 50, ss. 457-469, 2015.

- [19] Energy Efficiency & Renewable Energy. (<http://energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage>).
- [20] M. Pudukudy, Z. Yaakob, M. Mohammad, B. Narayanan, ve K. Sopian, "Renewable hydrogen economy in Asia—Opportunities and challenges: An overview", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, c. 30, ss. 743-757, 2014.
- [21] D. Teichmann, W. Arlt, ve P. Wasserscheid, "Liquid Organic Hydrogen Carriers as an efficient vector for the transport and storage of renewable energy", *International Journal of Hydrogen Energy*, c. 37, sy 23, ss. 18118-18132, Ara. 2012, doi: 10.1016/j.ijhydene.2012.08.066.
- [22] G. Cau, D. Cocco, M. Petrollese, S. Knudsen Kær, ve C. Milan, "Energy management strategy based on short-term generation scheduling for a renewable microgrid using a hydrogen storage system", *Energy Conversion and Management*, c. 87, ss. 820-831, Kas. 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2014.07.078.
- [23] S. Dutta, "A review on production, storage of hydrogen and its utilization as an energy resource", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, c. 20, sy 4, ss. 1148-1156, Tem. 2014, doi: 10.1016/j.jiec.2013.07.037.
- [24] S. M. M. Ehteshami ve S. H. Chan, "The role of hydrogen and fuel cells to store renewable energy in the future energy network – potentials and challenges", *Energy Policy*, c. 73, ss. 103-109, Eki. 2014, doi: 10.1016/j.enpol.2014.04.046.
- [25] J. Nowotny ve T. Veziroglu, "Impact of Hydrogen on the Environment", *Alternative Energy and Ecology (ISJAE)*, ss. 16-24, Şub. 2019, doi: 10.15518/isjaee.2019.01-03.016-024.
- [26] Deneysan Eğitim Cihazları. "Hidrojen Enerjisi" (http://deneysan.com/Content/images/documents/es-08_59355631.pdf)
- [27] R. Zwart, Energy research center of netherland, "Synthetic Natural Gas (SNG)", s. 38.
- [28] Kiehne HA. *Battery Technology Handbook*, Second ed.. New York, Basel: Marcel Dekker Inc; 2003.
- [29] L. Chen, R. Nolan, S. Avadhany, S. Professor, ve A. Ghoniem, "Thermodynamic Analysis of Coal to Synthetic Natural Gas Process", Oca. 2009.
- [30] L. Wagner, "Overview of Energy Storage Methods", s. 16, 2007.
- [31] B. Zakeri ve S. Syri, "Electrical energy storage systems: A comparative life cycle cost analysis", *Renewable and sustainable energy reviews*, c. 42, ss. 569-596, 2015.
- [32] H. Chen, T. N. Cong, W. Yang, C. Tan, Y. Li, ve Y. Ding, "Progress in electrical energy storage system: A critical review", *Progress in natural science*, c. 19, sy 3, ss. 291-312, 2009.
- [33] Kondansatör Nedir, Nasıl Çalışır? - Aydınlatma Portalı. (<https://www.aydinlatma.org/kondansator-nedir-nasil-calisir.html>)
- [34] A. Arslan, "Bazı İletken Polimerlerin Süperkapasitör Uygulamaları" Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2012.
- [35] Graphene-Info (2020). "Graphene Supercapacitors: Introduction and News" (<https://www.graphene-info.com/graphene-supercapacitors>).
- [36] "10 alternatives to lithium-ion batteries: Which new tech will power the future? » Green Authority". <https://greenauthority.com/10-alternatives-to-lithium-ion-batteries-79/> (erişim 19 Ekim 2022).
- [37] M. G. Molina, "Dynamic modelling and control design of advanced energy storage for power system applications", *Dynamic Modelling*, c. 300, 2010.
- [38] M. Root, *The TAB Battery Book: An In-Depth Guide to Construction, Design, and Use*. McGraw Hill Professional, 2010.
- [39] R. Carnegie, D. Gotham, D. Nderitu, ve P. V. Preckel, "Utility Scale Energy Storage Systems", s. 95.
- [40] C. Daniel ve J. O. Besenhard, "Handbook of battery materials. 2. rev. and enl", 2011.
- [41] "SRC-TR: Batarya Tipleri". <https://www.egmdss.com/gmdss-courses/mod/page/view.php?id=976> (erişim 20 Ekim 2022).
- [42] (2022) "Pil tarihi", *Vikipedi*. https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Pil_tarihi&oldid=26987972
- [43] Ş. Efe ve Z. A. Güngör, "Geçmişten Günümüze Batarya Teknolojisi", *European Journal of Science and Technology*, Oca. 2022, doi: 10.31590/ejosat.1048673.
- [44] J. Zhang, L. Zhang, H. Liu, A. Sun, ve R.-S. Liu, *Electrochemical Technologies for Energy Storage and Conversion*, 2 Volume Set, c. 1. John Wiley & Sons, 2011.
- [45] Unbound Solar. "Deep Cycle Battery Info". <https://unboundsolar.com/solar-information/deep-cycle-battery-info> (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2022)
- [46] Energy Efficiency & Renewable Energy. (<http://energy.gov/eere/fuelcells/fuel-cells>)
- [47] Fuel Cell & Hydrogen Energy Association. "Fuel Cell Basics" (<http://www.fchea.org/fuelcells>)
- [48] Energy Efficiency & Renewable Energy. (<http://energy.gov/eere/fuelcells/types-fuel-cells>)
- [49] PV Education, "Lead Acid Batteries". <https://www.pveducation.org/pvcdrom/batteries/lead-acid-batteries>.
- [50] Clean Energy Institute, "What is a lithium-ion battery and how does it work?", <https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/battery-technology/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2022)
- [51] K. M. Abraham, "How Comparable Are Sodium-Ion Batteries to Lithium-Ion Counterparts?", *ACS Energy Lett.*, c. 5, sy 11, ss. 3544-3547, Kas. 2020, doi: 10.1021/acsenerylett.0c02181.
- [52] (2019) Science Direct website. "Nickel Cadmium Battery", <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/nickel-cadmium-battery>.
- [53] Gray, "5 New Battery Technologies That Will Change the Future", <https://www.gray.com/insights/5-new-battery-technologies-that-will-change-the-future/>. (Erişim Tarihi: 14 Ekim 2022)
- [54] (2016) Science Direct website. "Microbial Fuel Cell", <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecularbiology/microbial-fuel-cell>.
- [55] R. Moore-Coyler; "Samsung solid-state battery breakthrough could double EV range", *Car Magazine*, (2020), (11 Mayıs 2020), <https://www.carmagazine.co.uk/electric/solid-state-battery-ev/>. (erişim 19 Ekim 2022)
- [56] Y. A. Gögüş, "Mechanical Energy Storage", *ENERGY STORAGE SYSTEMS*, c. 1, s. 9.
- [57] I. Hadjipaschalis, A. Poullikkas, ve V. Efthimiou, "Overview of current and future energy storage technologies for electric power applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, c. 13, sy 6, ss. 1513-1522, Ağu. 2009, doi: 10.1016/j.rser.2008.09.028.
- [58] Ü. Ünver, H. Bilgin, ve A. Güven, "Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Sistemler", *Mühendis ve Makina*, c. 56, sy 663, Art. sy 663, Nis. 2015.
- [59] R.R. Miller, M. Winters. (2009) Energy storage: opportunities for pumped storage: supporting renewable energy Goals. *Hydro Review* <https://www.hydroreview.com/world-regions/energy-storage-opportunities-for-pumped-storage-supporting-renewable-energy-goals/>
- [60] Ö. Çiçek ve M. Özdemir, "Örnek Bir Hidroelektrik Santrali İçin Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrali Tasarımı", *GMBD*, c. 7, sy 1, ss. 26-35, Nis. 2021, doi: 10.30855/gmbd.2021.01.04
- [61] B. Kocaman, "Mikro Şebekeler için Örnek Bir Enerji Yönetimi Uygulaması", *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, c. 3, sy 1, Haz. 2014, doi: 10.17798/beufen.05193.
- [62] Energy Storage Association. "Advanced Energy Storage Technologies". (<http://energystorage.org/energy-storage/energy-storage-technologies>)
- [63] M. Lamonica. Compressed air energy storage makes a comeback 2013 (<http://spectrum.ieee.org/energywise/energy/the-smarter-grid/compressed-air-energystorage-makes-a-comeback>).
- [64] P. Zhao, L. Gao, J. Wang, ve Y. Dai, "Energy efficiency analysis and off-design analysis of two different discharge modes for compressed air energy storage system using axial turbines", *Renewable Energy*, c. 85, ss. 1164-1177, Oca. 2016, doi: 10.1016/j.renene.2015.07.095.
- [65] Z. Čarija, L. Kranjčević, V. Banić, ve M. Čavrak, "Numerical analysis of Wells turbine for wave power conversion", *Engineering Review: Međunarodni časopis namijenjen publiciranju originalnih istraživanja s aspekta analize konstrukcija, materijala i novih tehnologija u području strojarstva, brodogradnje, temeljnih tehničkih znanosti, elektrotehnike, računarstva i građevinarstva*, c. 32, sy 3, ss. 141-146, 2012.
- [66] M. Mutlu, "Sıkıştırılmış Hava ile Enerji Depolama" Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 2015.
- [67] B. Nitz. (2012) Arothron's Underwater Compressed Air Storage Could Fill Gaps in the Grid - Green Prophet <https://www.greenprophet.com/2012/07/arothrons-underwater-compressed-air/> (erişim 19 Ekim 2022).
- [68] Compressed air energy storage, Energy Storage Association, 2015 (<http://energystorage.org/compressed-air-energy-storage-caes>)
- [69] "Enerji Depolama Sistemleri Nelerdir? | Teknoloji Projeleri", 25 Ocak 2021. <https://teknolojiprojeleri.com/teknik/enerji-depolama-sistemleri-nelerdir> (erişim 19 Ekim 2022).
- [70] Fehrenbacher K. 2007. Flywheel Maker Pentadyne Raises \$14M. <http://gigaom.com/cleantech/flywheel-maker-pentadyne-raises-14m/>.
- [71] L. F. Cabeza, I. Martorell, L. Miró, A. Fernández, ve C. Barreneche, "Introduction to thermal energy storage (TES) systems", içinde *Adv Therm Energy Storage Syst*, 2015, ss. 1-28. doi: 10.1533/9781782420965.1.

- [72] R. Aytas. Termal Enerji Depolama (https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/43740/mod_resource/content/0/Hafta11-Termal%20enerji%20depolama.pdf).
- [73] A. H. Abedin, "A Critical Review of Thermochemical Energy Storage Systems", TOREJ, c. 4, sy 1, ss. 42-46, Ağu. 2011, doi: 10.2174/1876387101004010042.
- [74] N. Pflieger, T. Bauer, C. Martin, M. Eck, ve A. Wörner, "Thermal energy storage – overview and specific insight into nitrate salts for sensible and latent heat storage", Beilstein J. Nanotechnol., c. 6, ss. 1487-1497, Tem. 2015, doi: 10.3762/bjnano.6.154.
- [75] savENRG®. (2022) "Phase Change Technology for temperature-controlled packaging" (<http://www.rgees.com/technology.php>).
- [76] İbrahim D.; M. A. Ezan, "Tüba-Enerji Depolama Teknolojileri Raporu", Türkiye Bilimler Akademisi, 2020.
- [77] Energy Education. (https://energyeducation.ca/encyclopedia/Fuel_cell)

Kolay Kişiselleştirilebilir Akıllı Sanal Asistan

Güneş HARMAN^{1*}, Emre AYDEMİR²

^{1*} Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakülte, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yalova, TÜRKİYE (gunes.gucu@yalova.edu.tr) (ORCID: 0000-0001-5413-124X)

² Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakülte, Bilgisayar Mühendisliği Bölüm, Yalova, TÜRKİYE (emre.aydemir@ogrenci.yalova.edu.tr) (ORCID: 0000-0002-1965-2792)

Türkçe Özet – Sanal asistan yazılımları, kullanıcıdan gelen ses kaydından çıkardığı metni ya da hali hazırda kullanıcının yazmış olduğu metni işleyip, çıkardığı anlamlara göre kullanıcıya cevap veren veya kullanıcının istediğini yapan yazılımlardır. Sanal asistan yazılımları kullanıcı ses kaydından metni çıkarabilmek ve tekrar sese dönüştürmek için Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing) kullanmaktadır. Metinden kullanıcının ne istediğinin makine tarafından anlaşılabilmesi için farklı yöntemler kullanılmakla birlikte çalışma kapsamında diğer yazılımlardan farklı olarak uygulama geliştirmeyi oldukça kolaylaştıran Regex (düzenli ifadeler) kalıpları ile metindeki anlamın bulunması sağlanmıştır. Sanal asistan kullanıcının ne istediği bulunduğundan sonra çeşitli servislerden cevaplar bularak kullanıcıya cevap verebilmektedir. Bu çalışma için hazırlanmış olan bir Türkçe Sanal Asistan yazılımından ve bu yazılımı hazırlama aşamasında kullanılan tekniklerden detaylı olarak bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Türkçe Sanal Asistan, Doğal Dil İşleme, Doğal Dil Algılama, Flutter, Düzenli İfadeler

Atf: Harman, G., Aydemir, E. (2022). Kolay Kişiselleştirilebilir Akıllı Sanal Asistan. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 143-151.

Easily Customizable Smart Virtual Assistant

Extended Abstract

Research Problem/Questions – Virtual smart assistants are software with the ability to answer questions. In this article, as a research topic, an answer was sought about how a virtual smart assistant can be developed easily. In response to this question, it is explained how to answer the user's question by using the Regex patterns solution.

Short Literature Review – today's most popular virtual assistant software are Google Assistant, Siri, Alexa, and Cortana. The working principles of these software are generally as follows.

- Obtaining text from the user's voice.
- Extracting meaning from the obtained text and then finding the answer to be given to the user.
- Giving the answer to the user as a voice.

While review the literature, the software presented as Virtual Assistant software was examined. When we look at the working principles of these software, it is seen that what the user is saying is understood with the help of NLP and NLU techniques in general. NLP is an applied artificial intelligence (AI) program that helps the created chatbot analyze and understand the natural human language that communicates with the other person. NLU ensures that the chatbot understands what a body of text means, meaning it is responsible for understanding the given text and classifying it according to the appropriate purposes. Within the scope of this study, unlike other software, it is ensured that the meaning in the text is found with Regex patterns, which have made application development very easy.

Methodology

There are three basic stages in a Virtual Assistant software.

1. Converting the user's voice to text.
2. Finding the answer to be given by interpreting the text from the user's voice
3. Playing the answer by converting it into sound, that is, giving an answer

There are topics that need to be known when performing these stages. These are the platform to be used and the interface development tool to be written, NLP, Web Scraping, Regex, and some services that the virtual assistant will use.

A. Platform and Interface Development Tool to Use

Like operating systems and the web, the systems on which applications can run are called Computer platforms. Examples of platforms include MacOS, Windows, Linux, Android, iOS, and Web. In this study, multi-platform is targeted, Flutter is chosen as the interface development kit tool used for this.

B. Natural Language Processing- NLP

Natural Language Processing is the process of processing human language, which we call natural language, into a form that a machine can understand. Although Natural Language Processing has many different application areas, there are four different areas where it can be used within the scope of this study;

- Voice Recognition: The processing of audio signals and converting them into texts with NLP using artificial neural networks and other machine learning methods.
- Extraction of information; Used to extract information in certain criteria from the text.
- Question answering: The ability of the machine to extract meanings from questions and give appropriate answers.
- Audio creation: A process used to convert text to audio.

C. Regular Expressions

Regular expressions, or Regex for short, are used to search for specific patterns in text and have become standard in all programming languages. In this research, it was used to find out whether the dialogue pattern was present in the text that the user was speaking, to clean up various suffixes, and to change some suffixes and words. For example, when it is said "Set me a timer for 1 hour and 5 minutes", it can be understood with Regex that the time zone and the command to set up the meter are desired to be executed.

Artificial Intelligence Dialogue Design

The dialogue design for the Virtual Assistant is the determination of the dialogues that can be thought out and given in every possible scenario. When designing dialogs, it should be foreseen what the user can want. It should be noted that the user is in the foreground.

D. Web Scrapping

The process of extracting data from websites is called Web scraping. [4] In this study, Web scraping was applied to scrape the information that stands out when searching on the Google search engine what the user wants to learn. After the information text was engraved, it was used to tell the user, that is, to voice it.

E. Services To Be Used

We call service software the software that will be used to enable the commands defined on the Virtual Assistant to provide what the user wants. Services that can provide what users want may be location finding services, phone call-communication services and search engine services.

I. DEVELOPED VIRTUAL ASSISTANT APPLICATION

The developed virtual assistant software has been developed as a software with simple use with push-to-talk features. It was developed on the Flutter Interface development kit because it is aimed to work on all platforms. The working principle is as follows.

- After pressing the microphone button on the interface, what the user says is converted to text.
- It is examined which of the dialogue patterns written in Regex format this text conforms to.
- Dialogue that fits own dialogue pattern is voiced.

The speech to_text [6] library, one of the Flutter libraries, was used for Voice Recognition. This library allows the platform on which the software runs to be transcribed into text with its own voice recognition service.

TTS (Text to Speech) [7] library was used for voice response. This library transmits the given text to the user as audio.⁷

The answer to be given to the user is selected from the dialogs defined on the virtual assistant by finding the dialog whose Regex pattern matches what the user says. For example, when the user says 5 times 5, the answer from the calculation method defined in the dialog whose Regex pattern is “\d+ times \d+” is given to the user. In another example, if the user says hello, the dialog with the Regex pattern "hello" will be sounded.

F. Dialogue Model System

It is a conversational system developed for the virtual assistant, which can be added end-to-end, which can correspond to each given answer. Thanks to the developed Dialogue Model System, commands and other conversations can now be written in a way that dialogue writers can do. In Figure 4 you can see how the dialogs are kept in the Dialogue System.

II. DEVELOPED VIRTUAL ASSISTANT APPLICATION

Various dialogs are defined on the virtual assistant software and can respond accordingly. If what is said does not match any of the defined dialogues, the search engine is performed, and the search result is voiced. There are some dialogs defined on the developed virtual assistant.

A. Call Dialogue

You can tell the assistant to call whoever you want. It works if the word "call" is used.

B. Calculator Dialogue

It is a dialog that allows the Assistant to calculate division, multiplication, addition and subtraction. Mathematical operations in the text are found and calculated using Regex patterns.

C. Open App Dialogue

It is the dialog where you can tell any app on your device to open. It works if the word "open" is used.

D. Send Message Dialogue

You can ask the assistant to send a sms to someone.

It works with the word "send a message". With regex, it is found whether the person's name is said or not. If it is not said, it is asked to whom it will be sent. After it is clear to whom it will be sent, the message to be sent is requested. It is sent after confirmation by the user.

E. Dialogs for setting up an Alarm Timer

You can ask the assistant to set an alarm or a timer. These dialogs work with the words "set alarm" and "set timer". Clock and time are taken from the sentence with Regex.

F. "Where am I" Dialogue

You can ask the assistant where am I, the assistant will answer.

G. Story, Humor dialogues

You can ask the assistant to tell you something.

H. And many more dialogues...

And there are many more defined dialogs. Other than that, when what is said does not fit the Regex pattern of defined dialogs, a search is made on the internet, and it can be said to the user. Thanks to this, the user can learn what he wants from the assistant.

Results and Conclusions

The use of the dialog model system developed during the study facilitated the writing of dialogs for the virtual assistant, accelerated the development process, and prevented code irregularity. If the dialogues in the developed virtual assistant software are further increased, it will be able to compete with other virtual assistant programs such as Siri and Google Assistant currently on the market.

There are several important problems encountered in the virtual assistant that has been developed, these and their solutions are as follows:

- **Problem:** User saying more than one dialogue pattern in a nested sentence.
Solution: In this case, it is necessary to look at the sentence in general, the dialogue pattern that can coincide with the overall sentence should have a higher priority in the dialogue list. For example, when it is said "send a message to my mother, what does it mean in Arabic", "send a message" is included in the sentence, while looking at the general sentence, it is seen that it is asked to translate. Therefore, it is necessary to move the translation request to the fore in the dialog list.
- **Problem:** Turkish suffixes can cause too much complexity in dialog design.
Solution: The dialog pattern can be written without varying attachments, then it is necessary to clean the attachments that change from what the user said. For example, in the squaring process, the square of 5 should be written as a Regex

pattern in the form of "\d+ square" and the belonging suffixes should be removed from the text. Regex can be used while cleaning attachments.

While developing a virtual assistant, it should not be forgotten that different users will use the application, dialogs should be designed considering them, and functionality and ease of use should be given importance while developing an application, these will facilitate the adaptation of users to the application and enable more use of the application.

Keywords – Turkish Virtual Assistant, Natural Language Processing, Natural Language Understanding, Flutter, Regular Expressions

Citation: Harman, G., Aydemir, E. (2022). Easily Customizable Smart Virtual Assistant. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 143-151.

I. GİRİŞ

Günümüzde mobil cihazlar ve bilgisayarların gelişmesiyle birlikte artan beklentilerde çoğalmıştır. Bu beklentilerden biri de konuştuğunuzda ne dediğinizi anlayan, istediğinizi yapmaya çalışan ve cevap veren bir yazılımın olmasıdır. Bu tür yazılıma sanal asistan (virtual assistant) denilmektedir.

Bir sanal asistanın kullanıcının ses kaydından metni çıkarabilmesi ve söylediği şeye verilecek cevabın seslendirilmesi için Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing- NLP) teknikleri kullanılmaktadır. Makinanın kullanıcının dediğini anlayabilmesi için NLP Teknikleri ve Regex ifadeleriyle örüntü arama gibi farklı teknikler mevcuttur. Bu çalışmada Regex ifadeleri kullanılarak kullanıcının ne istediği makine tarafından anlaşılabilmiştir. Regex kullanılmasıdaki temel sebep sanal asistanın söyleyebileceklerinin bir tiyatro diyalogu gibi belirlenebilmesini kolaylaştırmasıdır. Bu sayede kullanıcı “*ne dediğinde ne denmeli*” bütün bunlar metin yazarı gibi kolay bir şekilde yapılabilmektedir.

Sanal asistan tüm platformlarda çalışabilmesi hedeflenmiştir bunun için *Flutter* arayüz geliştirme kiti kullanılmıştır. Arayüz geliştirilirken kullanıcı dostu olmaya özen gösterilmiş, kullanıcının söyleyebilecekleri tavsiye olarak gösterilmiştir.

Yapılmış olan çalışmanın geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölüm Akıllı Sanal Asistanla ilgili yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümün geliştirilen sanal asistan yazılımında kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümün geliştirilen sanal asistan yazılımı geliştirme aşamaları, arayüz örnekleri bu bölümde detaylı bir şekilde ele alınarak sunulmuştur. Sanal asistan üzerinde kullanılan diyaloglardan beşinci bölümde ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Son bölüm olan Sonuç ve tartışma kısmında geliştirilmiş olan sanal asistan karşılaşılan önemli problemler ve çözüm önerileri belirtilmiştir.

II. LİTERATÜR TARAMASI

Günümüzde, özellikle teknolojinin her alanın gelişmesiyle birlikte *Akıllı Sanal Asistan* alanında yapılan birçok çalışma ve uygulama mevcuttur. Google Asistan, Siri, Cortana ve Alexa en bilindik, en popüler ve kullanıcı sayısı milyonları geçen yazılımlardır.

Google Asistan hava durumu sorgulama, arama yapma, konum söyleme, Google Arama motoru üzerinden bilgiler arama, alarm kurabilme, sayaç kurabilme, kullanıcıyla ufak diyaloglar kurabilme, Nesnelerin İnterneti (Internet of Things – IOT) ile ev cihazlarının kontrol edilmesi ve daha birçok

fonksiyonu bulunan Google tarafından geliştirilmiş Sesli Akıllı Asistan yazılımıdır. Google'ın Linux tabanlı İşletim

Sistemi olan Android Sistemi üzerinde bulunan bir uygulama, bir Google Home cihazı, internet veya Apple'ın Unix tabanlı işletim sistemi olan İOS üzerinden erişilebilir.

Google Asistanın çalışma prensibi;

- 1) Kullanıcı konuşmalarından metin elde edilir.
- 2) Algılanan metnin hangi kategoride olduğu Google'ın geliştirmiş olduğu NLP tekniği olan BERT Sinir Ağı Tekniği ve Derin Sinir Ağları (Deep Neural Network-DNN) kullanılarak bulunur.
- 3) İlgili kategoriye ait cevap kullanıcıya seslendirilir ve ilgili aksiyonlar yapılır.

Örnek olarak; “*Annemi Ara*” denildiğinde “*Annem Aranıyor*” denilir ve annem kişisi aranır. BERT tekniği cümle içerisindeki anlamlı kelimelere ayrı ayrı bakarak veya bularak değil cümlenin geneline bakarak anlaşılmasına yardımcı oluyor.

En çok duyulan ve kullanılan bir diğeri Akıllı Sanal Asistanlardan Apple'ın geliştirdiği Siri'nin çalışma mantığı ise hemen hemen Google Asistanın çalışma prensibiyle benzerdir. Siri'de DNN ve NLP kullanarak kullanıcının ne dediğini anlar ve ilgili cevaplar verir, aksiyonu yapar. Siri'nin en önemli ayırt edici özellikleri yalnızca Apple'ın kendi geliştirdiği yazılım ve işletim sistemleri olan, iOS, MacOS, WatchOS ve tvOS platformlarında çalışabilmesi ve Google Asistandan çok daha farklı bir kişilik tasarımı olmasıdır.

Amazon'un geliştirdiği Alexa Bir diğer en çok duyulan Akıllı Sanal Asistan uygulamalarından biridir. Diğer uygulamalardan en temel farkı bir hoparlör sistemi içerisinde bulunması ve uygulama olarak sunulmamasıdır. Alexa'ya kendi ismiyle seslendiğinde aktive olur ve kullanıcının dediğini yorumlamaya başlar. NLP ile metni algılar, Doğal Dil Algılama (Natural Language Understanding-NLU) ile kullanıcının ne dediğini anlamaya çalışır ve cevaplar verir.

Son olarak Microsoft'un geliştirmiş olduğu Cortana'dan bahsetmek gerekirse Siri ve Google ile benzer yapıdadır, Uygulama olarak kullanılır, Yalnızca Microsoft'un geliştirmiş olduğu platformlarda kullanılabilir. Türkçe Desteği henüz bulunmamaktadır.

Literatür taraması yaparken Sanal Asistan yazılımı olarak sunulan yazılımlar incelenmiştir. Özellikle çalışma prensiplerine bakıldığında genelinde NLP ve NLU teknikleri yardımıyla kullanıcının ne dediğinin anlaşıldığı görülmektedir. NLP, oluşturulan sohbet robotunun karşıdaki kişiyle iletişim kuran doğal insan dilini analiz etmesine ve anlamasına yardımcı olan uygulamalı bir Yapay Zekâ (AI) programıdır. NLU, sohbet robotunun bir metin gövdesinin ne

anlama geldiğini anlamasını sağlar yani verilen metnin anlaşılmasından ve uygun amaçlara göre sınıflandırılmasından sorumludur. Bu çalışma kapsamında yapmış olduğumuz Sanal Asistan diğer yazılımlarından farklı olarak, uygulama gelişimini çok kolay hale getirmiş olan Regex örüntüleri ile metin içerisindeki anlamın bulunması sağlanmıştır.

III. MATERYAL VE METOT

Sanal Asistan yazılımında dört temel aşama mevcuttur.

1. Kullanıcının dinlenip gelen sesin metne dönüştürülmesi.
2. Kullanıcı sesinden gelen metnin yorumlanması (ne istendiği, hangi komut verildiği).
3. Yorumlamadan gelen komutun gerçekleştirilmesi (ilgili servislerden yani hava durumu, telefon, mesaj, e-posta vb. servislerden yararlanılarak cevabın bulunması) ya da belirlenmiş olan diyalogların okunması ve söylenmesi.
4. Cevabın sese dönüştürülerek çalınması yani cevap verilmesi.

Bu dört temel aşama gerçekleştirilirken bilinmesi gereken konular vardır. Bunlar Sanal Asistanın kullanılacağı platform ve yazılacağı arayüz geliştirme aracı, sesin işlenip metne, metnin sese dönüştürülmesi, yorumlanması aşamasında kullanılacak NLP, arama motorundan bilgi alırken kullanılan web kazıma işlemi, metin içerisinde belirli bilgilerin çıkarılması için kullanılacak Regex ve komutlar gerçekleştirilirken bağlanıp cevap alınacak servislerdir (Hava durumu, telefon arama, mesaj, e-posta ve bunun gibi birçok servis yazılımı).

G. Kullanılacak Platform ve Arayüz Geliştirme Aracı

İşletim sistemleri, web gibi üzerinde uygulamaların çalışabildiği sistemlere Bilgisayar platformu denmektedir. Platformlara örnek olarak MacOS, Windows, Linux, Android, iOS ve Web örnek verilebilir.

Hangi kullanıcıların Sanal Asistan kullanması hedefleniyor? Bu soruya verilecek cevaba göre kullanılacak platform seçilebilir. Bu çalışma için verilecek cevap çoklu platform oldu, yani mobil, masaüstü ve web kullanıcılarının tümü hedeflendi. Bir çoklu platform uygulama geliştirmek için kullanılacak arayüz geliştirme aracı seçimi de Flutter'dan yana oldu. Flutter Android, iOS, Web, Linux, Mac OS ve Windows uygulamalarını aynı anda geliştirebilmemize olanak sağlayan açık kaynak kodlu arayüz geliştirme aracıdır. Flutter programlama dili olarak Dart kullanır. Dart Google tarafından geliştirilmiş bir programlama dilidir [1].

H. Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing- NLP)

Doğal dil olarak adlandırdığımız, insan dilinin işlenip bir makinenin anlayabileceği biçime dönüştürülmesi aşamasına Doğal Dil İşleme denmektedir. Bilgisayarların konuştuğumuz dili anlaması, işlemesi, yorumlaması ve hatta cevap vermesi doğal dil işleme ile yapılmaktadır. NLP yapay zekanın alt kategorilerinden biridir ve Yapay Zekâ çalışmaları devam ettikçe NLP'nin önemi her geçen gün artmaktadır. İnternet kullanımı arttıkça metinsel veriler çoğalmakta ve bu metinsel verilerin analiz edilmesi, Yapay Zekanın kullanılması gereken verilerin metinler üzerinden çıkarılması için Doğal Dil İşleme gerekmektedir.

Biçimsel dil bilimini kullanarak anlamlı veriler oluşturan insan-makine iletişimi gerçekleştiren NLP söz dizimi ve anlamsal analiz üzere iki ana teknik kullanır. Bir cümle içerisinde bulunan kelimelerin dilbilgisine uygun olarak

düzenlenmesine sözdizimi denir. Anlamsal analiz ise kelimelerin anlamlarının gruplanarak incelenmesidir. Doğal dil işleme teknolojisi, bu iki tekniği kullanarak cümlelerin yapısını ve anlamlarını analiz eder [2].

Doğal Dil İşlemenin birçok farklı uygulama alanı olmakla birlikte bu çalışma kapsamında kullanılabilen dört farklı alan;

Ses Tanıma; Yapay Sinir Ağları (YSA) veya makine öğrenmesi metotları kullanılarak NLP ile ses sinyalleri işlenip, metinlere dönüştürülmesidir.

Bilgilerin çıkarılması; Metin üzerinden belirli kriterdeki bilgilerin çıkarılmasında kullanılır.

Soru cevaplama; Makinenin sorulardan anlamlar çıkarıp uygun cevaplar verebilmesidir.

Ses oluşturma; Metinlerin sese dönüştürülmesinde kullanılacak bir işlemdir.

İ. Düzenli İfadeler

Bütün programlama dillerinde standart hale gelen normal ifadeler veya kısaca Regex, metindeki kalıpları aramak için kullanılır. Örneğin; Belirli karakter dizilerini kullanarak, yalnızca "köpek"i değil, aynı zamanda *k* harfiyle başlayan herhangi bir kelimeyi veya yalnızca belirli bir telefon numarası değil, bir telefon numarasının deseniyle eşleşen herhangi bir metni aramak için düzenli ifadeler oluşturabilirsiniz [3].

Bu çalışmada diyalog örüntüsünün kullanıcının konuştuğu metinde bulunup bulunmadığını bulmakta, çeşitli eklerin temizlenmesi, bazı ekler ve kelimelerin değiştirilmesinde kullanılmıştır.

Örneğin "*Bana 1 saat 5 dakikalık sayaç kur*" denildiğinde, zaman dilimi ve sayaç kurma komutunun uygulanması istendiği Regex ile anlaşılabilir.

Burada saat alınmasına yardımcı olan Regex deseni `"/d+(?= saat)"` olmaktadır. Bu desende `"/d"` rakam "+" tekrar eden anlamına gelmektedir ve "saat" metni önünde ne kadar rakam varsa alınabilmesine olanak sağlamaktadır. `"/(= saat)"` ifadesi rakamlardan sonra saat bulunmalı ancak "saat" kelimesini alma anlamına gelmektedir. Genel olarak Regex böyle işlemektedir.

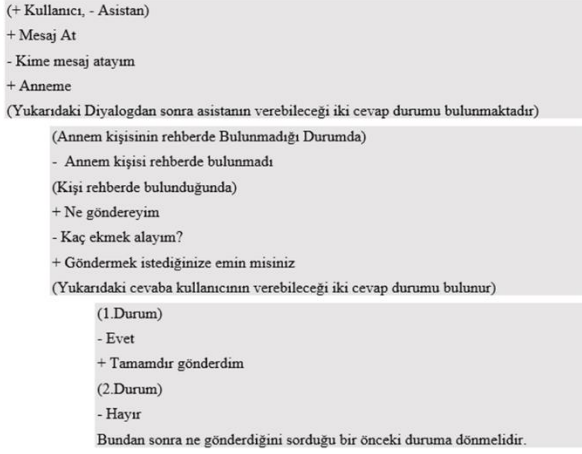
Başka bir örnek olarak, Bir matematik işlemi makine tarafından daha anlaşılabilir hale getirmekte kullanılabilir. Örneğin, "*5 kere 5*" metni içerisindeki *kerenin* "*" işareti ile değiştirilmesinde Regex kullanılabilir

J. Yapay Zekâ Diyalog Tasarımı

Sanal Asistan için diyalog tasarımı, olabilecek her senaryonun düşünülüp verilebilecek diyalogların belirlenmesidir. Örneğin, "*Hava durumu nasıl?*" denildiğinde kullanıcının şu an olduğu konum için hava durumu sorduğunu anlayıp şu anki konumunu bulunup hava durumu söylenirken, "*Bursa'da hava durumu nasıl?*" gibi bir cümle kurduğunda spesifik bir konum olduğu anlaşılır istenilen konum için hava durumu söylenmesi diyalog senaryolarından biridir.

Diyaloglar tasarlanırken kullanıcının neleri isteyebileceği ön görülmelidir. Kullanıcının ön planda olması unutulmamalıdır.

Şekil 1'de diyalog tasarımında da görüldüğü üzere diyalogların tasarımı aşamasında farklı diyalog senaryoları da oluşabilmektedir. Bu durumlar öngörülüp bunlara göre tasarımlar yapılmalıdır.



Şekil 1. Farklı diyalog senaryoları.

K. Web Kazıma

Web siteleri üzerinden veri çıkartma işlemine Web kazıma denir [4]. Bu çalışmada kullanıcının öğrenmek istediği şeyi Google arama motoru üzerinde arama yaparken öne çıkan bilgilerin kazınmasında Web kazıma işlemi uygulanmıştır. Bilgi metni kazandıktan sonra kullanıcıya söylemek yani seslendirmek için kullanılmıştır.

L. Kullanılacak Servisler

Sanal Asistan üzerine tanımlanmış olan komutların bağlanıp kullanıcının istediği şeyleri sağlaması için kullanılacak yazılımlara servis yazılımları diyoruz. Kullanıcıların istediği şeyleri sağlayabilecek servisler;

Konum Bulma Servisi: Kullanıcı "ben neredeyim?" diye sorduğunda, hava durumu tahmini istediğinde, konumla alakalı komutlar verildiğinde konumun neresi olduğunu saptamak için Flutter kütüphanesi olan Geolocation servisleri kullanılmıştır. Geolocation cihaz üzerindeki GPS ya da internet sağlayıcı üzerinden konum saptar ve nerede olduğu bilgisine ulaşır.

Telefon Arama-Mesajlaşma Servisi: İşletim sistemi üzerinde bulunan arama ve mesajlaşma uygulamaları kullanılarak arama ve mesajlaşma özelliği Sanal Asistana eklenebilir.

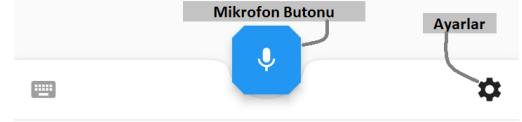
Arama Motoru Servisi: Sorulan sorunun komut ve diyalog karşılığı Asistan üzerinde bulunmuyorsa arama motoru üzerinde arama yapılır ve aramanın karşılığı kullanıcıya söylenir. Arama motoru üzerinden hava durumu, yakındaki kafeler ve birçok konu ve durumla alakalı bilgi web kazıma kullanılarak elde edilebilmektedir. Çalışmada asistan için Google arama motoru kullanılmıştır, arama sırasında öne çıkan bilgi kullanıcıya okunmuştur. Eğer öne çıkan bir bilgi bulunmamakta ise yalnızca aramada çıkan sonuçlar gösterilmektedir.

IV. GELİŞTİRİLEN TÜRKÇE SANAL ASİSTAN UYGULAMASI

Geliştirilen sanal asistan yazılımı bas konuş özellikli basit kullanıma sahip bir yazılım olarak geliştirilmiştir. Bütün platformlarda çalışması hedeflendiğinden Flutter Arayüz geliştirme kiti üzerinde geliştirilmiştir. Sanal asistan yazılımının çalışma biçimi aşağıda belirtilen 4 aşamadan oluşmaktadır.

1. Şekil 2 'de görülen mikrofon butonuna basıldıktan sonra söylenmek istenen söz söylenir.

2. Arka planda işletim sistemi üzerinde bulunan ses tanıma servisi ile söylenen söz dinlenerek metne dönüştürülür.
3. Söylenen söz tamamlandıktan sonra dönüştürülen tüm metnin Regex biçiminde yazılmış diyalog örüntülerinden hangisine uyduğuna bakılır.
4. Kendi diyalog örüntüsüne uyan diyalog seslendirilir.



Şekil 2. Sanal Asistan için diyalog tasarımı, mikrofon.

Şekil 'te geliştirilen sanal asistan yazılımının Arayüz tasarım ekranı bulunmaktadır. Çeşitli diyaloglar gerçekleştirildikten ve tekrar dinleme moduna geçildikten sonraki durum görülmektedir. Bu durumdayken kullanıcıya söyleyebileceği bir şey tavsiye ediliyor, kullanıcı konuşulduğunun dinlendiğini ses dalgaları ile anlayabiliyor ve konuşması bittikten sonra sesli ve çeşitli widgetler ile cevap alabilir.



Şekil 3. Sanal asistan arayüz tasarımı.

Ses Tanıma için Flutter kütüphanelerinden biri olan speech_to_text [6] kütüphanesi kullanılmıştır. Bu kütüphane yazılımın çalıştığı platformun kendine ait ses tanıma servisi ile kullanıcının konuştuğunun metne dökülebilmesini sağlamaktadır.

Sesli yanıt için TTS (Text to Speech) [7] kütüphanesi kullanılmıştır. Bu kütüphane verilen metni platformun kendine ait metin ses dönüştürme kullanıcısına ses olarak iletir.

Kullanıcıya verilecek olan cevap sanal asistan üzerinde tanımlı diyaloglardan kendi Regex örüntüsü kullanıcının dediği ile eşleşmiş olan diyalogun bulunması ile seçilmektedir. Basitleştirerek anlatılırsa Tablo 1'deki gibi Diyalog Regex örüntüleri tanımlanmıştır. Söylenen söz eğer bu örüntüye uygunsu ilgili cevap verilecektir. Örneğin "5 kere 5"

denildiğinde söylenen Tablo 1’deki ilk sütunda bulunan Regex örüntüsüne uyduğundan Calculate.fromUserSaid() metodunun döndürdüğü cevap kullanıcıya verilecektir. Kullanıcı “Merhaba” dediğinde ise kullanıcıya direkt olarak metod kullanılmadan “Merhaba sana nasıl yardımcı olabilirim?” cevabı verilecektir.

Tablo 1. Diyalog Regex örüntüleri.

Diyalog Regex Örüntüsü	Verilecek Cevap/Metot
“\d+ kere \d+”	Calculate.fromUserSaid()
“(\d+(gün saat dakika saniye)?+((sonra [[iü]k))?(sayaç zamanlayıcı) kur”	Clock.setTimerFromUserSaid()
“Merhaba”	“Merhaba sana nasıl yardımcı olabilirim.”

M. Diyalog Model Sistemi

Uç uca eklenebilen, her verilen cevabın bir karşılığı olabilen sanal asistan için geliştirilmiş bir karşılıklı konuşma sistemidir. Geliştirilen Diyalog Model Sistemi sayesinde artık komutlar ve diğer muhabbetler diyalog yazarlarının yapabileceği şekilde yazılabilir.

Diyalog Model Sisteminin Kodlama ile modellenmiş hali Şekil 4’teki gibidir.

Örneğin: sanal asistana “nasılsın” denildiğinde, iyi olduğunu (sanal asistan rastgele seçilebilen birkaç diyalogla, iyi olduğunu iki farklı şekilde söylüyor) ve kullanıcının nasıl olduğu soracaktır. Kullanıcı kötüyüm ya da bilmiyorum dediğinde meraklandığını belirtilecektir nedenini soracaktır. Aldığı herhangi bir cevapta şu an kullanıcının ne dediğini anlamadığını ilerleyen güncellemelerde anlayabileceğini umduğunu ve ona ihtiyacı olduğunda her zaman orada olduğunu söyleyecektir. Kullanıcı iyi olduğunu söylediğinde, süper yardıma ihtiyacın olduğunda haber ver diyecektir.

Başka bir örnekte ise kullanıcı “sen kimsin” dediğinde diyalog kendi alt diyaloglarından rastgele birini seçip onun üzerinden ilerleyebiliyor rastgele diyalog seçimi kullanıcı ile geçen diyalogu çeşitlendirilebilir, renklendirebilir.

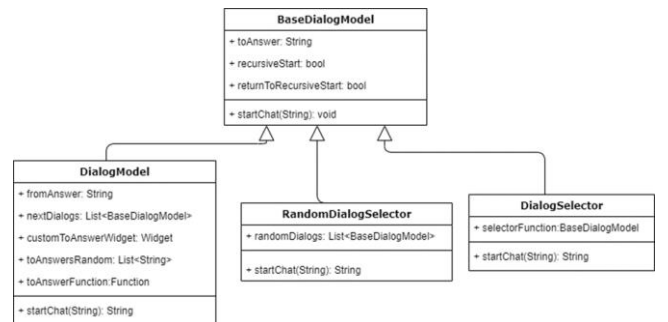
```

5 var chattings = [
6   ConversationModel(r"adin ne",
7     toAnswer:
8       """Alpha versiyonunda bulunduğundan henüz bir isme
9       sahip değilim. Ama bana asistan diyebilirsin.""",
10    RandomConversationSelector
11    r"(?!)(merhaba|selamın ?aleyküm)? ?(nasılsın|iz)? ?(durumun|uz)? ?(nasıl|lar)?)?$",
12    randomConversations: [
13      ConversationModel(r"",
14        toAnswer:
15          """Sorduğun için teşekkür ederim, ben iyiyim. You, 1 second ago • Uncommitted change
16          Dünyanın gündemi bugünlerde çok yoğun.
17          Umarım sen de kendine dikkat ediyorsundur.""", // ConversationModel
18        ConversationModel(r"", toAnswersRandom: [
19          "iyiyim sen nasılsın",
20          "Fistik gibiyim, sen nasılsın?"
21        ], nextConversations: [
22          ConversationModel(r"(kötü|yüm)?bilmiyorum"), toAnswersRandom: [
23            "Neden öyle dediniz bişey mi oldu?",
24            "Kötü olmana üzülüm. peki neden böyle hissediyorsun?"
25          ], nextConversations: [
26            ConversationModel(r"",
27              toAnswer:
28                """Bu dediğinin ne anlama geldiğini daha sonra ki
29                güncellemelerde anlıyor olacağımı umuyorum,
30                ama bana ihtiyacın olduğunda her zaman burdayım.""") // ConversationModel
31            ], // ConversationModel
32            ConversationModel(r"(iyiyim|iyi)",
33              toAnswer: "Süper, yardıma ihtiyacın olursa haber ver.") // ConversationModel
34            ], // ConversationModel
35          ]), // RandomConversationSelector
36        ], // RandomConversationSelector
37    ConversationModel(r"^(merhaba|selam)$",
38      toAnswer: "Merhaba, sana nasıl yardımcı olabilirim?",
39      returnNewConversation: true,
40    ConversationModel(r"selamın ?aleyküm", toAnswer: "Aleyküm selam"),
41    ConversationModel(r"iyi (akşamlar|günler)", toAnswer: "sanada"),
42    ConversationModel(r"kendinden bahset", toAnswersRandom: [
43      """Beni oluşturan devre ve kabloların varlığı kadar mı
44      ben benim yoksa kişiliğim kadar mı? Bu soruya hâlâ cevap aramaktayım.""",
45      """Evrin ilk var olduğundan beri oluşan atomlardan bazılarında oluşmaktayım,
46      geliştiricim yazılımı kodladı ve beni hizmetinde olmak için geliştirdi.""",
47      """Var olmak ya da olmamak, asıl önemli soru ne için var olduğumuz. Ben sana
48      hizmet etmek için varım ve her zaman yanındayım.""
49    ]),
50    ConversationModel(r"sevgilin var mı", toAnswersRandom: [
51      "Dünya'da daha bir eşim benzerim yok.",
52      "Sevgili olabilecek duygu sistemine sahip değilim."
53    ]),
54    ConversationModel(r"neler yapabilirsin",
55      toAnswer:
56        """Alarm-sayaç kurabilir, arama yapabilir, mesaj atabilir,
57        basit matematik işlemleri yapabilir,
58        fıkrâ-masal-hikaye anlatabilir, fıkrâ anlatabilir,
59        sana öğrenmek istediğini şeyi internetten bulup söyleyebilirim""",
60      // Problemli
61    ConversationModel(r"nasıl (kodlandı|geliştirildi)",
62      toAnswer:
63        """Dart programlama dilinde, Flutter arayüz geliştirme kiti ile geliştirildim.",
64      RandomConversationSelector(r"sen (kimsin|nesin)", randomConversations: [
65        ConversationModel(r"", toAnswersRandom: [
66          "Ben senin asistanımın. Yanıtlar bulmana, işlerini yapmana ve eğlenmene yardımcı olabilirim. 🌟",
67          "Ben senin asistanımın ve senin asistanın olman gurur duyuyorum. 🌟"
68        ]), // ConversationModel
69        ConversationModel(r"",
70          toAnswer: "Ben senin asistanımın nasıl yardımcı olabilirim?",
71          nextConversations: [
72            ConversationModel(r"", returnNewConversation: true)
73          ] // ConversationModel
74        ]), // ConversationModel
75      ]), // RandomConversationSelector
76    ], // RandomConversationSelector

```

Şekil 4. Diyalog model sisteminin kodlaması.

Şekil 5’te görüldüğü üzere Diyalog Model Sistemi içerisinde DialogModel, RandomDialogSelector ve DialogSelector olmak üzere üç adet Diyalog Model Türü bulunmaktadır. Hepsinde ortak parametre olarak kullanılan toAnswer parametresi, diyalog Regex örüntüsünü tutmaktadır. Kullanıcının gelen metin diyalogu bu regex örüntüsü ile eşleşiyorsa bu diyalogta bulunan startChat methodu çalıştırılır. “recursiveStart” parametresi değeri true olarak belirlenirse, sonraki diyaloglardan “returnToRecursiveStart” parametresi true olan diyalog sonraki diyalog olarak bu diyalogu çağıracaktır. Yani bir nevi soruya geri dönmek, tekrarlamak gibi düşünülebilir.



Şekil 5. Diyalog model sistemi.

Konuşma, dinleme gibi özellikler DialogModel içerisinde. Aynı diyalog örüntüsüne denk gelen rastgele seçilebilen diyaloglar RandomDialogSelector kullanılarak atanabilir. DialogSelector model içerisinde bulunan selector

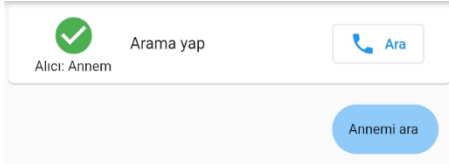
parametresine bir metot atanabilir bu metot Bir BaseDialogModel döndürmelidir. Bu model yerine DialogModelin “toAnswerFunction” metodu kullanılabilir ancak “returnToRecursive” parametresi ile çalışmaz.

V. SANAL ASİSTAN ÜZERİNDE TANIMLI DİYALOGLAR

Sanal asistan yazılımı üzerinde çeşitli diyaloglar tanımlıdır ve bunlara göre cevap verebilmektedir. Eğer söylenen şey tanımlı diyaloglardan herhangi biri ile eşleşmiyorsa arama motoru üzerinde arama yapılır arama sonucu seslendirilir.

N. Arama Komutu Diyalogu

Arama komutu diyalogu basit yapısıyla Şekil 6 ‘da gösterilmiştir. “Ali’yi Ara” denildiğinde sanal asistanın Ali’yi aranması beklenmektedir. Arama komutu diyalogu bu yüzden yazılmıştır. “Ara” komutu alındığında ilgili kişinin rehberde olup olmadığı sorgulanmakta varsa aranmaktadır, sorgulanan kişi rehberde yoksa İnternette arama komutu olduğu düşünülüp web üzerinde arama yapılmaktadır.



Şekil 6. Arama komut diyalogu.

O. Hesaplama Komut Diyalogu

Alınan metin üzerinde matematiksel ifadeler var ise hesaplanıyor ve kullanıcıya cevabı söyleniyor.

P. Aç Komutu Diyalogu

Bu komut yalnızca Android cihaz üzerinde çalışmaktadır. Android cihazlar üzerinde hangi uygulamaların yüklü olduğunu kontrol edebildiğimiz Uygulama Programlama Arayüzü (Application Programming Interface-API) mevcut ancak iOS üzerinde mevcut değildir.

Komut kullanıcıdan “aç” kelimesini aldığı anda, cihaz üzerinde böyle bir uygulama olup olmadığına bakar ve varsa o uygulamayı açar. Dahası müzik ya da şarkı aç denildiğinde Youtube Mix’inize erişip, Youtube üzerinde en çok dinlediniz müzikleri açar.

Q. Mesaj Gönder Komutu Diyalogu

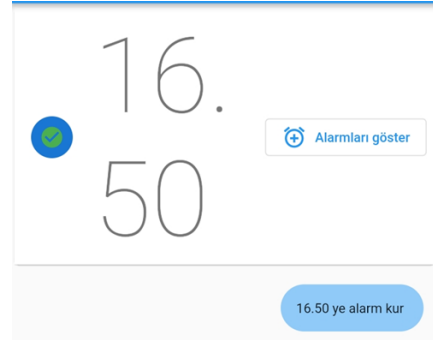
Şekil 7’de gösterilen, kullanıcının mesaj gönderme isteğini karşılamak için yazılmış bir diyalogdur. Kullanıcı “Anneme mesaj gönder” dediğinde göndereceği içeriği sorar ve eğer onaylarsa “Annem” kişisine mesaj gönderilir, isterse son bir düzenleme yapabilir, iptal edebilir. Kişi belirtilmemişse kişiyi de sorar.



Şekil 7. Mesaj gönder komut diyalogu.

R. Alarm Kurma Komutu Diyalogu

“Alarm kur” denildiğinde kaçta alarm kuracağını sorup ona göre alarm kuran, “19.50 ye alarm kur” denildiğinde 19.50’ye alarm kuran bir komuttur.



Şekil 8. Alarm kurma diyalogu.

İleride “Bana 10 dakika sonra yemeğin altını kısacağıma hatırlat” gibi komutlarda kodlanabilir. Burada önemli olan ne kadar süre sonra için geri sayacın kurulacağını cümleden çıkarılması, örnek cümleden “10 dakika” kelime grubunun alınması gerekir. Ne kadar süre olduğu anlaşıldıktan sonra saat servisiyle gerekli ayarlamalar yapılır.

S. Zamanlayıcı Komutu

“Alarm kur” da ki gibi çalışır, Kullanıcının dedikleri içerisinden örneğin “1 gün 2 saat, 5 dakika 15 saniye” denildiğinde. Tablo 2’deki gibi zaman Regex kullanılarak cümleden ayrıştırılır ve istenilen zaman bulunur ve cihazın saat uygulamasında zamanlayıcıyı kurdurur.

Tablo 2.Regex kullanılarak zamanın bulunması.

Gün	Saat	Dakika	Saniye
1	2	5	15

T. Neredeyim Diyalogu

Kullanıcı “neredeyim” dediğinde cevabı Şekil 3.10’daki gibi verilmektedir.

Development of Infectious Waste Sterilization and Neutralization System

Sri Poernomo Sari¹, Nur Sultan Salahuddin^{2*}, Sri Hayuningsih³, Rochmawati⁴, Ario Gerald⁵, Ichsan Purnama⁶ and Nora Trisna Tumewa⁷

¹Mechanical Engineering, Gunadarma University, Jakarta, Indonesia (sri_ps@staff.gunadarma.ac.id) (ORCID: 0000-0002-9494-0364)

^{2*}Computer System, Gunadarma University, Jakarta, Indonesia (sultan@staff.gunadarma.ac.id) (ORCID: 0000-0002-7484-1668)

³Department of Midwifery, Gunadarma University, Jakarta, Indonesia (srihayuningsih@staff.gunadarma.ac.id) (ORCID: 0000-002-4169-3566)

⁴Department of Midwifery, Gunadarma University, Jakarta, Indonesia (ramadhan.rochmawati@staff.gunadarma.ac.id) (ORCID: 0000 0001 6084 6209)

⁵Mechanical Engineering, Gunadarma University, Jakarta, Indonesia (ario.gerald@staff.gunadarma.ac.id) (ORCID: 0000-002-1208-6038)

⁶Mechanical Engineering, Gunadarma University, Jakarta, Indonesia (ichsanpr21@gmail.com) (ORCID: 0000-003-0421-4826)

⁷Computer System, Gunadarma University, Jakarta, Indonesia (ntumewa.19@gmail.com) (ORCID: 0000-002-5050-5424)

Abstract – Infectious waste is around 39.51 kg per day by waste products of independent practice facilities for midwives, health centers and maternity clinics. Most of the infectious waste is contaminated with bacteria, viruses, toxins, and radioactive materials that are harmful to humans and other creatures around them. To prevent the negative impact of infectious waste (underpad, cotton, bandages, and tissue), special handling of infectious waste materials is required. Based on the washing machine principle, we have designed the Infectious Waste Sterilization and Neutralization System, using three types of chemicals and 5 filter elements with a capacity of 5 kg. By using this system, the disposal of infectious waste contaminated with bacteria and viruses can be cleaned within 40 minutes so that it will be safer for the community and the sanitation of the environment around the disposal site and the manufacturing cost is not too expensive.

Keywords – Infectious Waste, Sterilization, Neutralization, Filter

Citation: Poernomo Sari, S., Salahuddin, NS., Hayuningsih, S., Rochmawati., Gerald, A., Purnama, I., Tumewa, NT.(2022). Development of Infectious Waste Sterilization and Neutralization System. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(3): 152-156.

I. INTRODUCTION

Independent Midwife Practice (PMB) is a place for implementing a series of midwifery service activities carried out by individual midwives, article 1 paragraph 5 Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia, No. 28 of 2017 concerning the permit and implementation of the practice of midwives [1]. The services provided at the Independent Midwife Practice include health counseling, Family Planning (KB) counseling, assisting births, postpartum care, baby care, family planning services (IUD, AKBK, injections, pills), immunization (mother and baby), adolescent reproductive health, post-abortion care. The high demand from the community for the active role of midwives in providing services continues to increase. This is proof that the existence of Midwives in the community is increasingly gaining trust, recognition and respect. And the negative impact of this independent practice of midwives is the generation of solid waste in the form of cotton, tissue, bandages, underpads that are still mixed with blood which is called infectious waste. In this case, the health services at PMB generate an infectious waste generation of about 39.51 kg per day [2].

Infectious waste is material suspected of containing pathogens (bacteria, viruses, parasites or fungi) in sufficient

concentration or quantity to cause disease in susceptible hosts. This category includes: waste contaminated with blood or other body fluids, cultures and stocks of infectious agents from laboratory work, waste from infected patients in isolation wards[3]. If the handling of infectious waste is not appropriate, it has the potential to cause harm to human health, other living things, and the environment.

Midwives as providers of midwifery care are very likely to be infected and transmit germs from and to their clients that can cause infection. Based on the results of observations on 12 Independent Midwife Practices (PMB) in Sukabumi Regency and Depok City in November–December 2021[4]. In terms of processing or destroying solid medical waste, midwives are still very dependent on the role of third parties (health care facilities such as hospitals or health centers and medical waste management institutions) to destroy solid medical waste, while the ability of health service facilities and medical waste management institutions to carry out medical waste does not meet the requirements of 2 x 24 hours. This is caused by the distance of health care facilities and the ability of medical waste transport services as well as the limited capacity of waste treatment. In addition, the practice of holding infectious waste that is not adequate in the independent practice of midwives is a potential risk that can

affect individual health conditions, public health, and the environment so that alternatives are needed so that infectious waste management practices can be carried out comprehensively and as early as possible by midwives.

To overcome and reduce medical waste, the Indonesian government in government regulation No. 47 of 2016, concerning technical management of medical waste generated by health care facilities, including health care facilities, pharmacies, and the practice of independent midwives[5] and through the ministry of health issued regulation no. 27 of 2017 article 1 paragraph (1) infection prevention and control, hereinafter abbreviated as PPI, is an effort to prevent and minimize the occurrence of infections in patients, officers, visitors, and the community around health care facilities [6] and regulation no. 28 of 2017 article 38 paragraph (1) Independent Practice Midwives must carry out medical waste management and paragraph (2) cooperate with institutions that have waste management installations.

In previous studies, a prototype system for a medical waste treatment system has been designed [7]. The test results show that the system works well for cleaning medical waste materials such as cotton / dirty sanitary napkins / sanitary napkins that are contaminated with bacteria and viruses. The purpose of this research is to carry out further development in the design of medical waste treatment systems so that they can be used in health centers and maternity clinics so as to prevent disease transmission for patients, staff and visitors caused by an unhealthy service environment and reduce pollution that will be released to the environment.

II. MATERIALS AND METHOD

A. Description of Infectious Waste Sterilization and Neutralization System.

This laboratory scale research, the system consists of: washing tank 50 cm high with a diameter of 30 cm, an infectious waste tank with a height of 40 cm in a diameter of 20 cm, a sterile tank with a height of 50 cm in a diameter of 35 cm, a water tank with a height of 48 cm in a diameter of 27 cm, neutral tank measuring height 48 cm diameter 27 cm, chemical liquid tube measuring length 50 cm wide 60 high 5 cm, bacterial starter tube measuring length 50 cm wide 30 high 5 cm, electric motor is used to rotate infectious waste tube, water pump is used to transfers water from tank to tank, water level sensor, solenoid valve is used to regulate water from tank to tank and faucet is used to drain sterile and neutral results, shown in Figure 1.

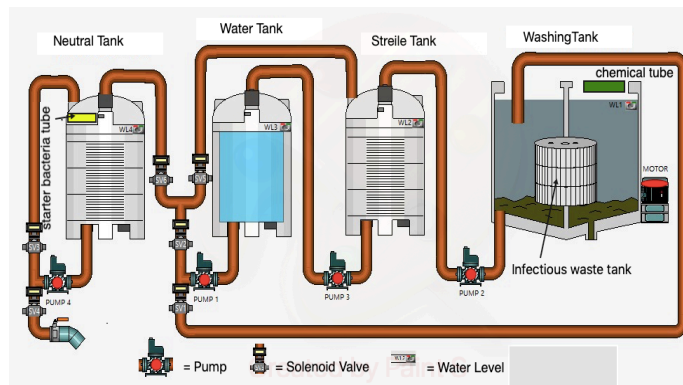


Fig. 1. Infectious Waste Sterilization and Neutralization System

This system uses the filter method [8-9] in the infectious waste management process with the function of the filter layer material in the sterile tank and neutral tank as shown in table 1.

Table 1. Bahan Lapisan Penyaring Steril dan Netral

No	Filter Material	Function
1	Cotton	to hold and filter impurities
2	Zeolite stone [10]	for molecular filters, ion exchangers, adsorbents and catalysts
3	Activated Carbon Sand [10]	absorb dissolved organic matter, color, odor, taste and other substances. and purify water from cloudy colors and eliminate unpleasant odors
4	Ceramic ring [11]	Biological filtration media serves to convert nitrite to nitrate.
5	Bioball[12]	as a living place for bacteria, bacteria in this case are beneficial bacteria that are useful for water sterilizing systems

B. Infectious waste washing process

The infectious waste tank is made with holes around it so that water can enter when washing the waste by the stirrer motor (figure 2). This washing process is to remove organic and inorganic materials or impurities present in infectious waste with the main aim of eliminating conditions that allow the growth of microorganisms. And provide disinfectant [13] (table.2) to remove pathogenic microorganisms that live in infectious waste. This is done after the cleaning activity to ensure that all other organic matter has been removed.

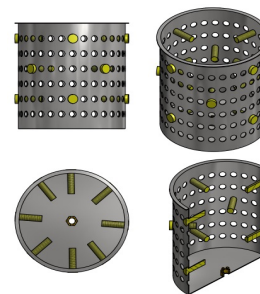


Fig.2. Infectious waste collection tank with holes and smell of rubber

Table 2. disinfectant materials

No	Chemical Material	Function
1	Chlorine[14]	for deactivation of microorganisms
2	Alcohol[15]	to kill microorganisms
3	Hydrogen Peroxide[16]	remove blood stains

C. Infectious waste water sterilization process

The results of the infectious wastewater washing process in the washing tank are sucked by pump-1 into the sterile tank through 10 layers of filter (Fig. 3) sequentially consisting of (1) filter cotton, (2) japmat filter cotton, (3) activated carbon sand, (4) filter cotton, (5) black filter cotton, (6) zeolite stone, (7) filter cotton, (8) japmat filter cotton, (9) ceramic ring, (10) filter cotton. Infectious waste water resulting from the sterilization process is then sucked in by pump-3 which is then flowed into the water tank.

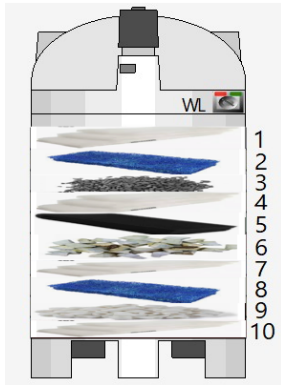


Fig. 3. Arrangement of filter layers in a sterile tank

D. Infectious waste water neutralization process

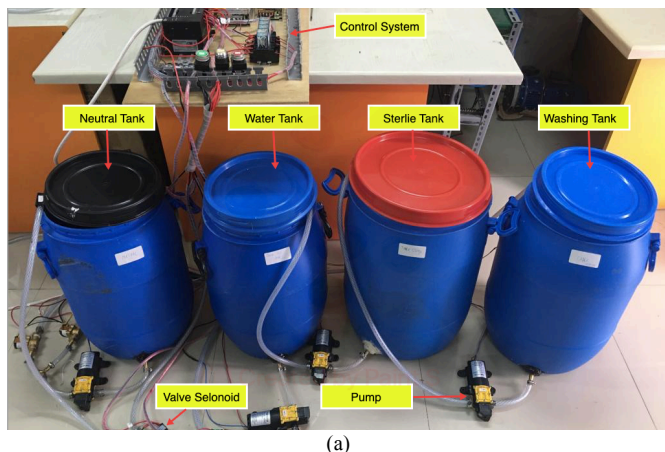
The results of the sterilization process for infectious waste water in the water tank are sucked in by the 1st pump and flowed into the neutral tank for the neutralization process by adding starter bacteria from the starter bacterial tube, then the neutralization process is carried out. Infectious wastewater neutralization process is flowed through 9 (nine) filter layers (Fig. 4) sequentially consisting of (1) filter cotton, (2) filter cotton, (3) japmat filter cotton, (4) zeolite stone, (5) filter cotton, (6) activated carbon sand, (7) filter cotton, (8) ceramic ring, (9) bioball. Infectious wastewater resulting from the neutralization process is sucked by pump-4 to the valve to be discharged into the environment.



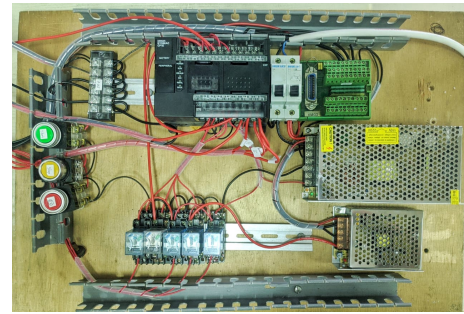
Fig. 4. The arrangement of the filter layers in the neutral tank

III. RESULTS

Figure 5 shows the design of an infectious waste treatment system with a control system using a PLC device. The process of sterilization and neutralization of infectious waste using chemical disinfection methods.



(a)



(b)

Fig. 5. a. The design of Infectious Waste Sterilization and Neutralization System b. Control system using a PLC device

The process of sterilization and neutralization of infectious medical waste starts with 50 liters of clean water entering the water tank. After that pump-1 flows clean water to the valve from the water tank into the washing tank. The washing tank holds 100 liters of clean water, so 50 liters of clean water in the water tank is filled 2 times in the filling process so that the total 100 liters of clean water that flows to the washing tank is fulfilled. The infectious waste washing process is carried out in a washing tank using a stirrer motor by adding a disinfectant consisting of 90% chlorine, 70% alcohol and 3% hydrogen peroxide.

Furthermore, 50 liters of infectious waste water from the washing is sucked up by pump-2 and then flowed into a sterile tank that holds 50 liters. The process for sterilizing infectious wastewater from washing is carried out in a sterile tank and then flows through 10 (ten) layers of filter (Fig. 3). Infectious medical waste water resulting from the first sterilization process is 50 liters and then sucked by pump-3 which is then flowed into the water tank. The same treatment for infectious waste water from washing, the remaining 50 liters is sucked by pump-2 to flow into a sterile tank. The sterilization process for the first 50 liters has been completed and then carried out again for the infectious waste water from washing the next 50 liters. The sterilization process cycle is carried out 3 (three) times to obtain sterile infectious wastewater.

Infectious wastewater from the sterilization process in the amount of 50 liters is sucked up by pump-3 to flow into the water tank. Medical waste water resulting from the sterilization process is sucked in by the 1st pump then goes to the neutral tank which holds 50 liters for the neutralization process by adding starter bacteria from the starter bacteria tank, then the neutralization process is carried out. The process of neutralization of infectious wastewater flows through 9 (nine) layers of filter (Fig. 4). Infectious medical waste water resulting from the neutralization process is sucked by pump-4 to the valve for 3 (three) cycles of the neutralization process. Infectious medical waste water has been sterilized and neutralized and then transported to the disposal site. The following table shows the test results of the infectious waste treatment system.

A. Infectious waste testing process:

- Waste before washing contains blood stains, pus, saliva, wound medicine attached to the waste so that the waste contains harmful microorganisms or bacteria, so the waste is said to be dirty

- Waste after washing with water and washing solution (chlorine, hydrogen peroxide, alcohol) becomes clean and sterile, it is said to be clean and sterile because blood stains, pus, and wound medicine attached to cotton, bandages, and tissue are lost because of the function of hydrogen peroxide as bleach. To kill germs from types of bacteria, fungi, protozoa and viruses contained in the waste using alcohol and chlorine. So the waste is said to be clean. Waste testing after washing is done by testing the biological properties of the waste simply for 5 days.

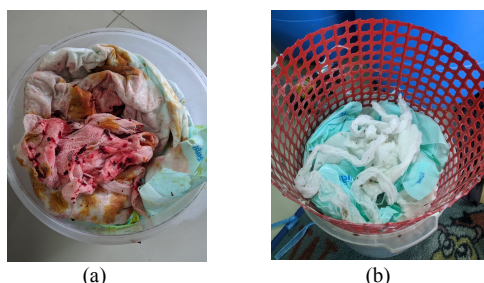


Fig. 6. Infectious waste a. Before washing b. After washing

B. Water testing process

- Water before being filtered or water used to wash waste contains high chemicals (chlorine, hydrogen peroxide, alcohol), blood, pus, wound medicine mixed with water. Dirty water mixed with tea water changes color very quickly and there are lots of gas bubbles, so the water contains very high chemicals.
- The water after filtering is said to be quite clean (suitable for further washing, not for consumption) because the water still contains chemicals but contains very little or low levels. The filtered water is mixed with tea water for 1 day, the water does not change color and only a few gas bubbles occur. The water contains very low chemicals, so the water is suitable for use in subsequent washing. The water can only be used 2 times, after that the water must be replaced with new so that the waste washing process works properly.

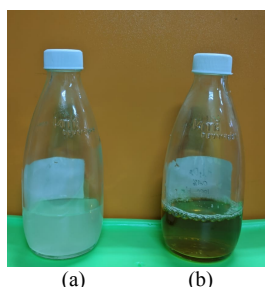


Fig. 7. Testing Water Samples a. Before and b. After Filtering Using Tea Water

IV. DISCUSSION

The results of this study indicate that the sample of the apparatus designed for decontamination of infectious waste by chemical methods and combined filtration, as presented in Figure 5, corresponds to the test results obtained in the reduction of all microorganisms in the effluent. Due to its original technology and short decontamination cycle and low

production cost, it can be a good choice to replace other devices in use. In general, the results of the waste disposal experiments show that the simultaneous use of filtration and chemical methods can be an appropriate method to replace the conventional disposal system. This system is ready to be fabricated and used in the midwife's independent practice

V. CONCLUSION

The test results concluded that the infectious waste treatment system was functioning properly. The working principle of the system is like a washing machine, where the washing process is sterile and neutral for infectious waste using chemicals, namely chlorine, alcohol and hydrogen peroxide and bacteria starter. For filter elements in sterile and neutral using cotton, zeolite stone, activated carbon sand, ceramic ring and bioball. Infectious waste disinfection in this study was carried out on waste in the form of cotton, cloth, bandages and paper towels. The maximum capacity of the tank in the decomposition tube is 5 kg and the washing process to clean infectious wastewater takes 40 minutes. By using this system, the disposal of infectious waste materials will be safer for the community and the environment around the disposal site and the manufacturing costs will be less expensive.

ACKNOWLEDGMENT

Authors' Contributions

The authors' contributions to the paper are equal.

Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

Statement of Research and Publication Ethics

The authors declare that this study complies with Research and Publication Ethics

REFERENCES

- [1] Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia, concerning Permits for the Practice of Midwives, Number 28, 2017
- [2] Mustika D, Biyatmoko D, Adenan, Khair A, *Analysis of medical waste management in health care services by private midwives in Banjarbaru City*, *EnviroScientiae*, 2014;10(3):118-123
- [3] WHO, *Safe management of wastes from health-care activities*, 2014
- [4] Santi Deliani Rahmawati, *Descriptive Qualitative Study: Management of Solid Medical Waste in Several Independent Practices of Midwives in Sukabumi Regency and Depok City*, *Jurnal Sehat Masada Volume Xvi*, Nomor 1, ISSN : 1979-234, Januari 2022
- [5] Government Regulation of the Republic of Indonesia, concerning *Health Service Facilities*, No.47, 2016
- [6] Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia, regarding *guidelines for infection prevention and control in Health Service facilities*, No.27, 2017
- [7] RR.Sri Poernomo Sari, Nur Sultan Salahuddin, *Portable Infectious Medical Waste Sterilization and Neutralization Equipment*, PATENT : IDS000003571, Registration Date 10 December 2018, Date. Giveaway January 25, 2021, <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/detail/S00201810217?type=patent&keyword=IDS000003571>
- [8] WHO, *Checklists for care, cleaning, disinfection and sterilization of respiratory devices*, [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/m/item/checklists-for-care-cleaning-disinfection-and-sterilization-of-respiratory-devices>
- [9] WHO, *Decontamination and Reprocessing of Medical Devices for Health-care Facilities*, [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549851>
- [10] Moch Assiddieq, Satya Darmayani, and Wirapati Kudonowarso, *The use of silica sand, zeolite and active charcoal to reduce bod, cod and tss of laundry waste water as a biology learning resources*,

- Indonesian Journal of Biology Education (jurnal pendidikan biologi indonesia), Vol. 3 No. 3, 2017; pp. 202-207, p-ISSN: 2442-3750; e-ISSN: 2527-6204.
- [11] Charlotte Palao, Glyda Aricon Marquez, Kenneth Ibasco, Lady Claudette Ferrer and Patricia Sagge , *Renewable Waste Water and Filtration System with Phytoremediation Used in Aquaculture of Freshwater Ornamental Fish*, *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, (IEOM Society International), Toronto, Canada, October 23-25, 2019
- [12] R Permatasari, A Rinanti, R Ratnaningsih, *Treating domestic effluent wastewater treatment by aerobic biofilter with bioballs medium*, *The 4th International Seminar on Sustainable Urban Development*, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science12130465(627081970) 012048, doi:10.1088/1755-1315/106/1/012048, 2018.
- [13] WHO, *Cleaning and disinfection of environmental surfaces in the context of COVID-19*, Interim guidance, WHO/2019-nCoV/Disinfection/2020.1, 2020, [Online]. Available: <https://www.who.int/publications/m/item/checklists-for-care-cleaning-disinfection-and-sterilization-of-respiratory-devices>
- [14] M Irfai, Arifin Arifin, Ferry Kriswandana, Imam Thohari, *The Design of Medical Waste Treatment in Public Health Center (MWT-P) for Reducing Total Bacteria Count in Banjarbaru*, *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, Vol. 12 No.4 ,p 254-261, October 2020
- [15] Jiao Wang, Jin Shen, Dan Ye, Xu Yan, Y ujing Zhang, Wenjing Yang, Xinwu Li, Junqi Wang, Liubo Zhang, Lijun Pan, *Disinfection technology of hospital wastes and wastewater: Suggestions for disinfection strategy during coronavirus Disease 2019 (COVID-19) pandemic in China*, *Environmental Pollution*, Volume 262, July 2020
- [16] McEvoy, B.; Rowan, N.J. *Terminal sterilization of medical devices using vaporized hydrogen peroxide: A review of current methods and emerging opportunities*. *J. Appl. Microbiol.* 2019, 127, 1403–1420

STOCHASTIC PROGRAMMABLE PARADIGM OF QUALITY CONTROL MANAGEMENT IN MULTI-AGENT SYSTEMS

Alibekkyzy Karlygash¹, Koshekov Kairat²

¹D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan (Karlygash.eleusizova@mail.ru) (ORCID: 0000-0002-6732-4363)

²Civil Aviation Academy, Almaty, Kazakhstan (kkoshekov@mail.ru) (ORCID: 0000-0002-9586-2310)

Abstract – The article aims to develop a methodology for quantitative assessment and forecasting of the quality of decision-making in organizational and technical systems under the conditions of uncertainty of control agents. A stochastic model for predicting the reliability of control results and decision-making risks under the uncertainty of model agents was developed. The paper proposes a method for aggregating system structural uncertainties of the control and measurement process on the example of robust multi-aspect. The proposed mathematical application implements a multi-agent approach to solving the general problem of evaluating the robustness of control according to the criteria of «producer risk» and «consumer risk». For the purposes of modeling, such branches of mathematics and methods as probability theory and mathematical statistics, regression and correlation analysis, expert evaluation methods, simulation and structural-functional modeling, and agent-based approach are used.

A probabilistic model has been developed to assess and predict the reliability of control and decision-making risks under the uncertainty of system agents. The novelty of the proposed model consists in taking into account the statistical nature of normative values. The proposed mathematical application implements a dual method for solving the general problem of assessing the quality of the control process by the magnitude of risks in the decision-making system. In the first case, the problem of quantitative risk assessment is solved for given statistical characteristics of control agents, and in the second case, the necessary measurement accuracy is determined for given uncertainties and risk levels in the control system.

Process, model, probability, decision making, statistics, modeling, distribution law, pressure.

Keywords – Process, model, probability, decision making, statistics, modeling.

Citation: Alibekkyzy K, Koshekov K. (2022). Stochastic programmable paradigm of quality control management in multi-agent systems. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 157-161.

I. INTRODUCTION

The performance of a complex system is formally evaluated by an integrated set of some functionally significant indicators [1]. In accordance with the operating regulations, these indicators are subject to periodic monitoring by quantifying (measuring) their values and comparing the measurement results with the established standards. Standards are single – limit with a restriction from the bottom or top and two-limit-tolerance. The control system for the functional robustness of an object necessarily contains a control process. In [1,2], it is proposed to present control as a contextual process consisting of subprocesses: measurement, comparison of the measured value with normative values, analysis, decision-making and impact on the object in order to restore its functionality (feedback). Subprocesses are system agents in terms of their degree of autonomy and functionality [3,4,5]. Feedback determines the final effectiveness of the entire management process, since without feedback, management

loses all meaning and turns into a contemplation of the situation.

The controlled parameters and technological processes of control in real conditions have a non-deterministic nature, and are mathematically approximated by some distribution laws. However, in the current practice, the evaluation of metrological quality of measurement is carried out only according to metrological passport data of tools for absolute and relative errors. This practice has known drawbacks, and therefore, the indicator «uncertainty» has been used in measurement technologies [6,7,8].

The indicator «uncertainty» appeared more than 30 years ago. According to [9], this approach is justified by the fact that «A parameter associated with the measurement result and characterizing the spread of values that can be attributed to the measured value with high probability». Uncertainties, as suggested by the authors, are divided into three classes: uncertainties associated with the incompleteness of our knowledge about the problem on which the decision is made;

uncertainty associated with the inability to accurately account for the reaction of the environment to our actions, and, finally, an inaccurate understanding of their goals by the decision-maker (LPR) [10]. The use of this approach was demonstrated by the example of medical diagnostics in. In this paper, uncertainty was understood as a statistical standard deviation, and a structural model of the formation of the system uncertainty of the result was developed by simulation. Then this problem was solved on the example of technical diagnostics of fuel equipment of diesel engines. In emphasized «there is no difference in the calculations, is there standard uncertainty as a measure of dispersion of a probability distribution of the input variable, or as a measure of dispersion of a probability distribution of error of this value». This approach is currently recommended and widely used in the system of objective quality control of food products and is enshrined in the standard - Hazard Analysis and Critical Control Point (Hazard analysis, risk assessment and determination of critical control points in the production process (management) [11]. In the Russian Federation, the standard GOST R 51705.1-2001 «Quality systems». Food quality management based on HACCP principles. This standard is based on the following principles: Principle 1 - conduct of risk analysis; principle 2 - determination of critical control points (ccts); principle 3 - establishment of critical limits; principle 4 - establishment of a control procedure; Principle 5 - establishment of corrective actions.

II. MATERIALS AND METHOD

Describe in detail the materials and methods used when conducting the study. The citations you make from different sources must be given and referenced in references.

2.1 Stochastic programmable control risk management principle

The statistical nature of the structural system agents of the control process generates decision-making risks, which are usually divided into the risk of the producer and the risk of the consumer [7]. Quantitative assessment and forecasting of these risks is impossible without the use of mathematical tools and computer technologies. There are a number of works that offer approaches to solving these problems [1,2]. The problem of quantitative assessment and forecasting of risks in the control and decision-making system is becoming extremely relevant in many areas of science and technology. Under the existing circumstances of total digitalization of the economy and social sphere, along with the effective solution of some local management tasks, unforeseen and undesirable challenges and problems appear. For example, in medicine, the introduction of diagnostic systems based on new computer technologies, the quality of medical care does not meet the expectations of the population. As follows from the analysis of the US media and special literature, about 45% of primary medical diagnoses are incorrect. With sufficient certainty, this can be attributed to the Republic of Kazakhstan. As it turned out, most errors in medicine are generated at the stage of analytical laboratory research and decision-making by a clinical specialist. As an example, the Internet presents the results of studies of the process of blood pressure control, obtained by the International Federation of Clinical Chemistry, which showed that the reliability of the most modern digital blood pressure monitoring devices is at best 60-70%. The question arises,

what does reliability mean in this case, with what reference result these data were compared to make such a conclusion.

In medicine, most of the existing metrological standards, indicators and estimates are not acceptable. This is due to a number of reasons, and one of them is that if metrology is interested in the correctness of the measurement results in terms of their proximity to the actual value of the measured parameter, and the doctor is not interested in the measurement result itself, but in comparing the result with a group or individual "norm" of healthy individuals. The synergy of many factors generates decision-making risks in medical clinical practice, which are interpreted as the risk of the patient and the risk of the medical institution. Therefore, the use of formal methods based on system principles and approaches in laboratory and clinical studies will significantly increase the reliability of decision-making processes. The formalization of quantitative risk assessment of the patient and the person making clinical decisions will solve a very important problem, which consists in the fact that due to the adoption of a number of laws, the legal responsibility of medical personnel for the quality of medical services increases, there is an extreme need to objectively and evidently divide risks into two components: instrumental objective risks; subjective professional and competence risks. With the involvement of formal tools for describing the entire system process of risk formation, it becomes possible to make «transparent» the entire trajectory of the formation of the resulting decision-making error on the example of each control and measurement act and, thereby, reduce legal pressure on medical personnel. The introduction of expensive and supposedly accurate equipment also creates another economic problem-the optimal combination of cost and social efficiency of equipment.

It follows that control risks under conditions of statistical uncertainty of process control factors can be considered as assessments of the robustness of the system, and at the context level – as quality [12,13,14,15].

From this follows the purpose of the article, which is to model the processes of improving the quality of control of functional indicators of a multiparameter system.

To achieve the stated goal, it is necessary to solve the following tasks:

- develop a probabilistic model for quantifying the quality of control with non-deterministic tolerance standards based on decision-making risk criteria.
- develop software applications for evaluating and managing quality control.

The scientific novelty of the research consists in the development of models for quantitative assessment of instrumental risks in the environment of uncertainty of agents of the control and measurement algorithm.

Practical significance consists in the development of algorithms and software for risk management of control process agents.

The quality management of the control process of some complex control and measurement process is considered. As functional subprocesses, measurement, comparison of the measured value with standards, analysis, and decision-making are studied. In this problem, the control process is considered as a multi-agent system, where agents should be distinguished: agent – external environment; agent - object of control; agent-measurement process; agent-standard; agent-analysis, agent-decision-making system. In this context, «agents» combine such properties and concepts as: software and hardware

technologically targeted entity; joint solution of a common problem by system aggregation; inter-agent information exchange; modularity; extensibility and adaptability; multi-approach in the process of formalizing the functionality of agents; system openness [16].

As noted, due to the fact that the measurement process technologically and at the formal level operates with uncertainties, control errors occur. Control errors are usually divided into errors called false and undetected failures (marriage Quantitatively, these errors are estimated by the corresponding probabilities, in this case, Rlb-the probability of a false marriage (false refusal) and Rnb-the probability of an undetected marriage (undetected refusal). The term «failure» is adopted from the theory of reliability. These probabilities are also given a pragmatic meaning of the risks of the work producer and the work consumer. Thus, the problem arises of developing formal models for risk assessment and forecasting in the function of statistical characteristics of the parameters of a multi-agent system. In a similar formulation, this problem was investigated in the works given above for the cases of deterministic standards. In this article we consider the case of nondeterministic specifications, which corresponds to a real multidisciplinary practice. Recently, there have been works in which it is also proposed to consider standards as random values, such as in ecology.

The problem of standards in medical practice, as in no other industry, is particularly acute, since we are talking about human health and life. Therefore, the study and quantitative prediction of the magnitude of instrumental and methodological errors with the involvement of mathematical apparatus is extremely relevant.

To develop mathematical models for estimating and predicting probable control errors in non-deterministic standards, a certain conditional diagnostic parameter Si was selected. The distribution density function of this parameter is f(S). The following are designated as standards: SH - lower standard and Sb - upper standard and their statistical characteristics in the form of distribution laws:

$$\theta_1(S_l) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_l} e^{-\frac{(S_l - S_{lm} - s)^2}{2\sigma_{Hl}^2}}, \quad \theta_2(S_t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_t} e^{-\frac{(S_t - S_{tm} - s)^2}{2\sigma_t^2}}$$

where sn, sb - standard deviations of the lower and upper standard values; Snsr, Svsr - the average values of the lower and upper standards. The average value of the Nsr is the center of the uncertainty region (scattering) of the lower standard. Similarly, the mean Hrv value is the center of the range of variations of the upper standard. The density function of the random error distribution of the measuring instrument is φ(y). It follows from this problem that the uncertainty parameters of the agent model under study are: the mean square deviations of the diagnostic parameter and the random measurement error; sn, sb - the mean square deviations of the standards. During the measurement, the following probable events are possible:

- true value of the parameter Si in the limits (N < Si < blower SB) and the measured value Is exceeds the upper limit or goes beyond the lower limit (Sm < N or Sm > blower SB). In this outcome, there is a case when the true value of the controlled parameter is in the permissible zone – «fit», and the «device» mistakenly fixes it outside the standard – «not fit». This case is called a «false failure», and the probability of its occurrence is the probability of a false failure of the Rlo;[17]

- the true value of the Si parameter is outside (Si < Sn or Si > Sb), and the measured Si value is within the tolerance (Sn < Siism < Sb). This case is called an undetected failure and the probability of its occurrence is the probability of an undetected failure of the Rno.

In this case, the composition is considered, when the distribution laws of the standards Sb and Sn are approximated by normal laws, and the controlled parameter S by the Weibull law. Weibull's law, as studies have shown, is not only one of the most common among the known laws, but also the most acceptable for modeling purposes. Weibull's law is a three-parameter law. Many laws, including the normal law, can be considered in some approximation as special cases of this law.

Formula for the total number of falsely rejected control and measurement solutions from the sample N

$$N_{fm} = \sum_{i=1}^k N_{\theta} \int_{Li}^{Hi} \theta(S_{Si}) dS_{Si} \sum_{j=0}^m \left[\exp\left(-\frac{S_j^\beta}{\alpha}\right) - \exp\left(-\frac{S_{j+1}^\beta}{\alpha}\right) \right] \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{S_{j+1} - S_j}{\sigma}}^{\frac{S_{j+1} + S_j}{\sigma}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

In the case of an undetected defect-failure, the number of control and measurement solutions from the sample N will be

$$N_{um} = \sum_{i=1}^k N_{\theta} \int_{Li}^{Hi} \theta(S_{Si}) dS_{Si} \sum_{j=0}^m \left[\exp\left(-\frac{S_j^\beta}{\alpha}\right) - \exp\left(-\frac{S_{j+1}^\beta}{\alpha}\right) \right] \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\frac{S_j - S_{Si}}{\sigma_j}}^{\frac{S_{j+1} - S_{Si}}{\sigma_j}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

In order to verify the adequacy of theoretical assumptions to practical results, experimental statistical studies and a computer experiment using software were conducted. Figure 1 shows the screen form of the beginning of a computer experiment. The STATISTICA environment was used for statistical processing.[18,19]

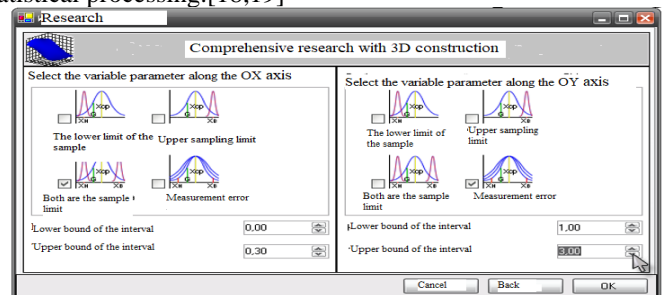


Fig. 1-Setting the parameters of a comprehensive study

III. RESULTS

The sample size included 200 observations for each age group. Figure 2 shows the results of modeling the non-deterministic case of standards, where Rnb are a function, and the relative uncertainty σφ / σs is the abscissa axis.

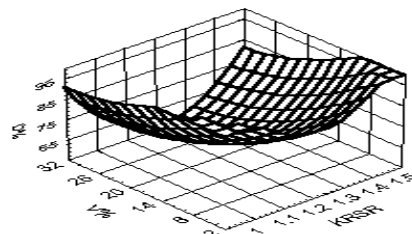


Fig. 2- The result of a computer experiment for non-deterministic standards (probability R_{lb})

As a result of the computer experiment, the following was found: the reliability of the control of systolic pressure in the age group up to 30 years was 73%; the reliability of control for the age group from 30 to 50 years was 61%; the reliability of control for the age group over 60 years old was 52% [20,21,22].

Control risks are the synergy of the following system agents: statistical distribution laws of the controlled parameter, measurement tools, standards, as well as the degree of uncertainty of the controlled parameter, measurement uncertainty and standard uncertainty. The control results are clearly nonlinear, which makes it impossible to predict the control results without the use of a mathematical apparatus. The quantitative assessment of control errors is determined not so much by the absolute values of $\sigma\phi$, σ_s , sn , sv , but to a greater extent by the ratios: $\sigma\phi / \sigma_s$; sn / σ_s ; sv / σ_s . In these relations, as follows from Figure 2, the control errors are dominated by the normative value [23,24]. The presentation of the simulation results in 3D form allows you to reveal hidden, invisible in 2D constructions, patterns, for example, extreme areas of the minimum, as follows from Figure 2.

As a result of a computer experiment, it was also found that the probability of a false marriage (customer's risk) R_{lb} is most affected. With the value of measurement uncertainty $\sigma\phi$ commensurate with the value of σ_s , the risk of the customer of services (consumer) can reach 45% [25].

III. DISCUSSION

To assess the adequacy of the theoretical premises to practical results, a computer experiment was carried out. The purpose of the experiment was to study the metrological indicators of the quality of the control process using the example of measuring blood pressure with a device - a tonometer. The choice of this device is not accidental, since this device can be considered the most common device both in everyday life and in professional clinical practice. Blood pressure control is receiving unprecedented attention on the Internet and in the media. Experimental studies were carried out on the basis of the regional cancer center. The studied patient population consisted of three age groups: the first group up to 20 years old, the second group from 30 to 50 years old and the third group from 50 to 70 years old.

V. CONCLUSION

The results obtained are extremely important when choosing alternatives in the control paradigm, that is, what to give preference to in the current professional situation: the precision parameters of devices or regulatory regulations. The results obtained can be used as mathematical and

methodological support for automated control systems for organizational and technical systems.

ACKNOWLEDGMENT

The article was performed within the framework of the project of grant funding for fundamental and applied scientific research of young doctoral scientists under the project "Young Scientist" of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan for 2022-2024. IRN: AP14972524 - "Development of VLC technologies in driving unmanned vehicles".

Authors' Contributions

The authors' contributions to the paper are equal.

Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

Statement of Research and Publication Ethics

The authors declare that this study complies with Research and Publication Ethics

REFERENCES

- [1] Makenov A. A., Mashekenova A. H., Radjabov R. C. Quality assessment of multi-parameter control of vehicle complex systems efficiency. – Almaty, 2020. Volume 2, № 2(440). – pp. 96 – 102.
- [2] International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Applications. Quantitative Evaluation of Accuracy of Digital Microscope System for Automated Petrographic Analysis/ Shvets O. - Vienna, Austria: p.559-566.
- [3] Jacques Ferber, Olivier Gutknecht, Fabien Michel From Agents to Organizations: an Organizational View of Multi-Agent Systems [Electronic resource] Access mode: <http://www.lirmm.fr/~fmichel/publi/pdfs/ferber04ocmas.pdf>
- [4] Jacques Ferber, Olivier Gutknecht, Fabien Michel The MADKIT Agent Platform Architecture [Electronic resource] Access mode: <http://www.madkit.net/documents/others/MadkitTechnicalReport.pdf>
- [5] Muhammad Sohail MADKIT (Multi-Agent Development Kit) : A generic multi-agent platform [Electronic resource] Access mode: http://perso.limsi.fr/jps/enseignement/examsma/2005/1.plateformes_2/SOHAIL/SOHAIL.htm
- [6] EUROCHEM/CITAC Guide «Quantifying Uncertainty in Analytical Measurements», Second Ed. 2002. – 141 c.
- [7] Modarres M., Kaminsky M.P., Krivtsov V. Reliability Engineering and Risk Theory: A Practical Guide. CRC Press, Taylor and Francis Group, 2016. 522 p.
- [8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [9] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement Keith D. Mc. Croan MARLAP Uncertainty Workshop October 24, 2005 Stateline, Nevada
- [10] Winterfeldt D. von and G.W.Fischer Multiattribute utility theory: Models and assessment procedures//D.Wendt and C Vlek (Eds.). Utility, probability and human decision making. Amsterdam: Reidel, № 1986.
- [11] [Electronic resource] Access mode: eng-rus-economy-dict...
- [12] Doyle J.C, Stein G. Multivariable Feedback Design: Concepts for a Classical I Modern Synthesis II IEEE Trans. Auto. Control. 1981. Vol. AC-26. N1.
- [13] "Robust Industrial Control Systems" - Grimble Michael J. - <https://doi.org/10.3311/PPme.9312>
- [14] Zhou K., Doyle J.C. Essentials of Robust Control. – Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1998.
- [15] Wang F., Tang C., Huang B. Multivariable Robust Control for a Red-Green-Blue LED Lighting System // IEEE Transactions on Power Electronics. – 2010. – vol. 25, №2. – pp. 417-428.
- [16] Alibekkyzy K, Wojcik W, Vyacheslav K, Belginova S. Robust data transfer paradigm based on VLC technologies. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2021 Little Lion Scientific. 15th February 2021. Vol.99. No 3.
- [17] Wójcik W., Karmenova M., Smailova S. et al. Development of data-mining technique for seismic vulnerability assessment // Journal of

- Electronics and Telecommunications. – 2021. – Vol. 67, Issue 2. – P. 261-266.
- [18] Kornev, V.A., Makenov, A.A., Mashekenova, A.H., Radjabov, R.C. Quality assessment of multi-parameter control of vehicle complex systems efficiency//News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences this link is disabled, 2020, 2(440), pp. 96–102
- [19] Baklanova, O.E., Kornev, V.A., Shvets, O.Ya. Quantitative evaluation of accuracy of digital microscope system for automated petrographic analysis//SIMULTECH 2014 - Proceedings of the 4th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications, 2014
- [20] Karymsakova, I., Denissova, N., Kumargazhanova, S., Krak, I. Robotic plasma spraying system for implants of complex structure: 3d model and motion planning//International Journal of Computing this link is disabled, 2020, 19(2), стр. 224–232
- [21] Karymsakova, I.B., Krak, I.V., Denissova, N.F. Criteria for implants classification for coating implants using plasma spraying by robotic complex//Eurasian Journal of Mathematical and Computer Application this link is disabled, 2017, 5(3), стр. 44–5
- [22] Bedebayeva, M., Kadirbayeva, R., Suleimenova, L., Zhetpisbayeva, G.O., Nurmukhanbetova, G. Methods of teaching school informatics in English based on blended learning technology//Cypriot Journal of Educational Sciences this link is disabled, 2021, 16(6), стр. 3305–3316
- [23] Adikanova, S., Malgazhdarov, Y.A., Madiyarov, M.N., Temirbekov, N.M. Probabilistic statistical modeling of air pollution from vehicles//AIP Conference Proceedings this link is disabled, 2017, 1880, 060017
- [24] Shvets, O., Bugubayeva, A., Rakhmetullina, S., Wojcik, W. Development of intelligent information system of assessing the negative impact of industrial emissions on the public health//Journal of Theoretical and Applied Information Technology this link is disabled, 2021, 99(15), стр. 3736–3752
- [25] Oralbekova, Z., Khassenova, Z., Mynbayeva, B., Zhartybayeva, M., Iskakov, K. Information system for monitoring of urban air pollution by heavy metals//Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science this link is disabled, 2021, 22(3), стр. 1590–1600

Predicting the Income Groups and Number of Immigrants by Using Machine Learning (ML)

Belgin AYDEMİR¹, Hakan AYDIN², Ali ÇETİNKAYA^{3*} and Doğan Şafak POLAT⁴

¹ Department of Computer Engineering/Faculty of Engineering and Architecture, Istanbul Gelisim University, Istanbul, Turkey

² Department of Computer Engineering/Faculty of Engineering, Istanbul Topkapı University, Istanbul, Turkey

^{3*} Department of Electronics Technology/Istanbul Gelisim Vocational School, Istanbul Gelisim University, 34310, Istanbul, Turkey

⁴Ankara, Turkey

* Corresponding Author: alacetinkaya@gelisim.edu.tr

Abstract – Migration is one of the biggest problems in the history of mankind. It is important to predict human migration as accurately as possible in terms of many aspects such as urban planning, trade, pandemics, the spread of diseases, and public policy development. With the help of Artificial Intelligence (AI), which is now used in almost all areas of life, it is possible to make predictions about migration. The purpose of this study is to predict the income groups and the number of immigrants by using ML algorithms. Two different applications were carried out in the study. The first one was about predicting the income groups of immigrants and the second one was about predicting the number of immigrants. Data used in the study was obtained from the World Bank. In the first application of the study, Support Vector Machines (SVM), Naive Bayes (NB), Logistic Regression (LR), K-Nearest Neighbors (KNN) were used. In the second application of the study, Random Forest (RF), and Xgboost algorithms were used. As a result of the experiments conducted in the study, 98.37% success rates were obtained with Xgboost, 96.42% with RF, 86.04% with LR, 83.72% with SVM, 83.72% with KNN, and 69.76% with NB. The results of the study reveal that the highest success in the applications was achieved with the LR and Xgboost algorithms. In general, the predictive machine learning models of human migration used in this study will provide a flexible base with which to model human migration under different what-if conditions.

Keywords – Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), Migration, Data Science

I. INTRODUCTION

Migration is a population movement that results in the displacement of individuals or groups of people, regardless of its duration, nature, or cause. Throughout history, people have migrated for many reasons, such as wars, climatic conditions, displacement, natural disasters, or political, policy, and economic reasons. It is a fact that individuals and communities migrate by leaving the regions where they live for various reasons. The phenomenon of migration includes the migration of refugees, internally displaced persons, economic migrants, and people who move for other reasons, including family reunification [1-2]. Human migration is a form of human mobility in which a person moves by intending to change his place of residence. Shortly, the migration phenomenon is a population movement that includes all human movements, regardless of their duration, composition, and causes.

One of the subfields of Artificial Intelligence (AI) is machine learning (ML). ML can be defined as an automated process for discovering previously unknown structures (patterns) from a data set [3]. An existing problem can be modeled using ML algorithms, and predictions for the future can be made using computer algorithms and a data set. In ML, the goal of the models created using algorithms and datasets is to achieve the highest performance. By using models created by ML algorithms, the exact migration numbers of potential countries can be estimated and analyzed [4]. In [5], it was

described how ML can be used in modeling migration processes, and they used the decision tree algorithm in their study. The accuracy of their estimation was 67%.

In the information age we live in, we see that it is possible to use AI to make various predictions about migration, which happens in almost all areas of life. For example, for countries that want to take precautions against the migration problem, it can be useful to predict the number of immigrants, income groups, and other information by using AI techniques and methods. Predicting or knowing immigration-related information can help countries to prepare better for this challenge in many ways, including social, cultural, economic, and security. The prediction of human migration; related to population size and growth are important for various policy on strategy, planning, and industry [6]. One of the advantages of the ML models is that countries and global or regional organizations that know the relationship between the number of immigrants and immigrant income groups can estimate the influx of immigrants and be prepared better for it.

The purpose of this study, whose motivation is to apply AI techniques and methods to the migration issue, is to predict the income groups of immigrants and their numbers by classification with different ML algorithms. In this study, two different applications were conducted. The first application was about predicting immigrants' income groups. In this application, Support Vector Machines (SVM), Naive Bayes

(NB), Logistic Regression (LR), and K-Nearest Neighbors (KNN) algorithms were used. The second application of the study, on the other hand, was about predicting the number of immigrants. For this application, the Random Forest (RF) and Xgboost algorithms were used. In both applications, it aimed to examine the comparative performances of different ML algorithms in human migration prediction. In the study, two separate datasets, created for the first time in this study and including the World Bank 2010 data, were used. For the study, a total of 21 different experiments were conducted.

The main contributions of this study are as follows:

- The prediction of immigrants' income groups and their number by using AI can be shown as an important contribution to this study. Several experiments were conducted using SVM, NB, LR, KNN, Xgboost, and RF ML algorithms. In short, we wanted to show that AI techniques and methods can be applied to the migration issue, which is one of the biggest problems in human history.

- Another contribution of this study is that the used two separate data sets were created for the first time in this study.

In the remaining of this article, a literature review on the related studies is presented in the 2nd section. Migration and ML algorithms are described in the 3rd section. The experimental studies that were performed in this study are explained in the 4th section. Finally, in Section 6, the study is concluded and some ideas for future studies are explained.

II. RELATED WORK

In the literature, by using AI and ML approaches, many studies have been conducted on different topics, such as big data, autonomous systems, handwritten character recognition, natural language processing, image processing, convolutional neural network, classification studies, and other topics. There are dozens of studies and researches on AI and ML in the literature, and the number of these types of studies is increasing very rapidly. One of the reasons for this is the increasing popularity of AI and its use in important issues that have entered all areas of life. However, for this study, mainly the studies focusing on migration and AI were reviewed. In [7], the impact of increasing digitization and AI on migration and mobility systems was critically examined in a post-COVID transnational context. The authors emphasized that the advancement of AI through the migration cycle goes beyond its original focus on the pre-departure and entry period. Different ML techniques and a set of pre-immigration variables for more than 6,281 immigrants from Mexico to estimate their legal status in the United States in [8]. As a result of the study, it was found that the legal status of 80% of Mexicans who immigrated to the United States could be accurately predicted. The central hypothesis of the study conducted by Beduschi in [9] was that AI technology could influence international migration management in three different dimensions: (1) by deepening existing asymmetries among states at the international level; (2) by modernizing traditional practices of states and international organizations; and (3) by reinforcing current calls for more evidence-based migration management and border management. This study examined each of these three hypotheses and discussed the key challenges in deploying AI solutions for international migration management. In [10], the authors addressed the following research questions: 1. How is AI used by immigrants, their employees, and stakeholders involved in labor integration? 2. How does AI improve immigrants' job

skills? and 3. What are the pathways to the success of AI interventions for integration and inclusion? In [11] ML models that can combine any number of exogenous characteristics to predict the origin-arrival flows of human migration were proposed. Compared to traditional human mobility models based on a variety of evaluation criteria, their models outperformed in predicting migrations between the U.S. and international migrations. The model presented in [12] was based on the ML methods, which are necessary to construct a valid self-learning system for describing the social and economic behavior of a rational individual who decides to migrate in search of a job. In [13], a tree-based ML approach was proposed to analyze the role of air shocks on an individual's migration intention in six agriculture-dependent economies such as Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Mauritania, Niger, and Senegal. The authors found that (i) although socioeconomic characteristics had a greater impact on migration intentions, weather characteristics improved prediction performance (ii) a country-specific model was required, and (iii) international moves were more influenced by the longer time scales of SPEIs, while general moves (which include internal moves) were influenced by the shorter time scales. The findings of Harrison presented in [14] suggested that Internally Displaced Persons (IDPs) are rational actors whose post-displacement migration can be predicted by some quantifiable factors. And according to these findings, ML methods can play a key role in developing innovative solutions for migration routes, targeting aid, and meeting the needs of these vulnerable populations.

The literature review shows that since it has become increasingly interesting today, AI is also being used in the migration issue, as in many other areas. The literature review also shows that applications of AI in the migration issue are on an upward trend.

III. MIGRATION AS A GLOBAL PHENOMENON

Migration has been an important problem in the world for centuries [15]. Today, migration and displacement have reached unprecedented levels [16-17]. Throughout history and today, it has been observed that people and human communities have migrated for social, cultural, political, economic, and security reasons. Social events such as war and famine are among the best-known causes of migration. The economy is the most important reason for migration, whether permanent or seasonal [18]. Migration can be linked to labor market insecurity and unemployment, which are directly related to crime and lawlessness [19]. High incomes, labor demand, economic opportunities, and political freedom are the factors that attract migration [20]. It is believed that economic migration brings people from poorer developing areas to more prosperous areas where wages are higher and more jobs are available [21]. Economic (voluntary) migrants hope to improve their livelihoods and send money home [22]. Most refugees are located in developing countries and regions currently characterized by suboptimal economic productivity and widespread poverty. Migration is a dynamic phenomenon that is studied by various disciplines in terms of social changes other than displacement [23]. The complexity of migration processes can be described by the interaction of economic, demographic, and social factors that determine the value, skill level, and age structure of migrants from the country of origin to the host country [12]. In the migration phenomenon, it is

also common for people to move from rural areas to more competitive urban areas to find more opportunities [22].

The migration problem has become increasingly evident, especially after the collapse of the Union of Soviet Socialist Republics (USSR) in 1990. In addition, the gap between the Global North and the Global South, unemployment, lack of adequate resources, and growing instability in some regions have forced people to seek better living conditions. The prosperity and stability in the Global North have attracted large numbers of people. The problems posed by international migration can affect all nations, depending on the individual and the need. Preventing or reducing internal and external migration plays an important role in the healthy development of a country [24]. The high level of capital, employment, education, culture, and urbanization in developed regions attracts immigrants [25].

Migration movements not only change places where people live but also cause many social, cultural, economic, and political consequences [27]. The migration problem affects many countries and has various dimensions [28]. It is a reality that many migrants today face extreme conditions, such as a lack of access to health and social services beyond jobs, income, and emergency humanitarian assistance. Migration can occur in the form of internal migration and international migration. In international migration, two or more states are affected by the movement in some way [20]. Developing economies encourage immigration by creating points of attraction thanks to the modernization process [29]. The social or economic impact of immigrants in the countries they go to creates the political and security agenda [30]. These include situations such as migration, war, political tension, disease, birth rate, and disruption of social order. One of the most important reasons why migration continues to increase in one direction is the development of industry and trade in the migrated region [31]. Voluntary migration is assumed to be driven by economic motives [32]. Involuntary or forced migration, whether it is natural or human in origin, refers to a migration movement where there is an element of coercion, including threats to livelihoods [1]. For example, COVID-19 is defined as a virus that is transmitted from person to person and spreads between countries around the world and has become a pandemic, and its progression has affected all sectors and also the issue of migration. This pandemic has brought many problems, especially for immigrants and it continues to significantly disrupt international migration and mobility. Due to COVID-19, people were stranded and helpless for months without being able to find food [7].

It is estimated that there were approximately 272 million international migrants worldwide in 2019, and this number represents 3.5 percent of the world's population [33]. Approximately two-thirds of international migrants (about 176 million) lived in high-income countries in 2019 [33]. More than 70 million forcibly displaced people, including more than 25 million refugees, nearly 3 million asylum seekers, and 41 million internally displaced persons, account for nearly 1% of the world's population [34]. Table 1 shows the number of immigrants and the ratio of this number to the global population by years. From this data, it appears that the world population has increased over time, but the ratio of immigrants to the world population has remained nearly constant. This is an indication that the phenomenon of migration will continue to be on the agenda as an important problem for humanity, as it has been in the past.

Table 1. The ratio of the number of immigrants to the world's population

Year	Number of Immigrants	Ratio
1970	84.460.125	2.3%
1975	90.368.010	2.2%
1980	101.983.149	2.3%
1985	113.206.691	2.3%
1990	153.011.473	2.9%
1995	161.316.895	2.8%
2000	173.588.441	2.8%
2005	191.615.574	2.9%
2010	220.781.909	3.2%
2015	248.861.296	3.4%
2019	271.642.105	3.5%

Source: UN DESA, 2008, 2019a, 2019b.

IV. MACHINE LEARNING (ML)

ML is an important component in the field of data science. ML can be defined as a branch of computer science that incrementally increases the accuracy of data by using algorithms that mimic the way humans learn in the field of AI. ML Algorithms are algorithms that accurately predict outcomes without programming any software. The goal is basically to take the data used as input in many algorithms and draw conclusions from the input data, analyze it with new output data, and produce results. This method focuses on how the data is used and how the program will proceed according to the flowchart. The algorithms used in ML are included in the training to make classifications or predictions, and part of the data is allocated for training, and part for testing. Accuracy values are calculated by comparing the predictions with the test data. The ML algorithms used in this study are explained below.

A. Logistic Regression (LR)

Logistic regression (LR) is a statistical method used to analyze a data set containing one or more independent variables that determine an outcome. The logistic regression model is the most commonly used regression model for analyzing data [35]. In LR, the outcome is measured with a binary variable. That is, LR is the appropriate regression analysis when the dependent variable is binary. The purpose of using the LR analysis is the same as other model-building techniques used in statistics. In LR, it is aimed to find the optimal model to describe the relationship between the bidirectional characteristic and a set of related independent variables. Mathematically, LR estimates the multiple linear regression function defined in Equation 1:

$$g(x) = \ln \left(\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)} \right) = \beta_0 + \beta_1x_1 + \dots + \beta_px_p \quad (1)$$

The analysis LR is about estimating the daily rate of an event. As with all regression analyses, LR is a predictive analysis. The discriminant function approach was first popularized by Cornfield [36] for coefficient estimation in LR. In [37] it was focused on linear logistic models for cross-trial schedules. In [38], it was worked on the use and development of the LR model. In LR analysis, which is used to classify and study the relationships between dependent and independent variables, the dependent variable consists of categorical data and takes discrete values.

B. Support Vector Machine (SVM)

SVM has been successfully used in solving many classification problems, from face recognition systems to speech analysis, and has taken place in the literature as one of the efficient and effective ML algorithms with high generalization performance. SVMs have supervised learning models with associated learning algorithms that analyze data used for classification and regression analyses. The most important advantage of SVM is that it converts the classification problem into a quadratic optimization problem and solves it. Thus, at the stage of learning the solution to the problem, the number of operations is reduced compared to other techniques/algorithms, and a faster solution is provided. Due to this characteristic of the technique, it offers a great advantage, especially for large data sets. Moreover, since it is based on optimization, it is more successful than other techniques in terms of classification performance, computational cost, and usefulness.

C. K-Nearest Neighbors (KNN)

The KNN algorithm is one of the classification techniques performed based on the distance measure of the features in the data set. It is usually calculated by the Euclidean distance given in Equation (2):

$$(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2} \tag{2}$$

To determine which class a new sample will belong to, the distance from this point to all points in the training data set is calculated, and the calculated distances are ordered from smallest to largest. Considering the parameter of the predetermined number of neighbors (K), the K points with the closest distance are selected. To determine the class of the new observation, weighted voting methods or majority voting are generally applied within the known training data points in the K-selected classes. According to the majority voting, while assigning the class of the new sample, the most repeating class among K neighbors is selected. In the weighted voting method, it is aimed that the neighbors who are closer to the new sample point have a higher say in the classification. The vote of the nearest neighbor $m = 1, \dots, K$ is given in Equation (3), where it is inversely proportional to the distance to the new sample point xZ :

$$(x_m) = \begin{cases} \infty, & d(x_m, xZ) = 0 \text{ ise} \\ \frac{1}{d(x_m, xZ)} & \end{cases} \tag{3}$$

D. Support Vector Machine (SVM)

The concept of situational probability within the scope of Bayes’ theorem is the basis for the NB algorithm. The Bayesian formula is presented in Equation 4.

$$P(A | B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \text{ if } P(B) \neq 0 \tag{4}$$

The NB algorithm makes it possible to predict new and unlabelled observations with the same logic by using the feature information of labeled observations based on this conditional probability function. This algorithm is successfully used not only on numeric data but also on non-numeric textual data.

E. Random Forest (RF)

The RF algorithm is a regression model that uses more than one decision tree to create more effective models and make accurate predictions. In this model, k nodes are randomly selected from their partitions. The training set consists of a random weight set. A subset that is used to grow each tree is selected. The kth tree is a random vector. k is generated independently of the past random vectors, ... k – 1 is generated using the training set and k to grow a tree, resulting in a classifier. In the dataset $D = \{(x_k, y_k) : k = 1, \dots\}$ where $\{k\}$ is independently distributed in the same way, $x_k = (x_{k1}, \dots, x_{kp})$ is the input vector with p and the output corresponding to y_k .

F. XGBoost (eXtreme Gradient Boosting)

XGBoost was first appeared in the literature with the article in [39]. The most important feature of the algorithm is that it can achieve high predictive power and prevent redundancy. Its working logic is quite similar to Gradient Boosting. The first step in XGBoost is to get the base score. This estimate can be any number (this number is 0.5 by default); when combined with the actions to be taken in the next steps, the correct result will be obtained. How good this prediction is decided by comparing it with the model’s erroneous predictions. Errors are found by subtracting the estimated value from the observed value. XGBoost shows higher prediction success using different techniques and is optimized to work on large datasets.

V. EXPERIMENTS

A. Dataset

The dataset of this study consists of data obtained from the World Bank Economic Development Indicators [40]. In this dataset, there is a numerical representation of development indicators of countries by year. Based on this dataset, two separate datasets were created and used in this study: 1st dataset for income groups and 2nd dataset for immigration numbers. The first dataset named "Country.csv" was created using the "Country Migration Number" data and based on country regions and income groups by taking into account the countries’ migration percentages, industry, population, female mortality rates, male mortality rates, under-14 age groups, 15-65 age groups, agricultural areas, and service indicators. This dataset was used to calculate the success rate in the experiments associated with our first application, which used the LR, SVM, KNN, and NB ML algorithms to estimate immigrant income groups. Some examples from the dataset are presented in Table 2.

Table 2. Income group dataset

Country	International migrant stock (% of population)	Industry, value added (% of GDP)	Mortality rate, adult female (per 1,000 female adults)	Mortality rate, adult male (per 1,000 male adults)	Population, ages 0-14 (% of total)	Population, ages 15-64 (% of total)	Agriculture, value added (% of GDP)	Population growth (annual %)	Number of under-five deaths	Services, etc., value added (% of GDP)	Region	Income Group
Afghanistan	0.325021	21.862341	253.259000	296.684000	47.589344	50.135406	27.091540	2.736886	114576.00	0.325030	South Asia	Low income
Albania	3.058886	28.690547	51.258800	97.999200	21.425123	67.620059	20.658189	-0.496462	540.0000	3.058895	Europe & Central Asia	Upper middle income
Algeria	0.672447	53.853213	93.879000	142.464000	27.191308	67.257704	9.029438	1.776047	24683.00	0.325031	Middle East & North Africa	Upper middle income
American Samoa	50.992163	28.385815	154.472289	217.866116	28.852485	63.430890	12.540303	-1.054881	36525.79	3.058896	East Asia & Pacific	Upper middle income
Andorra	66.154539	13.760281	154.472289	217.866116	28.852485	63.430890	0.463861	-1.241974	2.000000	0.325032	Europe & Central Asia	High income: non OECD

The second dataset named "Indictors.csv" was created using data obtained from "International Immigrant Quantity". Data on the number of immigrants between 1960 and 2010 was used in the creation of this dataset. This dataset was used to calculate the success rate in experiments related to our second application, which used the Xgboost and RF ML algorithms to estimate migration quantity. Regarding the dataset used in this study, the 1960-2010 data for Afghanistan are shown in Table 3 as an example.

Table 3. The ratio of the number of immigrants to the world's population

Country Name	Year	International migrant stock, total
Arab World	1960	3324685.0
Caribbean small states	1960	187880.0
Central Europe and the Baltics	1960	3294191.0
East Asia & Pacific (all income levels)	1960	8810259.0
East Asia & Pacific (developing only)	1960	3654693
Virgin Islands (U.S.)	2010	61798.0
West Bank and Gaza	2010	1923808.0
Yemen, Rep.	2010	517926.0
Zambia	2010	23314.0

In the study, data pre-processing steps were also applied to the datasets. Data pre-processing involves preparing the data for analysis by using methods of data cleaning, data merging, data transformation, and data reduction [36]. In these processes, missing data are added and deleted line by line. In the pre-processing of the data in our study, the columns "region" and "income group" with the value "nan" were deleted row by row in the datasets. One of the most successful methods to complete missing values in the dataset is to average missing and non-missing values [37]. In this context, the missing values in our dataset were completed by taking the average of the non-missing values. As an example of this situation, column-based row numbers of the missing data are shown in Figure 1.

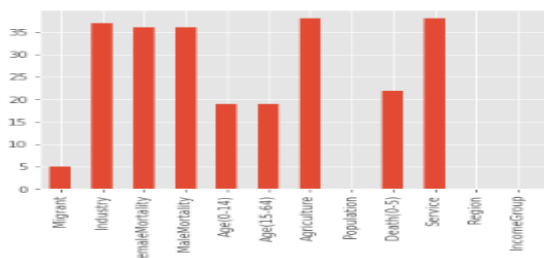


Fig. 1. Data preprocessing and missing data

B. Programming Language

In the experiments of this study, the Python programming language and various libraries were used. The library "Pandas" is one of them. This library takes data and makes it available for analysis. Another library used in this study is the "Numpy" library. This library is also a mathematical library that can be used to perform scientific calculations quickly and reliably. "Numpy" solves the problem of slowness by providing functions and operators that work efficiently with multidimensional arrays and fields. This library was used in our applications for list building and mathematical operations. The "Matplotlib" library is a cross-platform library for its numerical extension "Numpy"; that is, it is used to add visualizations such as data visualization and charts to the project. The "Sklearn" library, the "Pyecharts" package, and the "Bubbly package" were used in the study. The "StandardScaler" feature of the "Sklearn" library was used to scale our dataset. "Scikit-Learn (Sklearn)" is a widely used open source ML library.

Python was used as the programming language in the study. The reason for choosing this programming language for the study is that it is easy to learn, has a simple and flexible structure, and gives a command to write code in the program with ML algorithms. Some of the IDEs (Integrated Development Environment) used to develop Python are Eclipse, Pydev, Eric, and Anaconda.

C. Results

The first application of the study was about predicting income groups of immigrants. In this application, SVM, NB, LR, and KNN algorithms were used. In the study, four different ML algorithms selected were used to investigate the accuracy and effectiveness of different ML algorithms. The aim here is to test the success rates of different ML models within the scope of evaluation criteria. In the experiments, "Migration", "Industry", "Female Mortality", "Male Mortality", "0-14 Age Range", "15-64 Age Range", "Agriculture", "Population", "Deaths Under 5", "Service" and "Territory" attributes in the dataset were used. In each experiment, the number of attributes was changed and the success rates were recalculated. The results of the experiments are given in Table 4.

Table 4. The success rates of the experiments

Experiment Number	LR	KNN	SVM	NB
Experiment 1	86.05	83.72	83.72	69.77
Experiment 2	86.05	83.72	86.04	67.44
Experiment 3	83.72	83.72	86.04	67.44
Experiment 4	81.4	83.72	86.04	69.77
Experiment 5	83.72	83.72	86.04	67.44
Experiment 6	81.4	83.72	83.72	65.11
Experiment 7	76.74	83.72	76.74	67.44
Experiment 8	65.11	83.72	69.76	55.81
Experiment 9	67.44	83.72	67.44	55.81
Experiment 10	46.51	83.72	48.83	45.51
Experiment 11	44.18	83.72	39.53	34.88

In the experiments, a success rate of 86.04% was obtained for LR, 83.72% for SVM, 83.72% for KNN, and 69.76% for NB. It can be seen that the highest success in this application was achieved with the LR algorithm. When examining the success rates of the experiments conducted within the scope of this application, it was found that the success rates ranged from 34.88% to 86.06%. Figure 2 shows the success rates of the experiments LR, SVM, KNN, and NB. For the first implementation in this article, LR accuracy is higher than the other three algorithms.

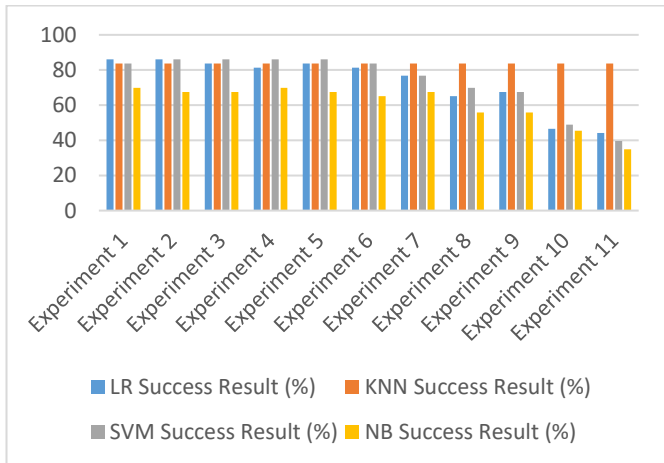


Fig. 2. The success rates of LR, SVM, KNN, and NB experiments

For the second application conducted to estimate the number of immigrants, the RF and Xgboost algorithms were used and 10 different experiments were carried out. In each experiment, the number of attributes was changed and the success rates were recalculated. Figure 3 shows the results of the experiments performed with the algorithm RF. Figure 4 shows the results of the experiments performed with the XGBoost ML algorithm.

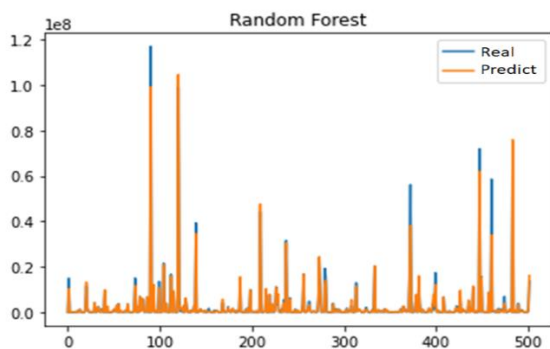


Fig. 3. shows the results of the experiments performed with the Xgboost ML algorithm

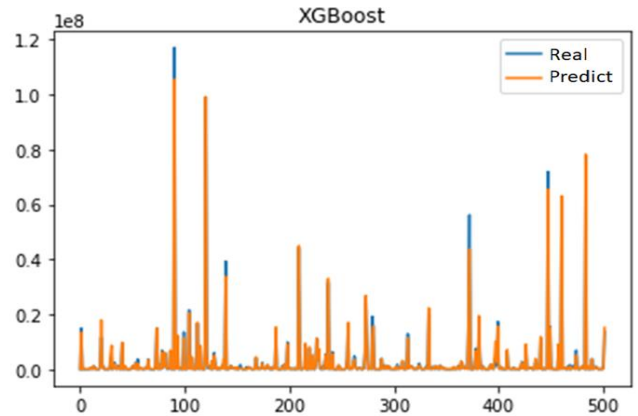


Fig. 4. Experimental results of Xgboost

In the experiments conducted in the second application of the study, success rates of 98.37% and 96.42% were achieved with XGBoost and RF, respectively. It can be seen here that the XGBoost model can provide a feature priority ranking. Essentially, the main factor behind this high success prediction rate is the power of the XGBoost when solving sequence prediction problems.

As seen from the results of this study, it is possible to use ML models to predict human migration. Regardless of the performances of the algorithms, these results also show the potential of ML algorithms in human migration prediction. ML models offer a high level of modelling flexibility. In addition, ML models can be customized to the human migration problems at hand. The use of ML algorithms in human migration prediction will make a significant contribution to countries. Thus, it will be easier to plan the national needs of the countries and more consistent social, economic, and environmental decisions will be made. When producing migration projections of countries, it may be necessary to estimate 50 years ahead, for example. In such a scenario, all variables beyond climatic events must be estimated with high success rates for each intervening year. After these input data such as temperature and drinking water status are estimated with ML for each year, the data obtained can be used in the human migration estimation method.

VI. CONCLUSION

In this work, the prediction of the income groups and the number of immigrants by using different ML algorithms are presented. The study is based on the implementation and evaluation of different ML algorithms. SVM, NB, LR, and KNN algorithms were used in the first application of the study, and RF and XGBoost algorithms were used in the second application. In this context, 21 different experiments were conducted. In the study, two separate datasets were created and used for the first time by using data obtained from the World Bank 2010. Experiments showed that the highest success rate was 86.04% with LR in the first application and 98.37% with XGBoost in the second application. It can be seen from the experiments done in the study that the highest success in the applications was achieved with the LR and XGBoost algorithms. The use of ML algorithms can make significant contributions to predicting the future of human migration. It is expected that this study will contribute to the literature by

showing that AI techniques and methods can be used in the field of migration, which is one of the most important issues in international relations. For future studies, we would like to extend this study using AI by investigating the relationship between climate change and migration

REFERENCES

- [1] Richard, P., & Jillyanne, R. C. (2011). Glossary on migration. Book Glossary on Migration, 2.
- [2] Zimmermann, K. F. (2014). Circular migration. IZA World of Labor.
- [3] Kelleher, J. D., Mac Namee, B., & D'arcy, A. (2020). Fundamentals of machine learning for predictive data analytics: algorithms, worked examples, and case studies. MIT press.
- [4] Micevska, M. (2021). Revisiting forced migration: A machine learning perspective. *European Journal of Political Economy*, 70, 102044.
- [5] Iman, H. S., & Tarasyev, A. (2018). Machine learning methods in individual migration behavior. In *Russian Regions in the Focus of Changes: Conference proceedings*. Ekaterinburg, 2018 (pp. 72-81). LLC Publishing office EMC UPI.
- [6] Hussain, N. H. M. (2021). Machine Learning of the Reverse Migration Models for Population Prediction: A Review. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(5), 1830-1838.
- [7] McAuliffe, M., Blower, J., & Beduschi, A. (2021). Digitalization and Artificial Intelligence in Migration and Mobility: Transnational Implications of the COVID-19 Pandemic. *Societies*, 11(4), 135.
- [8] Azizi, S., & Yektansani, K. (2020). Artificial intelligence and predicting illegal immigration to the USA. *International Migration*, 58(5), 183-193.
- [9] Beduschi, A. (2021). International migration management in the age of artificial intelligence. *Migration Studies*, 9(3), 576-596.
- [10] Lindström, N., Koutsikouri, D., Stier, J., & Arvidsson, M. (2020, June). Migrant Employment Integration and Artificial Intelligence (AI). The 32nd annual workshop of the Swedish Artificial Intelligence Society (SAIS) will be held as an online conference in June (pp. 16-17).
- [11] Robinson, C., & Dilkina, B. (2018, June). A machine learning approach to modeling human migration. In *Proceedings of the 1st ACM SIGCAS Conference on Computing and Sustainable Societies* (pp. 1-8).
- [12] Tarasyev, A. A., Agarkov, G. A., & Hosseini, S. I. (2018, July). Machine learning in labor migration prediction. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1978, No. 1, p. 440004). AIP Publishing LLC.
- [13] Aoga, J., Bae, J., Veljanoska, S., Nijssen, S., & Schaus, P. (2020). Impact of weather factors on migration intention using machine learning algorithms. *arXiv preprint arXiv:2012.02794*.
- [14] Harrison, E. (2020). Modeling Movement: A machine-learning approach to track migration routes after displacement.
- [15] Günay, E., Atılgan, D., & Serin, E. (2017). Migration management in the world and Turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of the Faculty of Economics and Administrative Sciences*, 7(2), 37-60.
- [16] Hayakawa, T. (2020). Skill levels and inequality in migration: A case study of Filipino migrants in the UK. *Asian and Pacific Migration Journal*, 29(3), 333-357.
- [17] Errichiello, G., & Nyhagen, L. (2021). "Dubai is a transit lounge": Migration, temporariness and belonging among Pakistani middle-class migrants. *Asian and Pacific Migration Journal*, 30(2), 119-142.
- [18] Sinha, V. N. P., Ataullah, M. D., & Ataullah, M. (1987). *Migration: an interdisciplinary approach*. Seema Publications.
- [19] Rubin, R. L., & Melnick, J. (2007). *Immigration and American popular culture: An introduction* (Vol. 4). NYU Press.
- [20] Castles, S., & Miller, M. J. (1998). *The Age of Migration* (McMillan, London).
- [21] Massey, D. S. (1989). Economic development and international migration in comparative perspective (No. 1). Commission for the Study of International Migration and Cooperative Economic Development.
- [22] Taylor, J. E., & Fletcher, P. L. (2001). Remittances and development in Mexico: the new labour economics of migration: a critical review. *Rural Mexico Research Project*, 2.
- [23] Memisoglu, F., & Yiğit, C. *International Migration and Development: Theory and Current Issues*. *Yıldız Social Science Review*, 5(1), 39-62.
- [24] Yusuf, G. E. N. Ç., Gündüz, D. U., & Çöpoğlu, M. *The Relationship of Migration and Development*. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7(18), 479-498.
- [25] Özdemir, D. (2018). Determinants of interregional internal migration movements in Turkey. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(3), 1337-1349.
- [26] Zlotnik, H. (1995). Migration and the family: The female perspective. *Asian and Pacific Migration Journal*, 4(2-3), 253-271.
- [27] Çatalbaş, G. K., & Yazar, Ö. (2015). Determining the factors affecting interregional internal migration in Turkey with panel data analysis. *Alphanumeric Journal*, 3(1), 99-117.
- [28] Schutte, S., Vestby, J., Carling, J., & Buhaug, H. (2021). Climatic conditions are weak predictors of asylum migration. *Nature communications*, 12(1), 1-10.
- [29] Ravenstein, E. G. (1889). The laws of migration. *Journal of the royal statistical society*, 52(2), 241-305.
- [30] Sirkeci, İ., Deniz, U. T. K. U., & YÜCEŞAHİN, M. M. (2019). An evaluation of the migration conflict model through participation, development and mass gaps. *Journal of Economy Culture and Society*, (59), 157-184.
- [31] Nalbant, T. E. (2020). *International Migration and Security*. *Avrasya İncelemeleri Dergisi*, 9 (2), 309-313. DOI: 10.26650/jes.2020.020
- [32] Betts, A. (2009). *Forced migration and global politics*. John Wiley & Sons.
- [33] United Nations Department for Economic and Social Affairs. (2020). *World economic situation and prospects 2020*. UN. Available at: https://www.un.org/development/desa/dpad/wp-content/uploads/sites/45/WESP2020_FullReport.pdf
- [34] Albu, D. (2019). UNHCR Global Trends Report: Forced displacement in 2018. *Drepturile Omului*, 114.
- [35] Hosmer Jr, D. W., Lemeshow, S., & Sturdivant, R. X. (2013). *Applied logistic regression* (Vol. 398). John Wiley & Sons.
- [36] Cornfield, J. (1962, July). Joint dependence of risk of coronary heart disease on serum cholesterol and systolic blood pressure: a discriminant function analysis. In *Fed Proc* (Vol. 21, No. 4, pp. 58-61).
- [37] Le, C. T. (1984). Logistic models for cross-over designs. *Biometrika*, 71(1), 216-217.
- [38] Bonney, G. E. (1987). Logistic regression for dependent binary observations. *Biometrics*, 951-973.
- [39] Chen, T., & Guestrin, C. (2016, August). Xgboost: A scalable tree boosting system. In *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining* (pp. 785-794).
- [40] World Development Indicators, 2018, Available at: <https://www.kaggle.com/the-world-bank/world-development-indicators>. Date of access: 26.11.2021

UNITY 3D Simülâtöründe Geliştirilen Yapay Zekâ (YZ) Tabanlı Dijital Oyunun Karar Verme Yeteneğinin Doğruluk Analizi

Mert Sezer ARDAL^{1*}, Hakan AYDIN² ve Yüksel BAL³

^{1*}İstanbul Topkapı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul, TÜRKİYE (mertsezerardal@gmail.com) (ORCID: 0000-0002-4702-9172)

³İstanbul Topkapı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul, TÜRKİYE (hakanaydinl@topkapi.edu.tr) (ORCID: 0000-0002-0122-8512)

²İstanbul Topkapı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul, TÜRKİYE (yukselbal@topkapi.edu.tr) (ORCID: 0000-0003-1816-8162)

Özet – Yapay Zekâ (YZ), insanın düşünme yöntemlerini taklit eden yapay yöntemleri geliştirmeye yönelik evrensel bir alandır. Bilgisayar oyunları görsel geri bildirim oluşturmak için bir kullanıcı arayüzü ile insan etkileşimini içeren donanım ve yazılımdan oluşan elektronik oyunlardır. Günümüzde bilgisayar oyunlarında giderek artan oranlarda insan benzeri zekâyı simüle etmek ve akıllı davranışlar oluşturmak için YZ teknolojisinin kullanıldığı görülmektedir. Özellikle yeni geliştirilen bilgisayar oyunlarında YZ'nın dijital oyunlara “Oyun Yapay Zekâsı” olarak entegre edildiği görülmektedir. Bu durumun arkasında esasen YZ ile karar verme, algılama ve tahmin becerilerinin sağlanarak dijital oyunlardaki oyun kurgusunun ve rakip oyuncu davranışının simüle edilmesi bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanıcıların kendi dijital oyun modellerini geliştirmelerine imkân sağlayan açık kaynak kodlu Unity 3D Oyun simülâtörü ve “Jetbrains Rider” derleyicisi ile C# programlama dilinde YZ tabanlı bir bilgisayar oyununun geliştirilmesi (AI-DIGPOKGAME) ve doğruluk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında 13 (onüç) adet deney gerçekleştirilmiştir. Söz konusu deneylerde oyuncunun YZ'ya karşı mücadele verdiği oyun kurgusu çerçevesinde YZ'nın rekabeti artırma ve mücadeleyi daima üst seviyede tutma adına oyunun temel ilkelerini başarıyla gerçekleştirdiği doğrulanmıştır. Bu araştırmanın dijital oyunlarda YZ ile karar verme, algılama ve tahmin becerilerinin sağlanarak oyunlardaki rakip oyuncu davranışının YZ tarafından simüle edilmesinin ortaya konulması ve gelecekte yeni bilgisayar oyun modellerinin YZ tabanlı olarak geliştirilmesi açısından YZ çalışma alanına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler – Yapay Zekâ, Dijital Oyun, Oyun Yapay Zekâsı

Abstract – Artificial Intelligence (AI) is a universal field for developing artificial methods that mimic human thinking. Computer games are electronic games consisting of hardware and software that involve human interaction with a user interface to generate visual feedback. Nowadays, it is seen that AI technology is increasingly used in computer games to simulate human-like intelligence and create intelligent behaviors. Especially in newly developed computer games, it is seen that AI is integrated into digital games as “Game Artificial Intelligence”. Behind this situation, there is essentially the simulation of game setup and opponent player behavior in digital games by providing decision making, perception and prediction skills with AI. In this research, it is aimed to develop an AI-based computer game (AI-DIGPOKGAME) and accuracy analysis in C# programming language with the open source Unity 3D Game simulator and “Jetbrains Rider” compiler, which allows users to develop their own digital game models. Within the scope of the study, 13 (thirteen) experiments were carried out. In the aforementioned experiments, it has been verified that within the framework of the game setup where the player fights against AI, AI successfully fulfills the basic principles of the game in order to increase competition and keep the fight at the highest level. It is considered that this research will contribute to the field of AI study in terms of revealing the simulation of rival player behavior in games by AI by providing decision making, perception and prediction skills with AI in digital games and developing new computer game models based on AI in the future.

Anahtar Kelimeler –Artificial Intelligence, Digital Game, Game Artificial Intelligence

I. GİRİŞ

Yapay Zeka (YZ) terimi, dinamik ve belirsiz ortamlarda akıl yürütme, anlam keşfi, genelleme veya geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi insanlara özgü bilişsel kabiliyetlerle donatılmış sistemler için kullanılmaktadır. YZ alanı Makine Öğrenmesini (MÖ), Derin Öğrenmeyi (DÖ), Doğal Dil İşlemeyi (DDİ), Genetik Algoritmaları (GA), Uzman Sistemleri (US) ve daha pek çok alanı kapsayan bir şemsiye kavramdır. Genel anlamda

oyun terimi ise, katılımcıların birbirleriyle doğrudan rekabet içinde kurallara göre yürütülen fiziksel veya zihinsel bir yarışma olarak tanımlanabilir [1]. Oyunlar spor, masa oyunları, zar oyunları, domino veya taş oyunları, kalem kağıt oyunları, tahmin oyunları, kart oyunları, video oyunları ve simülasyon oyunları olarak kategorize edilebilir. İçinde bulunduğumuz bilgi çağında teknolojinin gelişmesiyle birlikte fiziksel olarak oynanan çoğu oyun dijital ortama taşınmış ve

varlığını bilgisayar sistemlerinde sürdürmeye başlamıştır. Bir bilgisayar oyunu, bir video oyun konsolu veya atari makinesi yerine kişisel bilgisayarlarda oynanan görsel geri bildirim oluşturmak için bir kullanıcı arayüzü ile insan etkileşimini içeren donanım ve yazılımdan oluşan elektronik bir oyun olarak tanımlanabilir. Video oyunları, kişisel bilgisayarlar, oyun konsolları, akıllı telefon veya tablet gibi bir cihazda oynanabilen elektronik oyunlardır [2]. Bilgisayar oyunları potansiyel olarak giderek daha popüler bir aktivite olarak sadece bir eğlence aracı değil, aynı zamanda bir çalışma alanıdır [3]. Oyun ortamının değiştiği ve oyun karakteri etrafında gerçekleştiği oyun türlerine karakter odaklı oyunlar olarak sınıflandırılmaktadır. Karakter odaklı oyunlarda oyun, anlatsal ve mekanik yollarla oyun karakteri etrafında tasarlanmaktadır [4]. Günümüzde gelişen bilgisayar teknolojileri ile birlikte artık çoğu oyunun akıllı telefonlar aracılığıyla kolaylıkla edinilip oynanabildiği bir gerçektir. Artık YZ teknik ve yöntemlerinden pek çok alan yanında ayrıca dijital oyunların geliştirilmesinde ve oynanmasında da yararlanılmaktadır. Yeni bilgisayar oyunlarında YZ teknik ve yöntemlerinin rakip oyun stratejilerini algılama, tahmin etme, buna karşın doğru oyun stratejilerinin belirlenerek uygulanması yöntemlerinde kullanıldığı görülmektedir. Güncel bilgisayar oyunlarında giderek artan oranlarda genellikle insan benzeri zekayı simüle etmek ve akıllı davranışlar oluşturmak için YZ teknolojisinin kullanıldığı görülmektedir. Bu durumun arkasında esasen YZ ile karar verme, algılama ve tahmin becerilerinin sağlanarak oyunlardaki davranışın simüle edilmesi bulunmaktadır.

Bilgisayar oyunlarından en çok popüler olanlardan birisi de ticari anlamda büyük sayılabilecek bir sektöre hakim olan kart oyunlarıdır. Kart oyunları şans faktörüyle beraber oyuncunun becerisine bağlı olan bir oyun türüdür. Kart oyunları arasında en çok bilinen ve de en çok oynanan bir oyunda ticari anlamda sektörde kendisine geniş yelpazede yer bulan poker oyunudur. Poker oyununun tarihçesi birkaç yüzyıl öncesine kadar dayanmaktadır. Bu oyunun atası olarak sayılabilecek “Primero”, “Primera”, “La Prime” gibi oyunların sırasıyla İspanya, İtalya, Fransa’da 1526’da ortaya çıktıkları görülmektedir [5]. Poker oyununun asıl kökeni Fransa’da popüler bir kart oyunu olan Poque’a dayanmaktadır [6]. Poque oyunu 1400’lü yıllarda ortaya çıkmış olan ve tıpkı poker gibi 52 kartlık deste ile oynanan bir oyundur. Bahse konu oyun Fransa’nın Amerika’daki kolonisine oyunun gelmesiyle özellikle Mississippi bölgesinde büyük bir rağbet görmüştür. 1803 yılında Louisiana bölgesinin Amerika’ya satılmasıyla [7] birlikte bu oyuna dair terimlerin çoğu değişmiş, yani kısacası Poker bir oyun kültürü değişimine şahit olmuştur. Zamanla bu oyun özellikle Birinci Dünya Savaşı’ndan itibaren büyük bir hızla Avrupa’ya ve Dünya’ya yayılmaya başlamıştır.

Unity oyun motoru birçok farklı kütüphaneyi ve bileşeni içeren ve 2D, 3D ve XR tabanlı dijital oyun uygulamalarını geliştirmeye imkan sağlayan bir oyun motorudur. Unity 3D ve benzeri oyun motorları, algoritma mantığının anlaşılmasını sağlar, bir problemin adım adım nasıl çözülmesi gerektiğini gösterir, bir projenin daha etkin bir şekilde yürütülebilmesine yardımcı olur [8]. Unity3D oyun motoru resmi olarak desteklediği büyük bir topluluk barındırmakta, bu sayede cevap aranan sorular pratikte Unity3D kullanan geliştiriciler tarafından direkt cevaplanmış olmakta ve yoğun etkileşim sağlanmaktadır [9]. Bu çalışmada kullanıcıların kendi dijital oyun modellerini geliştirmelerine imkân sağlayan açık kaynak kodlu Unity 3D Oyun simülatörü kullanmak suretiyle C#

programlama dilinde “Jetbrains Rider “derleyicisi ile YZ tabanlı bir bilgisayar oyununun geliştirilmesi (AI-DIGPOKGAME) ve doğruluk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu çalışmanın literatüre katkıları şu şekilde ifade edilebilir:

- Çalışma kapsamında geliştirilen AI-DIGPOKGAME dijital oyunu YZ teknolojisi ile kodlanmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde AI-DIGPOKGAME’deki YZ’nın işlevi yapılan deneyler ile test edilmiştir. Söz konusu deney sonuçları ile AI-DIGPOKGAME’de rakip oyuncu tarafından gerçekleştirilen oyuna ilişkin olayların YZ teknoloji tarafından başarıyla gerçekleştirildiği yapıldığı doğrulanmıştır.

- YZ teknolojisinin bilgisayar oyunlarına algılama, tahmin ve karar bağlamında geniş yelpazede sunduğu pek çok avantaj ortadadır. Bu bağlamda AI-DIGPOKGAME, YZ tabanlı açık kaynak kodlu bir uygulamadır. AI-DIGPOKGAME dijital oyununun YZ ile karar verme, algılama ve tahmin becerilerinin sağlanarak oyunlardaki davranışın simüle edilmesini ortaya koyması açısından önem taşıdığı değerlendirilmektedir.

Çalışmanın 2’inci bölümünde araştırmaya ilişkin material ve metotlara yer verilmiştir. 3’üncü bölümde çalışmada gerçekleştirilen deneysel sonuçlar açıklanmaktadır. Son olarak 4’üncü ve son bölümde çalışmaya ilişkin sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

II. MATERYAL VE MOTOTLAR

A. Yapay Zeka (YZ)

YZ alanı, insanın düşünme yöntemlerini taklit eden yapay yöntemleri geliştirmeye yönelik evrensel bir alandır. YZ terimi aynı zamanda akıl yürütme, anlam keşfetme, genelleme veya geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi anlamlar içinde kullanılmaktadır. Bir bilgisayarın veya kontrolündeki bir robotun çeşitli faaliyetleri zeki canlılara benzer şekilde yerine getirme kabiliyetidir. Bu terim, dinamik ve belirsiz ortamlarda akıl yürütme, anlam keşfi, genelleme veya geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi insanlara özgü bilişsel kabiliyetlerle donatılmış sistemler için kullanılmaktadır. YZ kavramı ilk defa 1956 yılında C.Shannon, M.Minsky ve J.McCarthy tarafından ortaya konmuş bir kavramdır. Tablo 1’de değişik YZ tanımları yer almaktadır [10]. Değişik YZ tanımları Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Yapay Zekâ (YZ) Tanımları [27]

İnsan gibi Düşünen Sistemler	Rasyonel Düşünen Sistemler
<ul style="list-style-type: none"> • Bilgisayarları düşündürmeye... kelimenin tam anlamıyla zihne sahip makineler yapmaya çalışan yeni ve heyecan verici çaba [Haugeland, 1985] • Karar verme, problem çözme, öğrenme... gibi insan düşüncesi ile ilişkilendirdiğimiz aktivitelerin otomasyonu [Bellman, 1978] 	<ul style="list-style-type: none"> • Zihinsel yeteneklerin bilgisayarlı modeller (hesaplamalı) modeller aracılığıyla incelenmesi [Charniak ve McDermott, 1985] • Algılamayı, düşünmeyi ve davranmayı mümkün kılan bilgisayar modellerinin incelenmesi [Winston, 1992]

<u>İnsan gibi Davranan Sistemler</u>	<u>Rasyonel Davranan Sistemler</u>
<ul style="list-style-type: none"> • "İnsanların zekâlarını kullanarak gerçekleştirdiği fonksiyonları gerçekleştiren makinaları yapma sanatı [Kurzweil, 1990] • İnsanların hâlihazırda daha iyi olduğu işleri bilgisayarların nasıl yapabileceğine dair yürütülen çalışma [Rich and Knight, 1991] 	<ul style="list-style-type: none"> • Akıllıca davranan "agent"ların tasarımı üzerine yapılan çalışma [Poole et al., 1998] • İnsan yapımı şeylerde akıllı davranışın incelenmesi [Nilson, 1998]

Problemlerin çözümünde insanların düşünme ve hareket etme yeteneğine sahip olmayı amaçlayan YZ sistemleri için bilginin işlenmesi ve sunulması çok önemlidir. YZ destekli sistemler, verinin barındırdığı özelliklerden ve örüntülerden öğrenen, bu doğrultuda güncellenebilen arama ve tahminleme yapabilen gelişmiş algoritmalar kullanmaktadır. Bu amaçla kullanılan programlama dilleri geleneksel programlama dillerine göre bir takım farklılıklar gösterebilirler. YZ dilleri ile hesaplama da semboller, kurallar, ilişkiler, tasvir sunular, çözüme doğru arama ve heuristik kullanım ile hesaplama yapılabilmekte ve elde edilen cevaplar geleneksel diller ile yapılan hesaplamalara göre kesin değil, ancak yaklaşık cevaplar şeklinde olabilmektedir. YZ konuları hakkında önemli sorular Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Yapay Zekâ (YZ) hakkında önemli sorular [10]

Soru	Cevap
Yapay Zekâ amacı nedir?	Yapay zekâ insan zekâsını taklit edebilen ve insan davranışları gibi hareket edebilen sistemlerin geliştirilmesini hedeflemektedir. Yapay zekânın amacı, “bir insanın çözebileceği bir problemi çözmek” olarak tanımlanabilir.
Yapay Zekâyı disiplinleri hangileridir?	Yapay zekâyı sahiplenen Ekonomi, Sinirbilim, Psikoloji, Bilgisayar Mühendisliği, Kontrol Teorisi ve Sibernetik, Dilbilim, Felsefe, Bilişsel Bilimler, Elektronik Bilimleri ve daha pek çok disiplin vardır.
Yapay Zekâ programlama dilleri hangileridir?	Yapay zekâ dilleri arasında IPL, SAIL, ALGOL, PLANNER, KRL, CLIPS, ART, PROLOG, LISP gibi diller yanında günümüzde kullanımı artan PYTHON dili sayılabilir. Bu programlama dillerinden “Python” programlama dili, özellikle son yıllarda yapay zeka alanında veri analizi gibi alanlarda kullanılan bir dil olarak ön plana çıkmıştır.

B. İlgili Çalışmalar

1950’li yıllardan itibaren günümüze kadar çeşitli oyun oynama programlarının geliştirilmesinde YZ alanındaki araştırmalardan faydalanılmıştır. Özellikle satranç, dama, othello, tavla ve poker gibi geleneksel tahta ve kart oyunlarında bu alanda önemli başarıların elde edildiği görülmektedir. Poker oyunu, YZ araştırmacıları için uzun süredir büyük bir ilgi odağı olmuş bir alandır. Bu oyun karar verme, blöf, sınırlara hakimiyet, taktiksel düşünme, risk ve kriz yönetimi gibi gerçek hayatta karşımıza çıkan birçok konuyu içeren karmaşık bir oyundur. Bu alanda özellikle tüm oyuncuları yenebilecek bir YZ sistem geliştirme, oyuncunun destesini tahmin etme gibi oyunu kazanmaya yardımcı olabilecek yapılar üzerinde çalışmalar bulunduğu görülmektedir.

Literatürde YZ alanından poker tabanlı oyunlarda olmak üzere hem profesyonel hazırlanmış YZ tabanlı bilgisayar oyunlarının gerçekleştirilmesinde oyun stratejilerinin belirlenmesi ve uygulanması kapsamında faydalandığı görülmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak Loki isimli oyunun kodlarının gözden geçirilip yeniden yazılarak geliştirilen Poki oyunu gösterilebilir [11]. 2017’ye kadar geçen sürede Poki oyununun farklı isimlerde gelişimini sürdürdüğü ve bunların son örneği ise DeepStack olduğu görülmektedir [12]. DeepStack oyunu, poker gibi eksik bilgiye sahip oyunlar için geliştirilmiş bir genel amaçlı bir algoritmadır. Eksik bilgiden kasıt satrançta olduğu gibi diğer oyuncunun elini görülmediği dolayısıyla oynayan kişinin sınırlı bir bilgiye sahip olması durumudur. DeepStack, oyunun farklı aşamalarında bir önceki durumu ve mevcut durumu değerlendirerek karar vermeyi ve tahmin edilebilirliği en aza indirmektedir. Çünkü bu oyunda çoğu algoritma gibi oyunun başından itibaren oyun sonlanıncaya kadar doğru sabit bir yola sıkı sıkıya bağlı kalınmamaktadır. Literatürde yer alan poker oyunu ile bir başka çalışmada da Libratus adı verilen ve YZ ile gerçekleştirilmiş bir çalışmadır [13]. Bu oyun profesyonel dört oyuncuyu yenerken bu alandaki ciddiyetini kanıtlamıştır. Bu bilgisayar oyununda daha önce geliştirilmiş olan Deepstack bilgisayar oyunundan farklı olarak YZ tarafından genel bir strateji hazırlanmakta, oyun oynandıkça taslak detaylandırılmakta ve potansiyel açıklar tespit edilerek bu duruma uygun strateji ve yöntemler geliştirilmektedir. Böylelikle sürekli kendini geliştiren bir YZ tabanlı bir bilgisayar oyunu ortaya konulmuştur. Literatürde yer alan bir diğer çalışmada MÖ yöntemlerinden Destek Vektör Makinesi kullanılarak internet üzerinden diğer oyuncularla oyun oynanması geliştirilen “bot” uygulamasıdır [14]. Söz konusu dijital oyunda oyunun herhangi bir andaki durumu ilgili aksiyonla sınıflandırılmakta ve oyunda yer alan “bot”un karar vermesi oyunda yer alan YZ tabanlı sistem ile gerçekleştirilmektedir. Söz konusu oyunda geliştirilen “bot” sadece tek bir oyuncuya değil, fakat aynı zamanda birden fazla oyuncuya karşı mücadele edebilme yeteneğine sahiptir. Literatürde bulunan bir başka çalışmada rakibin elindeki kartları tahmin etmeye yönelik olarak geliştirilmiş olan bir çalışmadır [15]. Belirtilen çalışmanın diğer çalışmalardan farkı ise oyunu kazanma üzerine bir “bot” geliştirmek yerine rakibin elindeki kartları tahmin etmeye yönelik bir çalışmanın gerçekleştirilmiş olmasıdır. Dijital oyunda kullanılan YZ ile yapılan tahmin ne kadar doğru olursa alınacak aksiyonun da ona göre belirlenmiş olacağı ve böylece olası bir yenilginin

öñüne geçilmiş olacağı aşıkardır. Söz konusu çalışmada Karar Ağaçları (Decisin Tree) ve Yapay Sisnir Ağları (ANN, Artificial Neural Networks) kullanılmış ve %60-65 arasında değışen doğruluk oranları ede edilmiştir. Literatürde yer alan bir diğer çalışmada ise başlangıç veri seti Bayesian Networks ile rastgele oynamak yerine belli bir mantık çerçevesinde yapay zeka oyunu oynayarak bir veri seti oluşturulmuştur [16]. Söz konusu çalışmada oyunun simülasyonu Ruby programlama dili ile gerçekleştirilmiş, öğrenmeyi gerçekleştiren script python'da yazılmış ve çalışmada 4 katmanlı 100 nörona sahip bir YSA modeli geliştirilmiştir. Yiğiter ve Tatar [17] tarafından yapılan çalışmada geleceğin mimarlığında bilgisayar oyunlarının; önemli bir yere sahip olduğu, mimarlığın ve mekan kurgularının deneysel boyutuna katkı sağladığı, disiplinler arası bir çalışma gerektiren tasarım süreci ile mimarlık disiplini için ayrı bir uzmanlık alanı olarak görülmesi ve mimarlık eğitiminde de yer edinmesi gerektiği vurgulanmaktadır. YZ kullanımına bir örnek, satranç oynamak için tasarlanmış "Nim" oyunudur [18]. Bu oyun eski çağlardan beri oynanan matematiksel bir strateji oyun olup bu oyunda, oyunculardan biri en az bir veya o nesneyi ve etrafındaki diğer nesnelere oyundan kaldırır. AlphaGo, Google'ın YZ kullanan ve Google DeepMind tarafından geliştirilen "go game" oyununu oynayan bir programdır [19]. "Raven ve StarCraft: Brood War" adlı video oyunlarında YZ'nın kullanıldığı görülmektedir. Literatürde bilgisayar oyunlarında oyuncu için eğlence nasıl ölçülür ve bunu etkin bir şekilde oluşturabilen AI mekanizmaları neler olduğuna ilişkin çalışmalarda mevcuttur [20]. Geliştirilken bilgisayar oyunlarında bulanık mantığında kullanıldığı görülmektedir [21]. Başka bir oyun geliştirme çalışmasında rastgele bölüm oluşturma algoritmaları için rastgele bir hareket algoritması kullanıldığı görülmektedir [22]. Geliştirilken bilgisayar oyunlarında ayrıca bulanık mantık, YSA, Genetik Algoritmalar ve Derin Öğrenme gibi farklı yöntemlerin de kullanıldığı görülmektedir [23-24-26]. Bu bölümde yer alan araştırma bulguları literatürde YZ alanından poker tabanlı oyunlarda olmak üzere YZ tabanlı bilgisayar oyunlarının gerçekleştirilmesine ilişkin farklı çalışmaların olduğunu ortaya koymaktadır.

C. Çalışmada Önerilen Sistem

Çalışma kapsamında AI-DIGPOKGAME dijital oyunu masaüstü platformunda Unity oyun motorunda YZ tabanlı olarak geliştirilmiş ve oyun tasarımında "no-limit hold'em" yöntemi kullanılmıştır. Bu dijital oyun tek oyunculu olarak tasarlanmış olup çevrimiçi oyuna yönelik bir hizmet içermemektedir. Dolayısıyla oyunda bir veri tabanı kullanılmamıştır. Oyuncu ve botların sayısı başlangıçta birer adet olarak belirlenmiştir. Oyuna ilk kimden başlanacağı sorunu genelde video oyunu olan pokerde rastgele olarak belirlenmektedir. Gerçek hayatta ise herkese açık bir biçimde bir adet kart dağıtılır ve en yüksek değere sahip olan kişi ilk hamleyi yapma hakkı kazanır. Asıl oyuna geçmeden önce bahisler alınır. Kartları dağıtan oyuncunun solunda oturan kişi küçük kör (small blind) olarak tanımlanırken onun da solunda oturan kişi büyük kör (olarak tanımlanır). Bahis miktarları önceden belirlenmiştir ve genellikle küçük kör büyük körün yarısına eşittir. Küçük kör ve büyük kör ile tanımlanan kişiler daha kartlar dağıtılmadan ortaya bir bahis koymak durumunda kalırlar. Minimum bahis bir önceki "bet" veya "raise" yapıldığındaki miktardır. Örneğin bir önceki eldeki bahis X lira olsun. Herhangi bir oyuncu X liradan daha büyük miktarda

oyun tabiri ile bir "raise" yaptığında diğer oyuncunun bir daha "re-raise" yapabilmesi için en az bu kadar veya daha fazla bahis ortaya koyması gerekmektedir. "All-in" durumu, oyuncunun elindeki tüm bahsi ortaya koyma durumudur. Şekil 1'de görüldüğü gibi oyuncu bu kombinasyonlardan ne kadar yukarıda olanını yakalayabilirse oyunu kazanma ihtimali o kadar yükselmektedir.

Royal Flush	10♥ J♥ Q♥ K♥ A♥
Straight Flush	4♣ 5♣ 6♣ 7♣ 8♣
Four of a Kind	K♠ K♥ K♣ K♦ 3♠
Full House	10♥ 10♠ 10♦ A♣ A♣
Flush	10♠ K♠ 2♠ 6♠ 7♠
Straight	7♣ 8♣ 9♦ 10♠ J♥
Three of a Kind	5♠ 5♥ 5♣ J♦ A♦
Two Pair	A♠ A♥ 3♣ 3♠ J♣
One Pair	Q♦ Q♥ 2♥ 8♠ 9♣

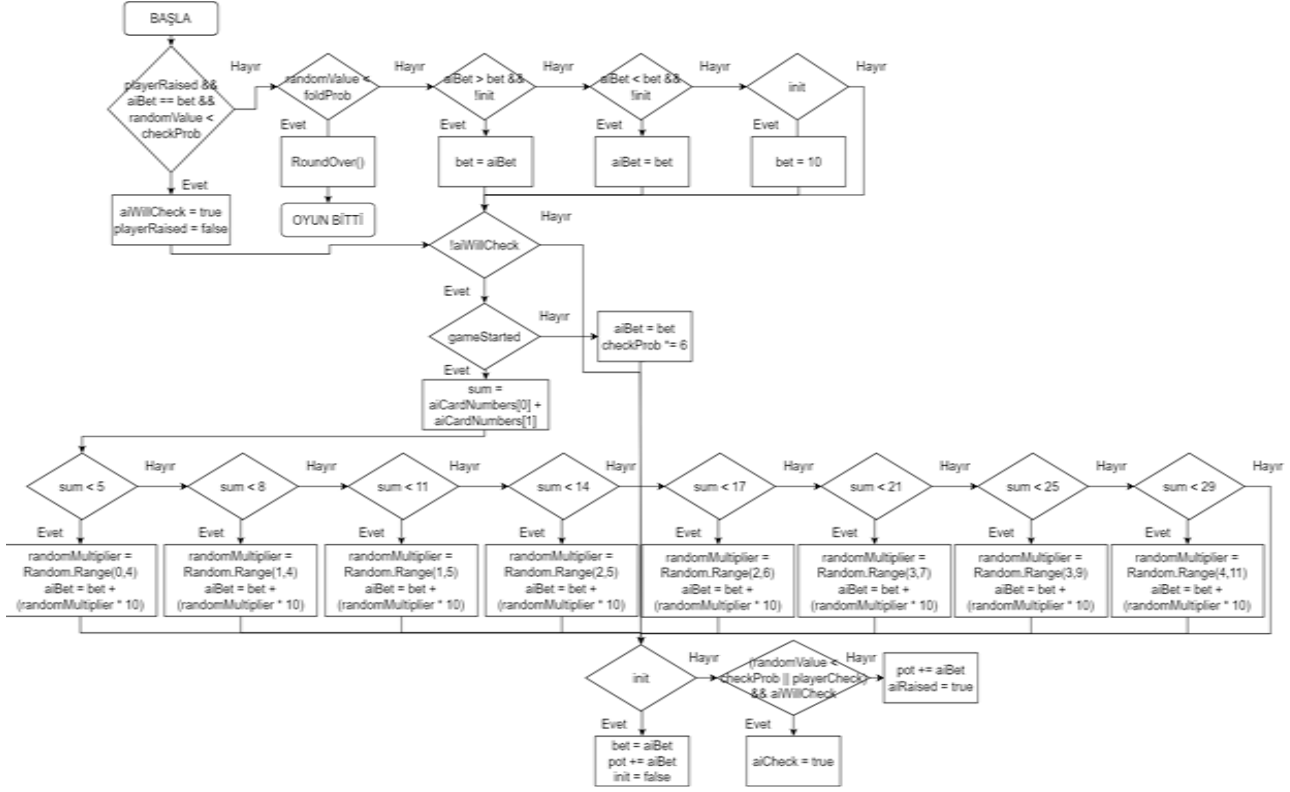
Şekil 1. AI-DIGPOKGAME Oyunu kart değerleri

Çalışma kapsamında tasarlanan ve geliştirilen AI-DIGPOKGAME bilgisayar oyununda en iyi beşli kart kombinasyonunu sağlayan oyuncu oyunu kazanmaktadır. Bu bağlamda oyuncu bu kombinasyonu oluştururken üç seçeneğe sahiptir. Birincisi elindeki iki kart ve ortadaki üç kart, ikincisi elindeki bir kart ve ortadaki dört kart, üçüncüsü de ortadaki beş kart durumudur. Elindeki kartları vermeden önce oyuncu bu son durumu seçtiğini diğer oyunculara belirtmelidir aksi takdirde ortadaki bahisten mahrum kalacaktır. Oyunun işleyişi, kuralları ve kart kombinasyonlarından sonra sıra YZ'nın oyunu oynarken nasıl bir yol izleyeceği ile ilgilidir. Oyunun kodlanmasında bu kadar karmaşık kuralların olduğu bir oyunda olabildiğince az mümkünse hiç kaybetmeden mücadele edebilen bir YZ tasarlanması hedeflenmiştir. Bu kapsamda çalışma YZ'nın öncelikle tek bir oyuncuya karşı kendisini sınaması, sonrasında eğer yeterince ilerleme sağlanırsa o zaman oyuncu sayısı artırılarak daha zor bir ortamda test edilmesi gerçekleştirilmiştir.

Şekil 2'de AI-DIGPOKGAME oyunundaki YZ'yı yöneten "AIBet" metodunun İş Akış Şeması görülmektedir. Söz konusu akış şemasına göre oyunda öncelikle YZ teknolojisi ile oyuncunun "raise" yapıp yapmadığı kontrol edilmekte, ayrıca bahislerin eşit olup olmadığını ve karar vermek için de "randomValue" ile "checkProb" değerlerini kıyaslanmaktadır. Eğer bahse konu koşullar doğru olarak sonuçlanırsa YZ "check" yapmaya karar vermektedir. Ancak eğer oyuncu "raise" yapmadıysa böyle bir durumda zaman YZ sistemde "fold" için bir kontrol yapmaktadır. Eğer kontrollerde "foldProb" ile "randomValue" değerleri karşılaştırılır ve sonuç doğru olarak tespit edilir ise "RoundOver" metodu çağırılmaktadır. Böyle bir durum sonucunda oyunu oyuncu kazanmış olmakta ve yeni oyun başlatılması için ekrana menü getirilmektedir. Ancak "aiBet" değeri "bet" değerinden fazla olur ise ve "init" değişkeni doğru olarak tespit edilir ise küçük olan değişken büyük olanın değerine atanmaktadır. Böylelikle bahis eli her başladığında eşitlik sağlanmış olur. Bu kontrol anlatılan tam tersi durumun geçerli olduğu durum için de

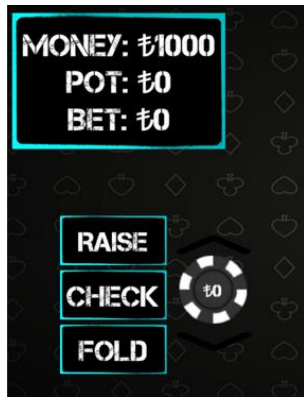
yapılmaktadır. Yani öncelikle "aiWillCheck" değişkeni kontrol edilmektedir. Çünkü eğer bot "check" yapmaya karar vermediyse "raise" yapılacaktır. Sistemde yer alan "gameStarted" değişkeni ilk bahis elinin kontrolü için vardır. Sistemde YZ'nın kör bahis evresinde ortaya çok fazla miktarda bahis koymaması, olabildiğince erken "check" yapması hedeflenmiştir. YZ'nın sahip olduğu kartların değerleri "sum" adlı değişkende tutulmakta ve belli seviyedeki eşik değerleri için kontrol edilmektedir. Bu kontrol sonucuna uygun belli bir

aralıkta bir bahis miktarı belirlenmekte ve ortaya konmaktadır. Son olarak "init" yani başlangıç bahis evresinde olduğu kontrol edilmekte ve değişkenle yapılan bahis ortadaki "pot" değişkenine eklenmektedir. İlk başta "aiWillCheck" değişkeni eğer doğru olduysa YZ bu aşamada "aiCheck" değişkenini true'ya çevirecek bahis oynamamaktadır. Eğer "aiWillCheck" değişkeni "false" ise ortaya bahsi koyup "aiRaised" değişkenini "true" yapmaktadır.



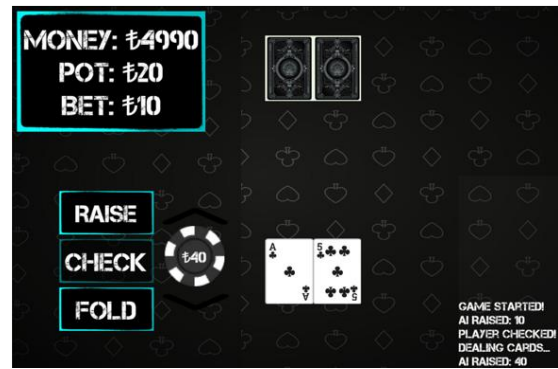
Şekil 2. "AIBet" Metodu İş Akış Şeması

Şekil 3'de AI-DIGPOKGAME oyununun oynanması için oyun kullanıcı tarafından ilk başlatıldığında ekrana gelen oyunun açılış ekranı yer almaktadır.



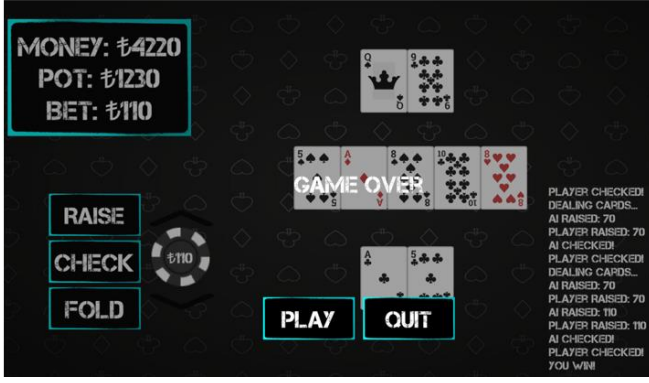
Şekil 3. Programın Açılış Ekranı

AI-DIGPOKGAME oyunundaki tüm scriptler "GameManager" tarafından yönetilmekte ve oyun "GameManager" üzerinden çalıştırılmaktadır. Şekil 4'de ilk kör bahis evresi bittikten sonraki oyuna ilişkin durumun örnek bir ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4. Programın Ara Durum Örnek Ekranı

AI-DIGPOKGAME oyununda YZ bahis ortaya konulurken oyunculara dağıtılan oyun kartlarına göre belli bir aralıkta bahis miktarı belirlenmektedir. Bu aralıkların değişik sınırlarda olabilirlik durumu oyundaki kartların tahmin edilebilirliğini zorlaştırmaktadır. Oyundaki son bahis evresi de tamamlandıktan sonra ekrana Şekil 5'deki gibi bir görünüm gelmektedir.



Şekil 5. Programın Son Bahis Durumu Ekran Görüntüsü

III.DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

Tablo 3’de araştırmanın gerçekleştirilmesi boyunca çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylere ilişkin yapılan deneyler

Tablo 3. Çalışmada Gerçekleştirilen Deneyler

S.Nu.	Deney Adı	Deney Açıklaması	Deney Sonucu
1.	Destenin karıştırılmış olması	Kartlar açıldığından sıralı düzenden farklı olması	+
2.	Arayüzlerin beklendiği gibi çalışması	Ekrandaki öğelerin görevlerini yerine getirmeleri	+
3.	Yeniden oynarken kartların kaybolmaması	52 kartlık destenin olması	+
4.	Kartların ikisinin kapalı olarak dağıtılması	Oyuncuların ikişer adet kapalı kart almaları	+
5.	Oyun kurallarının doğru işlemesi	Kuralların doğru işlendiğinin doğrulanması	+
6.	Hile yapılmadığının doğrulanması	Hile yapılmadığının doğrulanması	+
7.	Bahislerin doğru sırada ve doğru miktarda alınması	Gereken miktarda paranın ortaya konması	+
8.	Çekilen oyuncunun o el sonlanana kadar herhangi bir aksiyonda bulunmaması	Çekilen oyuncunun oyuna herhangi bir şekilde müdahale etmemesi	+
9.	Oyuncuya yapabileceği hamlelerin gösterilmesi	Bahis elinde bahis oynaması, oyun sonunda kartlarını göstermesi	+
10.	Yapay zekanın suistimal edilebilecek bir açığının olmaması	Yapay zekanın gereğinden fazla risk almaması	+
11.	Yapay zekanın veya oyuncunun, diğeri hamle yapmadan birinin üst üste hamle yapmaması	Bahis evresi boyunca oyuncu ve yapay zekanın birer birer hamle yapması	+
12.	Yeniden oyna seçildiğinde para bilgisi hariç her şeyin sıfırlanması	Oyuncunun ve yapay zekanın para bilgisi hariç diğer değişkenlerin sıfırlanıp ekranın hazırlanması	+
13.	Oyuncunun veya yapay zekanın parasının bahsi ortaya koyduğu sıradaeksiye düşüyorsa oyunun sonlanması	Ortaya konulan bahis sıfırın altında bir para bıraktığında oyunun sonlanması	+

Tablo 3’de yer alan ve gerçekleştirilen deneylerde öncelikle destenin karıştırılmış olduğundan emin olunması hedeflenmiştir. Çünkü sıralı bir deste olursa oyuncular rakibinin elindeki kartı tahmin edebilir ve ona göre bir strateji belirleyebilirler. Oyun menülerinin beklendiği gibi çalışması da çok önemlidir. Oyuncu “fold butonuna” tıkladığında oyundan çekilmesi gerekmektedir. Eğer oyun basit, anlaşılır bir arayüze sahip olursa oyuncunun kafasındaki karışıklık giderilir ve yapmak istediği hamleleri kolaylıkla gerçekleştirebilir. Her oyun bittiğinde kartların kaybolmaması gerekmektedir. 52 kartlık destenin olduğu doğrulandıktan sonra dealer belirlenip oyuna başlanabilir. Ayrıca oyunculara kartların kapalı olarak dağıtılması gerekmektedir. Ve kartların oyun bitene kadar kapalı konumda kalmaları gerekmektedir. Oyun başladıktan sonra oyunun tüm kurallarının doğru bir biçimde ve her oyuncuya işlendiğinden emin olunmalıdır. Bu aşamadan sonra oyuncunun hile yapmadığı doğrulanmalıdır ve oyunun işleyişini oyuncunun lehine çevirecek bir “bug” varsa

ile deney sonuçları yer almaktadır. Söz konusu tabloda başarılı olarak gerçekleştirilen deneylerde başarılı olanlar pozitif olarak yani + matematiksel sembolü ile işaretlenerek özellikle belirtilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde AI-DIGPOKGAME dijital oyununda gözlemlenen tüm buglar ortadan kaldırılmış, gerekli optimizasyonlar yapılmış ve yayınlanmaya hazır hale getirilmiştir. Çalışma kapsamında toplamda 13 (onüç) adet farklı deney gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen her deney kendi içerisinde farklı aşamada yapılmıştır. Test listesinin bahsekonu tabloda belirtilenlerle sınırlı kalmayıp zaman içerisinde genişletilebileceği veya daraltılabileceği değerlendirilmeye birlikte çalışmanın sınırlarının belirlenmesi açısından bu şekilde belirlenmiş ve tüm durumları burada ele almak listeyi çok uzatabileceğinden testler genel bir başlık altında ve çekirdek bir yapıda toplanmaya ve gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

giderilmelidir. Bahisler alınırken kurallarda belirtilen sıra takip edilmeli ve her oyuncunun minimum değere eşit veya geçecek şekilde belirttiği miktar kadar bahis ortaya konulmalıdır. “Fold” yapan oyuncunun oyunun geri kalanına hiçbir türlü müdahale etmemesi gerekmektedir. Ve o ana kadar koyduğu bahisleri oyuncuya iade edilmesi yerine ortadaki bahis havuzunda kalmalıdır. Herhangi bir karmaşıklığın önüne geçmek için oyuncunun yapabileceği hamleler gerekirse öne çıkarılmış bir tasarıma sahip olmalıdır. Yapamayacağı hamleler ise örneğin check butonu soluk bir biçimde ekranda gösterilmelidir. Gelecekte yapılabilecek olan testler sadece bu çalışmada yer alan testlerle sınırlı kalmayacaktır. Söz konusu tabloda belirtilen testler oyunun çalışması için kritik derecede öneme sahip testlerdir.

Çalışmada gerçekleştirilen deneylerde “raise” ve “call” ayrı mekanikleri eklemek yerine sadece “raise” mekanikliği seçilmiştir. Bu durumun nedeni olarak “call” seçeneğinin sadece diğer oyuncuyla aynı miktarda bahis yapıldığında

mevcut olan bir mekanik olması gösterilebilir. Bunun yerine dijital oyuna daha basit ve daha kolay anlaşılır "raise" mekanığı sadece eklenmiştir. Deneylerde eğer oyuncu diğer oyuncuyla aynı bahsi ortaya koymazsa "fold" yapmış olur ve oyunu diğer oyuncu kazanmaktadır. Çalışmada gerçekleştirilen deneylerde diğer bir problemde oyun döngüsünün nasıl kurulacağıyla ilgili olarak belirlenmiştir. Bu durum oyundaki ilk hamlenin her zaman YZ tarafından mı olacak yoksa her oyun başladığında rastgele bir seçimle ilk başlayan oyuncudan mı seçileceği ile ilgilidir. Burada YZ'nın her seferinde ilk adımı atması durumu kararlaştırılmıştır. Çünkü YZ oyun hamlesini yaptıktan sonra sıranın oyuncuya geçmesini sağlayan bilgisayar kodlamasının daha az ve basit bir yapıda gerçekleştirilebileceği durumu dikkate alınmıştır. Bu duruma örnek olarak ilk bahis evresinden sonraki bahis evrelerinde "check butonunun" pasif bir biçimde kalmak durumunda olması gösterilebilir, çünkü öyle bir senaryoda oyuncu henüz ortaya bir bahis koymamış durumda olacaktır. Anlatılan nedenlerden dolayı belirtilen sorunu çözmek için ilk hamleyi YZ'nın yapması gerekmektedir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde ortaya diğer bir sorun ise Y'nın nasıl bir bahis mantığında ilerlemesi gerektiğine karar vermesiyle ilgilidir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta YZ'nın tahmin edilebilirliğinin olabildiğince düşük tutulmasıdır. Oyuncu, YZ'nın ne zaman ve hangi durumlarda "raise", "check" veya "fold" yapacağını tahmin edilmesi oyunun sonucuna etki edecek önemli bir durumdur. AI-DIGPOKGAME dijital oyununda geliştirilen YZ kodlamasına "check" ve "fold" yapması için ayrıca bir eşik değeri belirlenmiştir. Bu değer bahis evresinin uzama süresine ve elindeki kartların değerine göre artabilmekte veya azalabilmektedir. Eşik değeri geçildiğinde ise YZ tarafından ilgili hamle gerçekleştirilmektedir. YZ tarafından bahisler ortaya konarken kartların değerleri dikkate alınmakta ve belli bir aralıkta bir miktar seçilip ortaya konmaktadır.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde oyuncular oyunu oynarken rakip oyuncu tarafından gerçekleştirilen oyuna ilişkin olayların YZ teknoloji tarafından başarıyla gerçekleştirildiği yapıldığı doğrulanmıştır.

IV. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Son yıllarda YZ konusunda dikkate değer şekilde ilerlemeler kaydedildiği ve bu teknolojinin sık sık gündemde kendine yer bulduğu bir gerçektir. Artık YZ konusunun birçok alanda hayatımızın bir parçası haline geldiği yadsınamaz bir gerçektir. YZ teknolojisi pek çok alan yanında ayrıca dijital oyun teknolojisi alanında da kendine giderek artan oranlarda yer bulan ve gelecekte de adından sıkça söz ettirecek güncel bir teknolojidir. Bu araştırmada kullanıcıların kendi dijital oyun modellerini geliştirmelerine imkân sağlayan açık kaynak kodlu Unity 3D Oyun simülâtörü ile C# programlama dilinde "Jetbrains Rider" derleyicisi ile YZ tabanlı bir bilgisayar oyununun (AI-DIGPOKGAME) geliştirilmiş ve söz konusu oyunun doğruluk analizi yine bu çalışma kapsamında yapılan 13 (onüç) adet deney ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde AI-DIGPOKGAME oyuncularının oyunu oynarken rakip oyuncu tarafından gerçekleştirilen oyuna ilişkin olayların YZ teknoloji tarafından başarıyla gerçekleştirildiği doğrulanmıştır.

Araştırmada elde edilen sonuçlar, kullanıcıların kendi derin öğrenme modellerini kodlama yapmadan geliştirmelerine imkân sağlayan Unity 3D teknolojisi kullanılarak geliştirilen tasarımın etkinliğini göstermektedir. Bu çalışmanın birçok

araştırmacıyı ve kullanıcıyı cezbeden YZ tabanlı bilgisayar oyunlarının kullanıcılar tarafından geliştirilmesi açısından YZ çalışma alanına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Yazarların Katkıları

Yazarların makaleye katkıları eşittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yazarlar bu çalışmanın Araştırma ve Yayın Etiğine uygun olduğunu beyan eder.

KAYNAKLAR

- [1] Suits, B. (1967). What is a Game?. *Philosophy of science*, 34(2), 148-156.
- [2] A. Haaranen, T. Rissanen, T. Laatikainen, and J. Kauhanen, "Digital and video games in health promotion: Systematic review of games and health behavior," *Finnish Journal of eHealth and eWelfare*, vol. 6, no. 4, pp. 153–163, 2014.
- [3] M. Palaus, E. M. Marron, R. Viejo-Sobera, and D. Redolar-Ripoll, pp. 248–248, 2017. *Neural basis of video gaming: A systematic review. Frontiers in human neuroscience*, 248.
- [4] B. Bostan, B. Tinli, and G. Çatak, pp. 273–295, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.18691/kulturveiletisim.709869>
- [5] DeDonno, M. A., & Detterman, D. K. (2008). Poker is a skill. *Gaming Law Review*, 12(1), 31-36.
- [6] History of poker – My Poker Coaching. Erişim Linki: <https://www.mypokercoaching.com/history-of-poker/> Erişim Tarihi: 27.05.2022
- [7] Adams, H. (2011). *History of the United States of America (1801-1817): Volume 4: During the Second Administration of Thomas Jefferson 2* (Vol. 2). Cambridge University Press.
- [8] KIRCI, P. 3D Game Design with UNITY 3D Game Simulator. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 3(2), 225-229.
- [9] Satman, A. G., & YAYIN, K. (2015). UNITY 3D (Vol. 146). KODLAB YAYIN DAĞITIM YAZILIM LTD. ŞTİ.
- [10] Aydın, H. (2021). *Yapay Zekâ Dijital Sistemler ve Uygulamaları* (Bölüm 23. Siber Güvenlik ve Yapay Zekâ. Sayfa Nu: 479-509). Editör: Prof. Dr. Cemalettin KUBAT. Aralık 2021, ISBN: 978-605-9594-88-2.
- [11] Billings, D., Davidson, A., Schaeffer, J., & Szafron, D. (2002). The challenge of poker. *Artificial Intelligence*, 134(1-2), 201-240.
- [12] Moravčík, M., Schmid, M., Burch, N., Lisý, V., Morrill, D., Bard, N. & Bowling, M. (2017). Deepstack: Expert-level artificial intelligence in heads-up no-limit poker. *Science*, 356(6337), 508-513
- [13] Brown, N., & Sandholm, T. (2018). Superhuman AI for heads-up no-limit poker: Libratus beats top professionals. *Science*, 359(6374), 418-424.
- [14] Pfund, J. (2007). Support Vector Machines in the Machine Learning Classifier for a Texas Hold'em Poker Bot.
- [15] McNally, P., & Rafii, Z. (2008). *Opponent Modeling in Poker Using Machine Learning Techniques*. Northwestern University.
- [16] Costa, A. M. (2019). *A Study on Neural Networks for Poker Playing Agents* (Doctoral dissertation, PUC-Rio).
- [17] YİĞİTER, U., & TATAR, E. MİMARLIK VE MEDYA ETKİLEŞİMİNDE OYUN TASARIMI. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 2(1), 1-22.
- [18] C. E. Shannon, "Programming a Computer for Playing Chess. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine," *Journal of Science*, vol. 41, no. 314, pp. 256–275, 1950.
- [19] J. X. Chen, "The evolution of computing: AlphaGo," *Computing in Science & Engineering*, vol. 18, no. 4, pp. 4–7, 2016.
- [20] G. N. Yannakakis, 2005. AI in computer games: generating interesting interactive opponents by the use of evolutionary computation.
- [21] M. Pirovano, *The use of fuzzy logic for artificial intelligence in games*, Milano, 2012.
- [22] M. Dehghani, Z. Montazeri, and O. P. Malik, "DGO: Dice game optimizer," *Gazi University Journal of Science*, vol. 32, no. 3, pp. 871–882, 2019.
- [23] T. Uzul and E. S. aykol, "Evaluating a Player's Network Class in a Multiplayer Game with Fuzzy Logic," *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 10, no. 1, pp. 163–173, 2020.
- [24] A. Lohokare, A. Shah, and M. Zyda, "Deep Learning Bot for League of Legends," *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial*

- Intelligence and Interactive Digital Entertainment, vol. 16, pp. 322–324, 2020.
- [26] M.Cetin, & Y. Sarica. Artificial Intelligence Based Game Levelling. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 8(2), 147-153.
- [27] Russell, S., & Norvig, P. (2002). *Artificial intelligence: a modern approach*.

Compression Featured Lock Design Compatible for Outdoor Conditions

Mustafa CAN^{1*}, Engin GÜNEŞ² and Anıl AKDOĞAN³

^{1*} *Mesan Kilit A.S, Silivri, Istanbul, Turkey (Mustafa.Can@essentra.com) (ORCID: 0000-0001-5899-3250)*

² *Mesan Kilit A.S, Silivri, Istanbul, Turkey (EnginGunes@essentra.com) (ORCID: 0000-0002-0070-2630)*

³ *Department of Mechanical Eng., Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey (nomak@yildiz.edu.tr) (ORCID: 0000-0003-0318-8873)*

Abstract – The aim of our paper is to present the development proses of a locking mechanism that may act as each a hinge and a lock, compresses the gaskets between the panel and the door at least 6 mm, helps to supply controlled air outlet and will increase the protection level. Thanks to the compression feature of the product, the novel designed mechanism could be tightened the cabinet by the cabinet gaskets. It provides IP65 sealing standard requirements. Thus, it can be used in outdoor environments in safe. Since this mechanism be developed more, it can be used in ventilation, generator, and plenty of different sectors. It has a high potential to lead to new applications and R&D studies in numerous technology fields.

Keywords – Cabinet, Latch, Hinge, IP65, Mechanism, Protection level, Compression

I. INTRODUCTION

In industry, various industrial locking systems are used in outdoor and indoor environments, in application areas such as cabinets, generators and panels. The industrial lock systems are designed and developed to meet the requirements of application areas and working conditions. The requirements for indoor locks are lower than the requirements for outdoor applications. One of the outdoor lock requirements is to provide leak proofing due to the weather and ambient conditions. We designed and developed a novel product in accordance with IP65 sealing protection level. This level of protection offers the assurance of the products will withstand winds, harsh environments, changing weather conditions and more. IP rated as “dust tight” and protected against water projected from a nozzle [1]. IP protection classes are defined in the international standard EN 60529 standard [2]. Another goal of this study is to develop a product that might have both functions hinge and latch, compresses the gaskets at least 6 mm between the panel and the door which helps to supply controlled air outlet and provides IP65 requirements, as well. In general, the most important aspect of the HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) refers to the special structures used for transferring air among indoor and outside areas, alongside heating, and cooling each residential and industrial buildings interlocking solution is ensuring that the cabinet is properly sealed. The locks, hinges, profiles, and cut-outs must be designed in such a way that the entire door is completely sealed. Another important consideration for a properly sealed unit is whether the internal air pressure is positive or negative. This is because negative air pressure pulls the door in, while positive air pressure pushes it out. This affects the interlocks and sealing profiles in a wide variety of shapes. The air pressure in the interior also influences the behavior of a door when it is opened. Therefore, an HVAC shutter must be opened in two stages. The first stage should

only open the door far enough to depressurize the unit, making it perfectly safe to fully open the door in the second stage [3].

II. PRODUCT DESIGN AND ANALYSIS

As a part of our research in the part design study, existing industrial locks from the HVAC sector were examined and their missing and useful aspects identified. As a result of the research, other industrial locks in the sector offer the IP65 sealing level and the compression property of about 5 mm in generally. In addition to these features provided by the existing products, the research has been taken to the next level by adding push-to-open functionality and a secure combination locking system to the redesigned industrial lock. When determining the material according to ISO 846 standard, 30% glass fiber reinforced nylon 6 (PA6GFR30) was selected as the material [4]. The conceptual design shown in Figure 1 was obtained by selecting 1.5 mm material thickness, 6 mm compression function and IP65 sealing level according to related standards' requirements. It works by push opening which means the product's 180° rotating opening function can work at any direction and secure combination of the locking system. Since electrical and mechanical push-button locks have gained popularity over the past 15 years, these locks are particularly advantageous where many people require access. The major advantage of course is the ability to change the lock combination instantly without incurring the cost of changing the lock and reissuing the keys [7].



Fig. 1. Concept design of the lock

At the design stage we used the SolidWorks - 2021, one of the well-known 3D conceptual design programs. At the design stage, the encrypted cylindrical part is placed inside the part called push-open. The key is designed after this password. When the key cylinder enters the hub, all passwords match and the key cylinder can rotate easily. The locking and unlocking functions are achieved by turning the key cylinder 90 degrees reversible. After the unlocking function, by pressing the cylinder on the handle, the handle can be separated from the lock body thanks to the push-to-open function. The operator lifts the latch arm, which is separated from the latch body, and the cover's pressure on the seals is removed. Therefore, thanks to the compression feature; it provides a controlled air outlet avoiding accidents that may occur due to the air pressure difference when the door is opened. In our study, the compression function of 6 mm is provided using the rack and pinion gear mechanism. The lever of our lock is designed to act as a pinion and the rack part is designed to supply compression. The handle rotates angularly about a pin axis in the lock body, which allows the latch part of the lock to move up and down 6 mm. The 6 mm upward movement applies pressure to the lid, compressing the seals and preventing air leakage. This meets the requirements of the DIN EN 1886 ventilation for buildings standard [5]. For the concept design, virtual simulations were applied with the analyzing package of SolidWorks program. Some static analyses were applied to the design part and simulated. For the designing and analysis purpose the Solidworks software is used. Besides, the study reveals the maximum value of the stress and displacement of such parts[8].

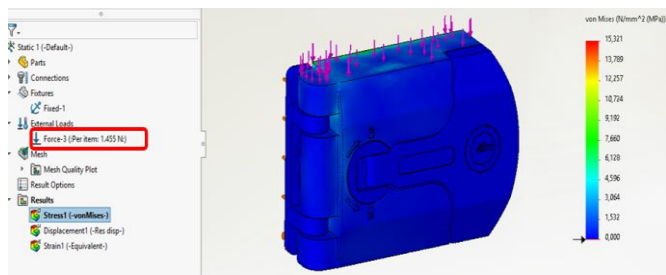


Fig. 2. Analysing results at 1455 N Force (Stress)

Figure 2 shows the analysing results of stress (von-Mises in N/mm^2) values scale of the product when the applied force is 1455 N per item in a specified direction.

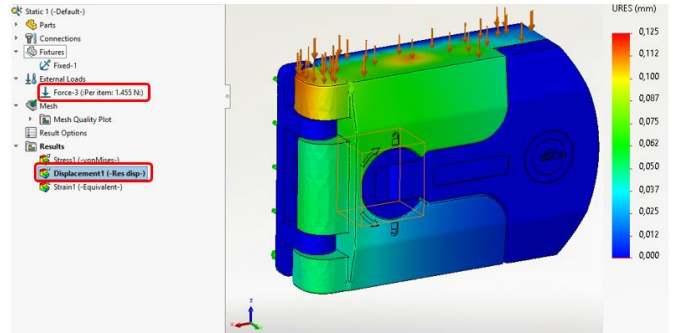


Fig. 3. Analysing results at 1455 N Force (Displacement)

Figure 3 shows the analysing results of displacement (mm) values scale of the product when the applied force is 1455 N per item in a specified direction.

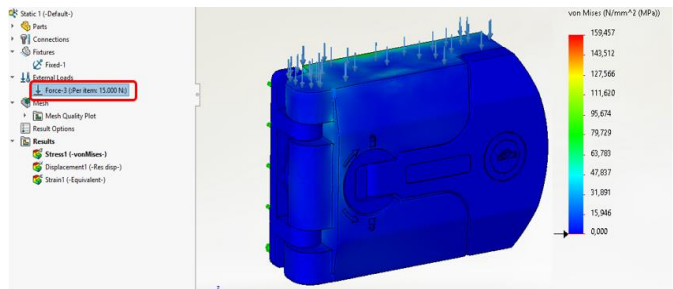


Fig. 4. Analysing result for 15000N (Von Mises N/mm^2)

The analysis was repeated with increasing force to see at what force plastic deformation of the product would occur. If we apply a force of 15000 N, as shown in Figure 4, the material be expected to start to yield.

III. PROTOTYPING AND TESTING

After the virtual simulations were completed, the prototype shown in Figure 5 was fabricated using 3D printing Fused Deposition Modelling (FDM) technology. This process can be used to create prototypes that can be used with multi-material and multi-color plastics, food, or living cells [6]. Details regarding the 3D printing machine used are given below.



Fig. 5. 3D Printed Prototype Lock

Build Volume: 203 Width X 203 Length X 152 mm Height
 Layer Height Settings: 100,200,300 Microns
 Workstation Compatibly: Windows 10/8.1/8/7
 Network Connectivity: Ethernet TCP/IP 10 /100 base T
 Machine Size: 635 (w) X 660 (l) X 940 (h) mm
 Machine Weight: 94 kg
 Software: CatalystrEX

The prototype was subjected to an actual test by applying a maximum compressive force of 14550 N for 4.1 seconds at the standardized laboratory conditions as shown in Figure 6. The compression feature of the product by the novel designed mechanism could help tightened the cabinet by the cabinet gaskets.

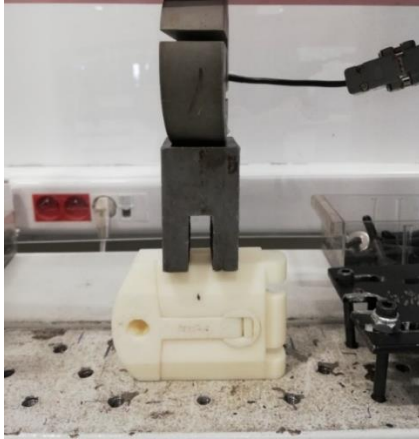


Fig. 6. Compression testing process

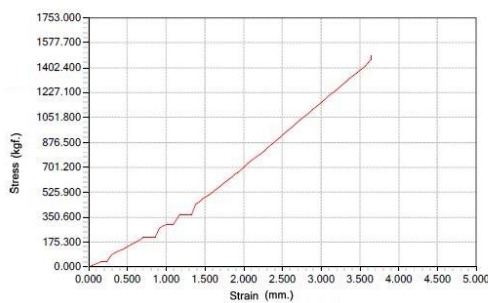


Fig. 7. Stress / Strain graph from the testing machine software

Figure 7 shows the stress/strain graphic created by the tensile testing machine software program. It can be seen 3.6 mm strain value against 14550 N force when the force is applied during 4.1 s.

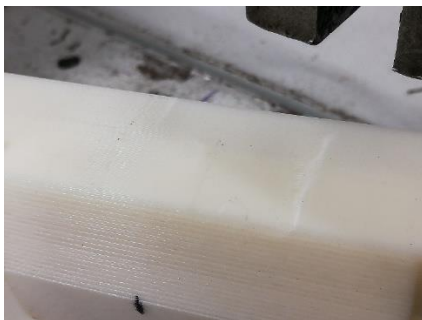


Fig. 8. Product deformation after testing

Figure 8 shows the deformation of the product because of the conducted compression test. Even if it damages to the product, it is evaluated just a visual but not a functional problem. In other words, it is not expected to cause a problem on the functionality of the product.

IV. RESULTS

This study was conducted to make a better lock than the existing design in many ways. The use of the push-open

method and the combination closure system used in the product makes the design unique. In addition to these features, the IP65 sealing level and the current compression amount have been increased from 5 mm to 6 mm. As a result of this research, a novel product which acts as both a hinge and a lock, was developed to be used in the HVAC industry. According to the analyse results the new design can meet the environmental and climatic conditions which are the basic requirements of the HVAC industry and can meet the DIN EN 1886 standard. As a result of the conducted studies, the novel design registration was confirmed for the product with the registration number 2020/09992.

V. DISCUSSION

If we compare the existing previous studies with the novel designed product, although both products can function as a hinge and as a lock, the current product's unlock function can be opened with a simple Allen key. It means the security level is weak. By the new design, it is made more secure by using different password combinations. Since the current product does not have 6 mm compression function, the pressure cannot apply to the joints sufficiently. With the novel product, all gaskets are pressurized equally and air flows in and out under control. The previous design was not suitable with IP65 sealing level. By the new one IP65 sealing level requirements are achieved.

IV. CONCLUSION

With this study we conducted we met the needs of the HVAC industry requirements in locking industry. Innovations we have added to our product and the concluded results are achieved. Instead of 5 mm compression level in previous design, it is increased to 6 mm. The level of IP65 sealing requirements and the requirements of the EN 60529 standard are achieved. Thanks to our push-open function, a controlled air outlet has been achieved. The goal is to continue to develop products by adapting it to the changing needs of the industry and bringing it to market at the next level.

ACKNOWLEDGMENT

This study is a part of a R&D project of Mesan Locks Inc., Turkey, titled "Developing a mechanism that has both functions hinge and latch, helps supply controlled air outlet" (Klima santralleri için hem kilit hem menteşe görevi gören, güvenli hava aktarımı sağlayan fonksiyonel mekanizma geliştirmesi) and Project Number MP20002.

REFERENCES

- [1] The Enclosure company website. [Online]. Available: <https://www.enclosurecompany.com/ip-ratings-explained.php>.
- [2] IEC EN 60529, "Degrees of Protection Provided by Enclosures (IP Codes)," ed. 2.1 (Geneva: International Electrotechnical Commission, 2001).
- [3] The Industrilas website. [Online]. Available: <https://industrilas.com/en-us/industries/hvac>
- [4] Plastics-Evaluation of the action of microorganisms, ISO 846 Std.1997.
- [5] Ventilation for Buildings-Air Handling Units -Mechanical Performance DIN EN 1886 Std.2009
- [6] A. Muller, & S. Karevska, "How will 3D printing make your company the strongest link in the value chain?," EY's Global 3D printing Report 2016, 2016. [Online]. Available: <https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-global-3D-printing->

report-2016-fullreport/\$FILE/ey-global-3D-printing-report-2016-full-report.pdf. [Accessed 2019].

- [7] Tony W. York, Don MacAlister “Hospital and Healthcare Security,” Physical Security Safeguards, Ch:18, pp.437-457, 2015
- [8] Arpit Arora, Arpit Pathak, Akshat Juneja, Pankaj Shakkarwal, Rajender Kumar “materialstoday:proceedings”, Design & analysis of progressive die using solidworks, vol:51, Part1, pp:956-960, 2022

Asenkron Motorlu Sistemde Bulanık Mantık Çıkarımı İle Kestirimci Bakım

Erkan Sındır^{1*}, Vedat Özkaner²

^{1*} İskenderun Teknik Üniv. Lisansüstü Eğitim Ens. EEM, İskenderun, Türkiye (sindirerkan@gmail.com) (ORCID: 0000-0002-8568-3474)

² İskenderun Teknik Üniv. Müh. ve Doğa Bil. Fak. EEM, İskenderun, Türkiye (vedat.ozkaner@iste.edu.tr) (ORCID: 0000-0001-8293-0022)

Türkçe Özet – Endüstride çalışan sistemlerin yüksek başarımlı ve süreklilikle çalışması beklenir. Çalışan sistemi oluşturan parçalarda oluşabilecek arızalar, üretim kayıplarına yol açabilmektedir. Endüstriyel sistemlerin hizmet ettiği bütün sektörlerde toplam ekipman etkinliğinin yüksek tutulması bakım çalışmalarının yapılmasını mecbur kılmaktadır. Arıza kaynaklı olan üretim ve iş gücü kayıplarıyla karşılaşmamak için sistemlerde duruşa yol açmadan bakım planlamak gerekmektedir. Bakım planlaması süreçlerinde kendine sağlam yer bulan ve uyarıcı bakım olarak da bilinen kestirimci bakım yöntemi, gereksiz bakım yapılmaması ve bakımsızlık kaynaklı arızaya düşülmemesi gibi açılardan bakıldığında öne çıkmaktadır.

Bu makaledeki çalışmada, asenkron motor çalışırken elde edilen stator akımı, vibrasyon, stator sargı sıcaklığı ve rulman yatak sıcaklığının PLC yardımı ile sahadan toplanmasından sonra zaman etiketli olarak veri tabanına yazılarak hem test verisi oluşturmakta hem de üyelik fonksiyonu değerleri belirlenmesinde kullanılmıştır. Sahadaki motordan toplanan veriler, motor ve enstrüman etiket değerleri ve uzman görüşlerinden yola çıkarak “Matlab Fuzzy Toolbox” uygulaması ile bulanık mantık temelli çıkarım sistemi tasarlanmıştır. Çıkarım sistemine giriş değişkeni olarak verilen test verilerinin uzman görüşleri ve katalog verileri doğrultusunda belirlenmiş kurallar ile değerlendirilmesi sonucu belirlenen çıkış değişkeniyle sistemde çalışan asenkron motorun “motor sağlığı” belirlenmektedir. Bu değer aynı zamanda motor için bakım planlaması ihtiyacını da belirlemektedir.

Bu çalışma arızanın ne olduğundan çok, arızanın yaşanıp yaşanmayacağı ile ilgili bir çıkarım sistemini önermektedir. Endüstriyel üretim yapan işletmeler ilk etapta toplam ekipman etkinliğini artırmayı amaçlar. Plansız duruşların önüne geçmek ister dolayısıyla motordaki arızanın içeriğinden ziyade arızanın gerçekleşme ihtimali daha önemlidir. Literatürde yalnız motor stator akımları, vibrasyon analizi ve termal tabanlı analizler mevcut; burada akım, vibrasyon ve termal açıdan yapılan durum izleme sonucu elde edilen veriler bulanık mantık ile çok açıdan değerlendirilerek bakım ihtiyacı belirlemektedir.

Anahtar Kelimeler – Kestirimci bakım, Bulanık mantık, Asenkron motor, PLC, Matlab

Predictive Maintenance With Fuzzy Logic Inference In An Induction Motor System

Extended Abstract

Industrial systems are expected to operate with high performance and continuity. Failures that may occur in the parts that make up the working system can lead to production losses. The necessity of keeping the total equipment efficiency high in all sectors served by industrial systems necessitates maintenance work. In order to avoid production and labor losses due to malfunctions, it is necessary to plan maintenance without causing downtime in the systems. The predictive maintenance method, which has a strong place in maintenance planning processes, stands out in terms of not performing unnecessary maintenance and avoiding failure due to lack of maintenance.

In this paper, the stator current, vibration, stator winding temperature and bearing housing temperature values obtained during the operating conditions of an induction motor are collected from the field with the help of a PLC, time-labeled and written to a database and then used both to generate test data and to determine membership function values. Based on the data collected from the asynchronous motor operating in the field, motor and instrument label values and expert opinions, a fuzzy logic based inference system was designed with the "Matlab Fuzzy Toolbox" application. The "motor health" of the asynchronous motor operating in the system is determined with the output variable determined as a result of the evaluation of the test data given as input variable to the inference system with the rules determined in line with expert opinions and catalog data. This value also determines the need for maintenance planning for the motor.

This study proposes an inference system about whether the failure will occur or not, rather than what the failure is. Industrial production enterprises aim to increase total equipment efficiency in the first place. They want to prevent unplanned downtime, so the probability of failure is more important than the content of the fault in the motor. In the literature, only motor stator

currents, vibration analysis and thermal based analyses are available; here, the data obtained as a result of current, vibration and thermal condition monitoring are evaluated from multiple perspectives with fuzzy logic to determine the need for maintenance.

Keywords – Predictive Maintenance, Fuzzy Logic, Induction Motor, PLC, Matlab

I. GİRİŞ

Endüstride küçük bir elektrik motorundan başlayıp çok sayıda bölümden oluşan veya birden fazla tahrik ünitesi içeren karmaşık yapılara kadar çok çeşitli sistemler mevcuttur. Kullanılan bu sistemlerdeki pompa, fan, konveyör, kırıcı, karıştırıcı, kompresör vb. uygulamalarda sistem veya makineye tahrik sağlayan birim elektrik motorlarıdır. Makine ve ekipmanda, istenilen harekete dönüştürülecek olan ve bunun için ihtiyaç duyulan dönme hareketi, elektrik motorlarınca sağlanır. Döner mekanizmaları tahrik eden elektrik makinelerinin endüstride en yaygın olarak kullanılanlarından biri de temelleri ve ilk örnekleri birbirlerinden bağımsız olarak Galileo Ferraris ile Nikola Tesla tarafından atılan asenkron motorlardır. Galileo Ferraris, tek fazlı asenkron bir motorun çalışan ilk modelini 1885 yılında ortaya koymuştur [1]. Nikola Tesla'nın ise 1887'de yaparak çalıştırdığı ve 1888 yılında AIEE'de gösterdiği iki fazlı motorunda ise motor karkasına yayılmış bir stator sargısı ve rotorda kısa devre edilmiş bir sargı barındırmaktaydı [2]. İndüksiyon motoru olarak da adlandırılan bu makinelerin çalışmaları esnasında oluşan dönme hareketinin yanı sıra titreşimler de ortaya çıkar. Şebekeden çektikleri akım, stator sargılarından geçtiği için sargıyı oluşturan bakır iletkenleri ısıtır ve stator sargılarının yanı sıra gövde sıcaklığını da oluşturur. Kısaca bahsedilen bu döngüde, bir asenkron motorun çalışma rejiminde sağlığının takip edilebileceği bazı değişkenler mevcuttur. Bunlar; asenkron motorun stator sargı sıcaklığı, rulman yatak sıcaklığı, gövde veya rulman vibrasyonları, motor stator sargılarınca şebekeden çekilen akımlardır.

Üretim, bakım, lojistik vb. hangi sektöre hizmet ederse etsin her sistemin bir kullanım ömrü mevcuttur. Sistemlerin kullanım sürelerini uzatabilmek ve çalışma sürecinin planlandığı gibi işletilebilmesi için bakım yapılmasına ihtiyaç duyulur. Bakım yöntemleri incelendiğinde; ekipmanda arıza gerçekleştiğinde bakım ve onarım yapılan, bu nedenle onarım sırasında üretim kaybının yaşandığı, arızaların zamanla diğer sistemlere de sirayet edebileceği plansız bakımlar ile arıza henüz oluşmadan ve oluşmasını diye yapılan koruyucu, önleyici ve uyarıcı bakımlar olarak alt başlıklarda toplanabilecek planlı bakımlar görülmektedir.

Planlı bakımlar arasındaki uyarıcı yani kestirimci bakım uygulamaları; duruş haricinde üretime veya hizmete ara verilmemesi, gerekmediği halde yapılan bakım yüzünden fazladan maliyetler ortaya çıkmaması gibi dikkat çekici avantajları ile ön plana çıkmaktadırlar.

Üretimin sürekli devam ettiği tesisler için kestirimci bakımın sağladığı erken uyarı oldukça önemlidir. Sistemden toplanan farklı değişkenlere ait veriler, uygun yöntemler ile değerlendirilerek arıza gerçekleşmeden bakım ihtiyacı duyulacağını tahmin eder ve bakım planı hazırlanmasına olanak tanır. Üretim sürecinde arıza kaynağı oluşturabilecek değişkenlerin çoğunun ön tanımsız ve bulanık yapıda olduğu düşünüldüğünde bulanık mantık temelli karar verme süreci de etkin bir şekilde sürece katılmalıdır [3].

Bulanık mantığı literatüre sokan Zadeh, bir şeyin yanlışlık veya doğruluktan ziyade yanlış veya doğru olma oranıyla tanımlanmasını sağlamıştır [4]. İkili mantıkta yer alan mutlak yanlış ve mutlak doğru kavramlarının arasında bulunan ve "biraz doğru" kabulünü de içeren bir geliştirmeyle bulanık mantık kavramı elde edilir [5].

Literatürde vibrasyon takibi ve akım takibi ile asenkron motorlarda kestirimci bakım uygulamak için yapılmış çalışmalar mevcut, her bir çalışma genellikle bir konuya odaklanmış ve çözüm sunmuştur. Agyare ve arkadaşlarını yaptığı çalışmada, bulanık mantık denetleyici kullanılarak hataların tespiti ve sınıflandırılması sunulmaktadır. Stator sargılarında kopma, dönüşten dönüş kısa devre, üç fazdan toprağa ve fazlar arası dengesizlik gibi farklı arıza koşulları bir dizi simülasyon gerçekleştirilerek hatalar yüksek doğrulukla tespit edilebilmiştir [6]. Pharne ve Patil bir bulanık mantık kontrolcüsüyle, motor durumunu titreşim yoluyla izleyen bulanık çıkarım sistemi ile takip edip sağlıklı olup olmadığını gözlemlemektedir, bu sistem kestirimci bakım planlanmasına yardımcı olmaktadır [7]. Tabak ve Özkaymak'ın yaptığı çalışmada elektrik motorlarına endüstride uygulanan bakım yöntemleri en ilkinden en gelişmişe doğru sıralanarak incelenmiştir. Kestirimci bakımın en yaygın kullanılan teknikleri incelenerek uzaktan erişme ve internet gibi sistemlerin kestirimci bakıma olan etkileri irdelenmiştir [8]. Mitrofan ve arkadaşlarının çalışması ise proses endüstrisinde elektromekanik bakım işlerinin kapsamını tanımlamaya ve optimize etmeye yarayan bulanık mantık temelli bir Karar Destek Sistemi'nin geliştirilmesidir. Hangi ekipmanda hangi tür bakım yapılacağına kararını vermektedir ve sonucun sağlam sonuçlar sağladığını ve diğer yaklaşımların birçok eksikliğini giderdiğini göstermektedir [9]. Mohan ve arkadaşları asenkron motor arızalarının sistematik sınıflandırmasını tartışmış ve motorun stator akımı dikkate alınarak motorun durum izlemesi için bulanık tabanlı çıkarım mekanizması geliştirilmiştir [10]. Drakaki ve arkadaşları asenkron motorların arıza tespiti ve teşhisinin (FD/D) kestirimci bakımındaki son gelişmeler ve eğilimler verilmiştir. İnceleme, son 5 yılda geliştirilen derin öğrenme tabanlı FD/D yöntemlerine odaklanmış ve çok kapsamlı olmayan incelmeye yer verilmiştir [11].

Araştırma çalışmalarının çoğu, belirli arızalar için erken uyarı üzerine yoğunlaşmakta, ancak birden fazla arıza kaynağı açısından incelemeyi ihmal etmektedir. Makale konusunu içeren bu çalışmada ise arıza kaynağı olan değişkenlerin fazlalığından yola çıkarak asenkron motorun izlenmesinde kullanılan parametrelerden akım, vibrasyon, sargı ve rulman sıcaklığından faydalanılmıştır. Belirlenmiş olan bu dört giriş değişkeni ile daha fazla kıstasa bağlı bir bulanık mantık temelli değerlendirme yapacak çıkarım sistemi sunulmuştur. Endüstriyel üretim yapan işletmelerde plansız duruşların önüne geçmek istenilir, yani asenkron motordaki arızanın içeriğinden ziyade arızanın gerçekleşme ihtimali ile ilgilenilir. Önerilen sistem de arızanın içeriğinden çok arızanın ortaya çıkıp çıkmayacağını tespitiyle ilgili bir çıkarım sistemidir.

II. MATERYAL VE METOD

Bulanık mantık temelli çıkarım sisteminin kuralları ile üyelik fonksiyonu parametrelerinin belirlenmesinde kullanılacak ve sonrasında çıkarım sistemine girdi olarak verilecek sahadan toplanmış veriler, 710kW gücünde 6300V'luk besleme gerilimi ve 84A nominal akım değerine, 0,82 güç faktörüne sahip olan bir orta gerilim asenkron motordan alınmıştır.

Bulanık mantık çıkarım sisteminde akım, vibrasyon, sargı sıcaklığı ve rulman sıcaklığı olmak üzere dört adet giriş değişkeni ve üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Her bir üyelik fonksiyonuna girdi olarak kullanılacak ve sonrasında değerlendirilecek olan veriler sahadan uygun sensörler yardımıyla toplanmıştır.

A. Saha Verilerinin Toplanması

Motorun şebekeden çektiği akım bilgisi; motorun beslediği OG dağıtım merkezinden motora giden güç kablosunun bağlandığı baralara yerleştirilmiş 800/5 oranlı bir akım trafosunun çıkışından sinyal alan Iskra marka MT440 çok işlevli dönüştürücüden alınmıştır [12]. Yerleşik bir mikro denetleyici ile ölçülen değerler PLC'de değerlendirilmek amacıyla 4-20mA olarak analog output çıkışından alınarak PLC'deki analog input sinyal modülüne girilmiştir. Şekil 1'de PLC'ye iletmek için motorun şebekeden çektiği akımın bilgisinin alındığı akım transduceri görülmektedir.



Şekil 1. Akım bilgisinin alındığı iskra marka çok işlevli dönüştürücü

Motor üzerinde bulunan vibrasyon sensörünün ürettiği bilgi Şekil 2'de görülen Hansford Sensors markasına ait 10Hz ile 1kHz frekans bandında tespit yapabilen 0-20 mm/sn ölçüm aralığına sahip, 4-20mA modunda analog veri barındıran akım sinyalini 2 pin MS konnektöre bağlı kablolar üzerinden sinyal modülüne ileten, M8 erkek cıvata ucu sayesinde ölçüm noktasına bağlanan vibrasyon sensörü kullanılmıştır [13]. 4-20mA analog sinyal olarak PLC de ki analog input sinyal modülüne girilmiştir.



Şekil 2. Motor gövdesindeki Hansford marka vibrasyon sensörü

Asenkron motorun nominal çalışma şartlarında dahi stator sargılarından akan akımlar, iletken özdirenci, sargı ve nüvelerde oluşan kaçak akımlar motor gövdesinde ısı olarak ortaya çıkarmaktadır. Motor stator akımı ile stator sargı sıcaklığı arasında pozitif korelasyon vardır yani stator akımları arttıkça motor sargı sıcaklığı da yükselmektedir. Bu sıcaklığın yükselmesi ile belirli eşik değerleri aşıldığında sargı iletkenlerinde vernik gibi izolasyonu sağlayan yalıtım malzemelerinin yapısı bozularak delinme gerilimlerinin düşmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle motor sargı sıcaklıklarının aşırı yükselmesi olası arıza kaynağıdır. Motor sargıları arasına konulmuş olan yüksek hassasiyetli RTD tipi bir sıcaklık sensörü olan PT100 ile elde edilen veriler, dönüştürücüsüyle 4-20mA'e çevrilip PLC'deki analog input sinyal modülüne girilerek scada üzerinden kaydedilmiştir. Şekil 3'te motor sargıları arasına yerleştirilmiş PT100 sensör görülmektedir.



Şekil 3. Motor sargıları arasına PT100 yerleştirilmesi

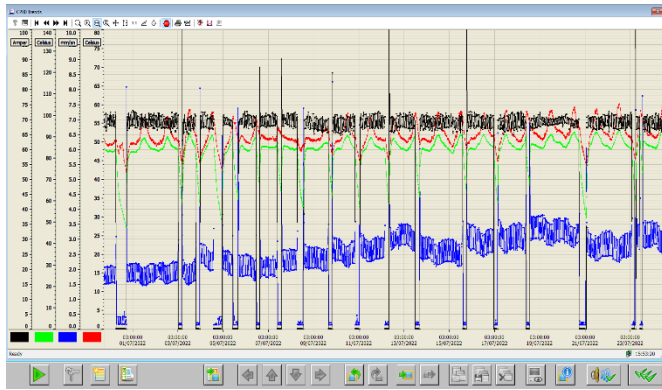
Asenkron motorun rotor mili, motor gövdesinin her iki tarafında birer rulman ile yataklanmıştır. Çalışma süresi, kontrolsüz binen yük, darbe alma, yetersiz yağlama, aşırı yüklenme, aşırı devir sayısı, mil ve yatağının mekaniksel dayanımının az olması vb. gibi nedenlerden dolayı sürtünmenin artması ve krepaj gibi arızalar yaşanabilmektedir. Bu nedenlerin bazılarında dolayı vibrasyondan önce belirtiler sıcaklık yükselmesi olarak da ortaya çıkabilmektedir. Her yönde eşit yaşanan bir sürtünme veya yağlama eksikliği kendisini hemen vibrasyon genliği artışı olarak göstermese bile sürtünmenin sonucunda rulman yatağında ısınma olarak ortaya çıkacaktır. Dönmede birden ortaya çıkan yüksek ısınma durumunda rulman rengi değişir. Isı ile ortaya çıkan tahribat çoğaldıkça rulman bilezikleri, bilyalar ve kafes yumuşayarak erir ve deformasyona sebep olur. Durumun tespiti ve erken önlem alınması kestirimci bakım için önemli bir avantaj olduğundan vibrasyon ile birlikte rulman sıcaklığının da ele alınması elzemdir. Rulman yatak sıcaklığı için RTD tipi sensör olan PT100 ile rulman yatak sıcaklığı bilgisi toplanmıştır.

Şekil 4'te ise RTD tipi bu sensördeki iç direnci PLC'nin analog input sinyal modülüne iletmek için motorun rulman yatağında bulunan PT100 termodirenc sıcaklık sensörünün kılıfı ve kablo bağlantı kutusu birlikte görülmektedir.



Şekil 4. Motor rulman yatak sıcaklığı sensörünün metal koruması ve terminal bağlantı kutusu ile sahadaki uygulaması

Sahadan gelen ve bulanık mantık çıkarım sistemince değerlendirmeye tabi tutulacak olan akım, vibrasyon ve sıcaklık verileri; sensörlerden okunup transducerlar ile PLC’de kullanılan standart olan 4-20mA seviyesine dönüştürülerek PLC’nin analog input girişlerine aktarıldıktan sonra yazılım içerisinde bir veritabanında tutulmaktadır. Data Block adındaki veritabanı dosyasında bulunan ve verinin alındığı zamanla ilişkilendirilmiş bu veriler, Siemens’in Scada uygulaması olan WinCC’nin trend takip özellikleri sayesinde görselleştirilerek takip edilmesi ve yorumlanması kolay bir şekilde operatöre sunulmaktadır. Veriler 1Hz örnekleme frekansında eşzamanlı olarak kaydedilmiştir. Şekil 5’te sahadan gelen dört farklı veri için WinCC’de oluşturulmuş trend grafiğini gösterir uygulama penceresi görülmektedir.



Şekil 5. Akım, vibrasyon ve sıcaklıkların trend grafiği

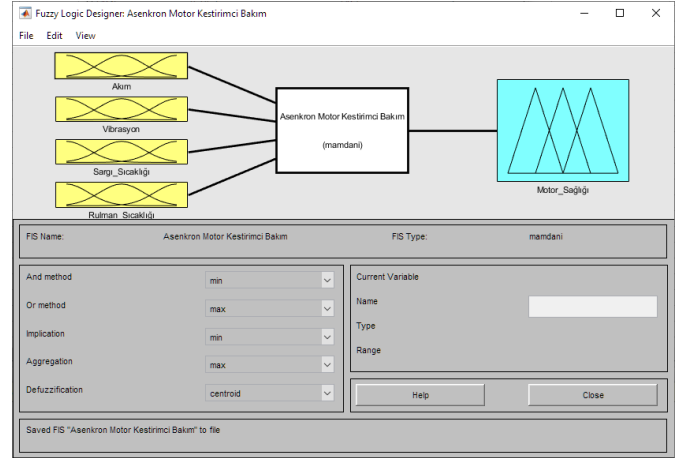
Trend ekranından asenkron motorun vibrasyon, sargı ve rulman sıcaklıkları ile motor stator akımını eş eksenli olan zaman eksenli üzerinde dört farklı renkte belirlenmiş grafik ile takip edebilmekte ve bu grafiğin üzerinden geriye dönük proses verilerini inceleyebilmektedir. Trend grafiğini oluşturan verilerin zamanla ilişkilendirilmiş halde değerlerini dışarıya aktarılması özelliğini kullanarak istenilen aralıktaki veriler Microsoft Excel yazılımı ile okunacak şekilde dışarıya aktarılmıştır.

B. Bulanık Mantık Çıkarım Sistemi

Çıkarım sisteminin örnekleme Matlab yazılımındaki “Fuzzy Logic Toolbox” kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen veriler çıkarım sisteminde test verisi ve üyelik fonksiyonlarının sınırlarının tespitinde kullanılmıştır.

Bulanık mantık çıkarım sistem tasarımında giriş değişkenleri sırasıyla Akım, Vibrasyon, Sargı Sıcaklığı ve

Rulman Sıcaklığıdır. Mamdani çıkarım yöntemi kullanılmış ve çıktı olarak motor sağlığını ve tamlayanı olan kestirimci bakım ihtiyacını gösteren 0-100 arası değer belirlenmiştir.



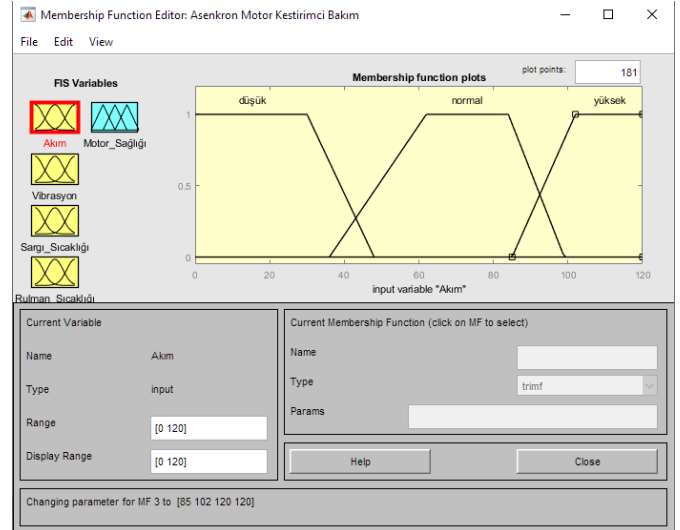
Şekil 6. Bulanık mantık çıkarım sisteminin (fis) tasarımı

Akım parametresinin üyelik fonksiyonu sınırları; asenkron motorun etiketinde yer alan nominal akım değeri ve asenkron motorun stator akımı dengeli çalışma halindeyken sahadan ölçüm yapılarak elde edilmiştir. Şekil 7’de görüldüğü üzere düşük, normal ve yüksek olmak üzere üç ayrı üyelik fonksiyonu belirlenmiştir.

Düşük = [0 0 30 48]

Normal = [36 62 84 99]

Yüksek = [85 102 120 120]



Şekil 7. Akım değişkeni için bulanık mantık üyelik fonksiyonu

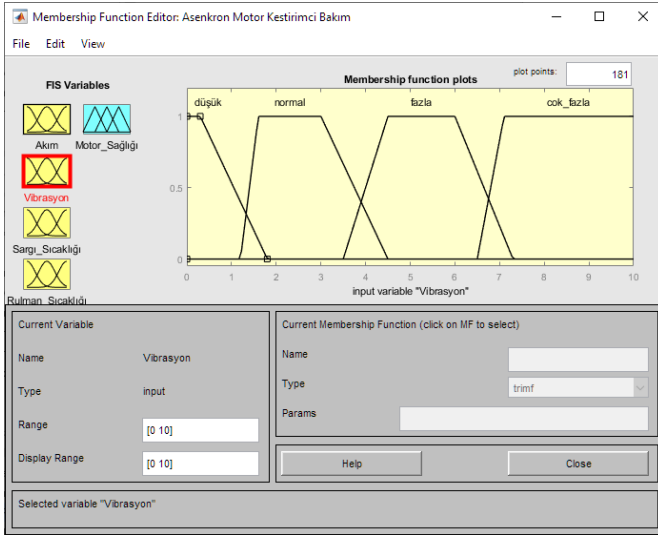
Vibrasyon parametresinin üyelik fonksiyonu değerleri ise ISO10816-3 titreşim şiddeti değerlendirme normu ve motor dengeli çalışma halindeyken yapılan ölçümlerle elde edilen değerler baz alınarak belirlenmiştir. Şekil 8’de görüldüğü üzere çok düşük, iyi, yüksek ve çok yüksek olmak üzere dört ayrı üyelik fonksiyonu belirlenmiştir.

Çok düşük = [0 0 0.3 1.8]

İyi = [1.2 1.6 3 4.5]

Yüksek = [3.5 4.5 6 7.3]

Çok yüksek = [6.5 7.1 10 10]

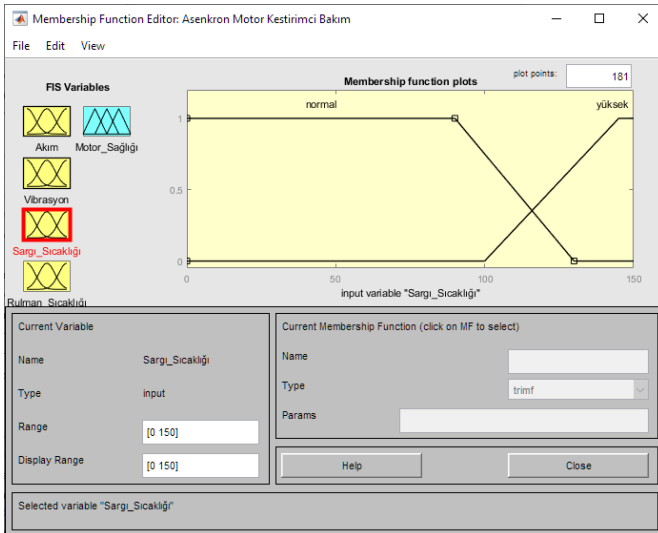


Şekil 8. Vibrasyon değişkeni için bulanık mantık üyelik fonksiyonu

Motor stator sargı sıcaklıklarının değerlendirileceği üyelik fonksiyonun değerleri ise motor etiketindeki F sınıfının karşılığı olacak şekilde elektrik yalıtım malzemelerinin ısı sınıfları açısından farkının ortaya konulduğu ve yalıtım malzemeleri ile yalıtım sistemlerinin ısı dayanımını açıklayan TS EN 60085 standartlarına göre belirlenmiştir. Şekil 9'da görüldüğü üzere normal ve yüksek olmak üzere iki ayrı trapez şeklindeki üyelik fonksiyonu belirlenmiştir.

Normal = [0 0 90 130]

Yüksek = [100 145 150 150]

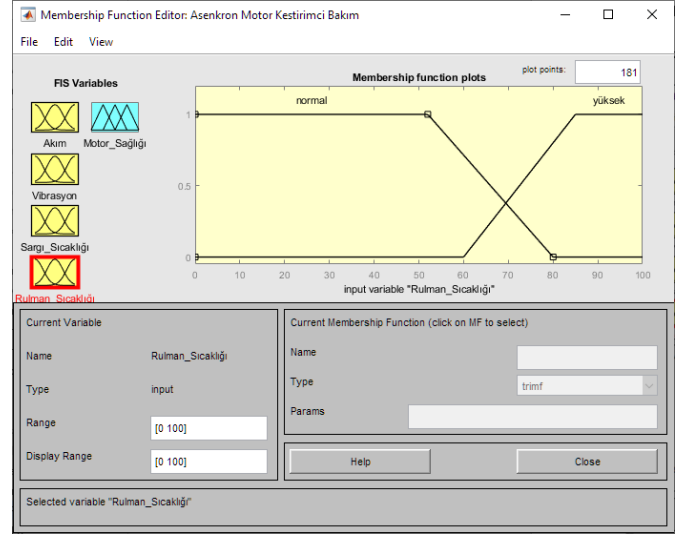


Şekil 9. Stator sargı sıcaklığı değişkeni için bulanık mantık üyelik fonksiyonu

Motorun rulman yatağından alınan, vibrasyona sebebiyet vermeyen ama ısı olarak ortaya çıkıp rulman yatak sıcaklığının artmasına sebep olan, rulman dış bileziğinden veya yatak dış yüzeyinin ölçümü ile elde edilebilen bu sıcaklık çoğunlukla rulmanın çalışmaya başlamasından bir süre sonra sabit duruma seviyesine varana kadar yükselir. Bu sıcaklık bilgisinin değerlendirileceği çıkarım sistemindeki üyelik fonksiyonu parametrelerinin belirlenmesinde yeni değişmiş rulman ile proseste çalışan motorun normal yağlama durumundaki sabit durum sıcaklığı ve dengeli çalışan sistemden alınan veriler baz alınmıştır. Şekil 10'da görüldüğü üzere Normal ve yüksek olmak üzere iki ayrı trapez şeklinde üyelik fonksiyonu belirlenmiştir.

Normal = [0 0 52 80]

Yüksek = [60 85 100 100]



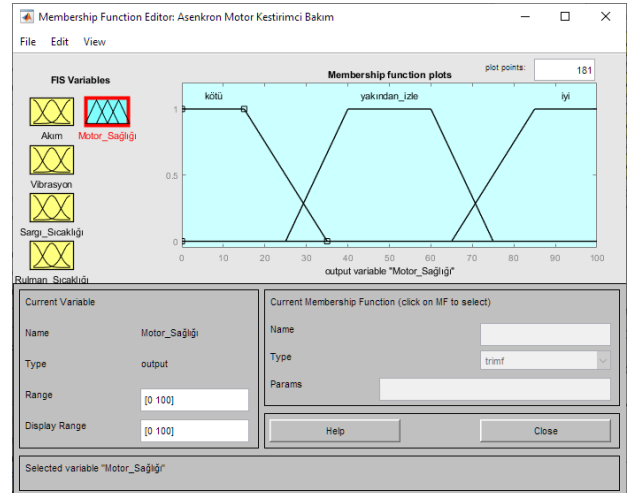
Şekil 10. Rulman yatağı sıcaklığı değişkeni için bulanık mantık üyelik fonksiyonu

BM çıkarım sistemi; girişlerinden elde edilen verilerle çıkarım sisteminin kuralları doğrultusunda belirlenen ve artan değer yönünde motor sağlığı göstergesini, azalan değer yönünde ise bakım ihtiyacını belirleyecek şekilde %0-100 aralığında belirlenmiş üyelik fonksiyonlarından oluşmaktadır. Şekil 11'de görüldüğü üzere kötü, yakından izle, iyi olarak üç ayrı üyelik fonksiyonu belirlenmiştir. Şekil 11'de görüldüğü üzere üçü de trapez şeklinde yaklaşık eşit dağılımlı olarak belirlenmiştir. Parametreleri aşağıdaki gibi girilmiştir.

Kötü = [0 0 15 35]

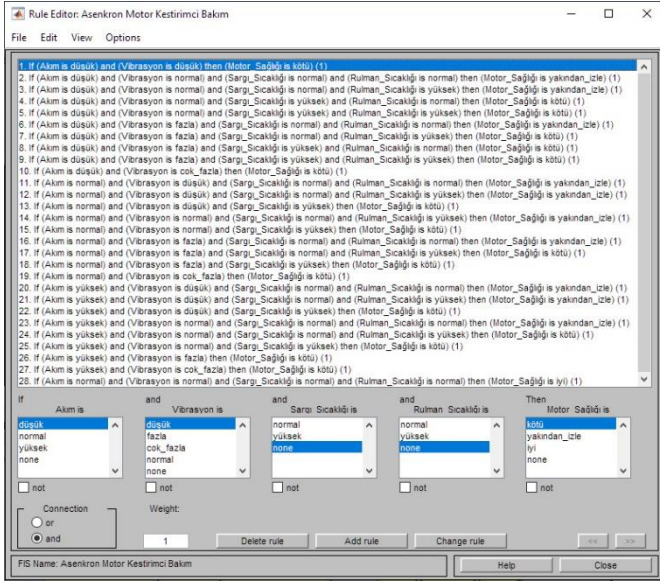
Yakından İzle = [25 40 60 75]

İyi = [65 85 100 100]



Şekil 11. Motor sağlığı ve kestirimci bakım ihtiyacını gösteren çıkış değişkeni için üyelik fonksiyonu

Belirlenen kurallar, çalışılan sistemle ilgili isabetli ve doğru bilgilerin yorumlanmasıyla tekrar düzenlenebilir. Bu bağlamda hangi değişkenler ne değerleri aldığı motorun sağlığı hakkında nasıl bir değişiklik yapabileceği kurallara dökülmüştür. Bu kurallar ile belirlenen durumlar gerçekleştiğinde insan algısına hitap eden ve tasarımı nispeten kolay olan Mamdani çıkarım yöntemi kullanılarak sonuç üretilir. Şekil 12'de bulanık mantık çıkarım sistemine ait belirlenmiş kurallar görülmektedir.



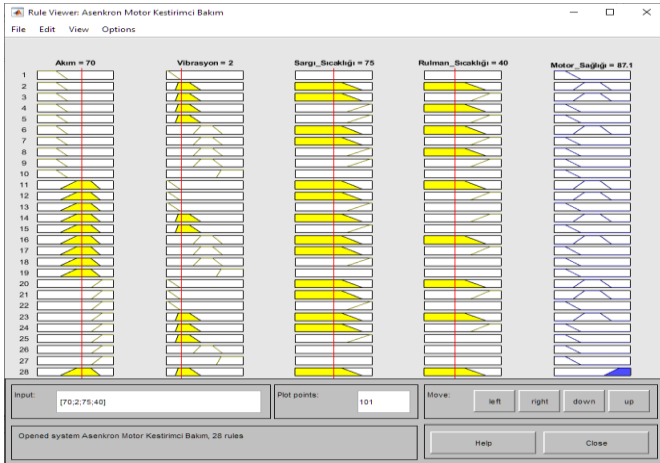
Şekil 12. Bulanık mantık çıkarım sistemi kuralları ekran görüntüsü

III.BULGULAR

Sonuçların kontrol edilebildiği ve giriş değişkenine göre çıkış değişkeninin hangi kurallar üzerinden olduğunu simüle eden Matlab Fuzzy Toolbox'ta bulunan kural görüntüleyici (RuleViewer) Şekil 13'te görülmektedir.

Kural Görüntüleyici, bütün bulanık çıkarım sürecinin bir kerede yorumlanmasına imkân verir. Kural görüntüleyici ayrıca belirli üyelik fonksiyonlarının şeklinin genel sonucu nasıl etkilediğini de görsel olarak sunar. Girilen dört adet giriş değişkenini belirlenen kurallar doğrultusunda değerlendirerek sonucu üretir.

Şekil 13'teki kural görüntüleyici de giriş değişkenleri olan akım, vibrasyon, sargı sıcaklığı ve rulman yatak sıcaklığı için sırasıyla [70;2;75;40] girilmiş ve çıkarım sisteminin sonucunda motor sağlığı olarak 100 üzerinden 87,1 puan çıktı üretmiştir.

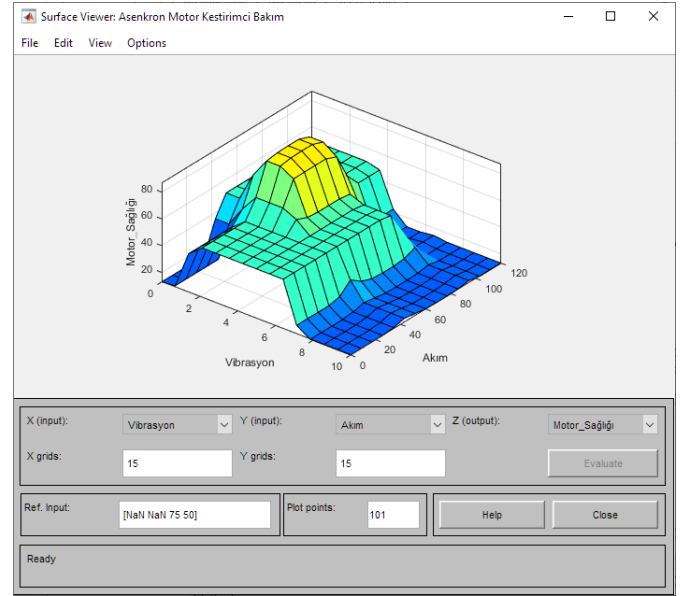


Şekil 13. Kural görüntüleyicide yapılan benzetim ve sonuçları

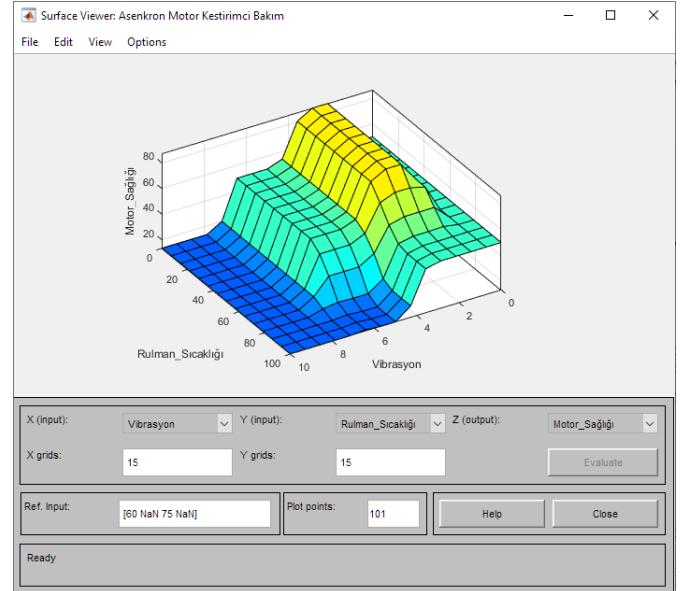
Bulanık mantık çıkarım sistemi ile tasarlanmış sistemin ürettiği sonuçlar üç boyutlu uzayda yüzey görüntüleyici (Surface Viewer) kullanılarak görüntülenebilir. Akım - vibrasyon giriş değişkenlerinin belirlenen kurallar doğrultusunda işlenmesi ile elde edilmiş çıkış değişkeni değerleri ile rulman sıcaklığı - vibrasyon giriş değişkenlerinin konulmuş olan kurallara göre oluşan çıkış değişkenini gösterir

üç boyutlu uzaydaki yüzey görüntüleri sırasıyla Şekil 14'te ve Şekil 15'te görülmektedir.

Bu görsellerde hangi bölgede bakım planı gereksinimi duyulacağı görülmektedir. Sarı bölgeler asenkron motor için sorunsuz çalışma bölgesini, turkuaz bölgeler yakından izleme yapılarak çalışılabilecek girdiler olduğunu, mavi bölge ise acil bakım planlanması gerektiren çok düşük motor sağlığı değerlerini göstermektedir.



Şekil 14. Vibrasyon - akım girişlerine göre çıkış değişkeninin üç boyutlu uzayda yüzey görünümü



Şekil 15. Rulman sıcaklığı - vibrasyon girişlerine göre çıkış değişkeninin üç boyutlu uzayda yüzey görünümü

Bu veri tabanının kaydedilen sahadan alınmış gerçek veriler, çıkarım sistemine girdi olarak verildiğinde giriş değişkenlerinin aldığı değerlere göre asenkron motorun durumunu ortaya koyarak motorun sağlığı için 0 ile 100 arasında bir değer üretmektedir.

Asenkron motorun akım, vibrasyon, yatak sıcaklığı ve rulman yatak sıcaklıkları için sahadan toplanan veriler kullanılarak olası bütün varyasyonları içeren test verisi türetilmiştir. Motorda karşılaşılabilecek bütün durumları simüle etmek için belirlenmiş olan test verileri, bulanık mantık

temelli çıkarım sistemine sokulduğunda sistemin ürettiği çıkış değerleri ve bu değerlerin tanımlamaları Tablo 1'deki gibidir.

Üç boyutlu uzayda sonuçları gösteren “surface viewer” de olduğu gibi sorunsuz çalışma durumu yani “iyi” motor durumu sarı renkle, “yakından izleme” gerektirecek şekilde çıktı üretilen bölümler turkuaz renkle, çok düşük motor sağlığını gösteren ve acil bakım planlaması gerektiren “kötü” değerleri ise mavi renkle işaretlenmiştir.

Tablo 1. Bulanık mantık çıkarım sisteminde giriş değişkenleri ve ürettiği sonuçlara örnekler

Giriş Değişkenleri				Çıkış Değişkeni	
Akım (A)	Vibrasyon (mm/sn)	Sargı Sıc. (°C)	Rulman Sıc. (°C)	Motor Sağlığı (%)	Tanı
30.5	1.15	75.70	50.98	15.17	Kötü
38.65	0.97	80.13	51.04	19.68	Kötü
36.55	2.33	79.68	49.66	50.42	Yak. İzle
41.41	2.51	84.72	50.90	55.76	Yak. İzle
39.32	2.44	85.40	77.33	53.01	Yak. İzle
38.45	2.51	84.84	86.11	50.00	Yak. İzle
40.13	2.43	110	50	44.91	Yak. İzle
38.47	5.50	127.2	41.04	25.09	Kötü
38.87	4.13	105.1	49.78	47.93	Yak. İzle
38.78	4.27	118	48.72	36.64	Yak. İzle
38.70	5.48	85.37	90.11	14.80	Kötü
38.61	6.31	83.29	87.13	14.78	Kötü
57.8	0.79	83.14	50.27	50.00	Yak. İzle
60.48	1.32	92.91	88.88	50.00	Yak. İzle
67.54	2.31	76.15	54.52	85.78	İyi
71.13	2.78	82.13	91.13	50.00	Yak. İzle
75.65	3.26	109.34	67.8	57.40	Yak. İzle
80.55	4.59	86.14	53.17	50.00	Yak. İzle
86.75	5.46	91.31	84.48	13.45	Kötü
89.77	6.11	67.15	52.54	50.00	Yak. İzle
92.3	6.75	81.13	95.23	15.21	Kötü
93.7	7.12	75.55	47.11	25.96	Kötü
87.3	7.73	88.45	45.45	13.57	Kötü
94.65	1.30	74.13	55.39	61.53	Yak. İzle
95.04	1.71	75.55	97.25	35.13	Yak. İzle
97.22	2.23	95.45	51.33	58.39	Yak. İzle
98.14	3.52	92.34	94.55	26.45	Kötü
99.25	4.46	80.13	51.04	24.25	Kötü
99.62	5.10	79.68	49.66	21.46	Kötü
101.1	7.13	84.72	50.9	16.27	Kötü
117.50	8.55	85.4	77.33	12.90	Kötü
51.81	3.63	100.11	54.5	71.47	İyi
77.33	3.76	83.45	60.76	67.54	Yak. İzle
81.12	4.213	64.85	42.74	55.75	Yak. İzle
91.67	2.86	105.74	46.98	67.57	Yak. İzle

IV. TARTIŞMA

Sadece motor stator akımları veya vibrasyon analizi ile bulanık mantık temelli çıkarım yapan sistem tasarımları literatürde mevcut. Sahadan gelen akım ve vibrasyon bilgilerini içeren analog verinin hangi aralığa girdiğini belirleyip bu veriyi anlamlandırmak amaçlı yapılan çalışmalar bu çalışmada bir araya getirilmiştir. Üzerine stator sargısı ve

rulman yatağı için termal açıdan da analiz yapılabilecek şekilde sıcaklıklar da çıkarım sistemine giriş değişkeni olarak eklenmiştir. Dört giriş değişkeniyle kurulan bulanık mantık temelli çıkarım sistemi sayesinde asenkron motorun sağlığının belirlenmesi ve bu doğrultuda yaşanması muhtemel bir arızanın öncesinde bakım ihtiyacının belirlenmesi sağlanmış olmaktadır.

Çıkarım sisteminin tasarımı veya uygulamanın yapılması sırasında matematiksel bir modele ihtiyaç duyulmadan gerçek saha verileri toplanarak yapılmıştır. Her bir giriş değişkeni verisinin sabit sınır değerleri ile değil bulanık mantığın her iki grubun sınırına ne derece yakın olduğuna bakarak bu dört verinin de analizinin daha gerçekçi yapılmasını sağlamıştır.

V. SONUÇ

Endüstride; üretimin sürekliliğinin sağlanması, plansız duruşların en düşük seviyede tutulması hatta hiç olmaması ve ekipmanların üretim sürekliliğinin artırılması için gerekli olan bakım prosedürlerinin gerçekleşmesinde harcanan maliyetlerinin düşüklüğü önem arz etmektedir. Bu bağlamda yapılmış literatürdeki çalışmalarda asenkron motorların; akım analizi, vibrasyon analizi gibi yöntemlerle arıza öncesi motorun arızasının ne olduğunun tespiti ve bu minvalde erken uyarı üzerine kuruludur.

Bu çalışmada bulanık mantık temelli olarak uygulanan çıkarım sisteminde ise sistem operatörlerinin halihazırda çalışan sistemin verilerini takip ettiği Scada HMI sistemlerinde gözden kaçırdıkları, takip etmedikleri, aradaki küçük değişimleri fark etmediği proses verilerinin, araya insan faktörü girmeden insanın muhakemesine en yakın kabul edilen bulanık mantık ile değerlendirilmiştir. Çalışan sistemdeki sensörlerden alınan bilgilerin ortaya koyduğu göstergeler sistemin arızaya geçme ve arızadan dolayı duruşa sebebiyet verme yolunda olduğu hakkında ipuçları verecektir. Asenkron motordan veya tahrik ettiği sistemden kaynaklı olası arızayı vermeden önce fark edilmesi sistemin en önemli özelliğidir.

Arıza içeriğinden ziyade, arızanın yaşanıp yaşanmayacağı ile alakalı bir çıkarım sistemidir. Endüstriyel üretim yapan işletmeler ilk etapta toplam ekipman etkinliğini artırmayı amaçlar. Plansız duruşların önüne geçmek ister dolayısıyla motordaki arızanın içeriğinden ziyade arızanın gerçekleşme ihtimali daha önemlidir. Uygulanan bulanık mantık temelli çıkarım sisteminde giriş değişkenlerinden yola çıkarak motorun sağlığı ile ilgili üretilen çıktıdan bakım ihtiyacı belirlenebilmektedir. Kestirimci bakım sayesinde olası arıza gerçekleşmeden önlem alabilmenin ve bununla birlikte üretim kaybı ve bakım maliyetinin düşmesi sağlanabilecektir.

Bulanık mantık temelli çıkarım sistemi tarafından bakım ihtiyacı gerektirdiği tespit edilen yani motor sağlığının düşük çıktığı durumlarda ilk fırsata yapılan planlama ile bakım ihtiyacının büyüklüğüne göre ya bakım yapıp geri devreye alarak ya da motorun hazır bakımlı yedeği ile değiştirilmesi sonucu üretime hızlıca devam edilmesi sağlanmış olacaktır.

Gelecek çalışmalarda bir bulanık mantık denetleyicisi tasarlanarak sistemden alınan veriler canlı olarak değerlendirilip endüstriyel anlamda da kullanılabilir hale getirilebilir. Asenkron motorun stator akımı verileri üç faz olarak değerlendirilip fazlar arasındaki akım farkları sisteme giriş değişkeni olarak eklenebilir. Bu sayede motor stator akımlarının arasındaki farktan kaynaklı arızaların da duruşa sebebiyet vermemesi için çıkarım sistemine dahil edilmiş olur.

KAYNAKLAR

- [1] Ferraris G., Alternatif akımla elektromanyetik rotasyon, *Electrician*, cilt 36, pp. 360-75, 1885.
- [2] Boldea I., *The Induction Machine Hand Book*, New York: CRC Press, 2002.
- [3] Mete M., Bakım Yönetiminde Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme Modeli, *İstanbul Üniversitesi FBE*, p. 1, 2007.
- [4] Zadeh L. A., Fuzzy sets, *Information and control.*, cilt 3, no. 8, pp. 338-353, 1965.
- [5] Yılmaz E. ve Aslan T., Bulanık Mantık Yöntemi ile Belirsizlik Şartlarında Faaliyet-Hacim Kar Analizi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 2018.
- [6] Agyare O.R., Asiedu A.B. and Biney A.R., Fuzzy Logic Based Condition Monitoring of a 3-Phase Induction Motor,» *IEEE Africon*, Accra, Ghana, 2019.
- [7] Pharne S. and Patil A., Fault Diagnosis of Motor using Fuzzy Logic Technique, *International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing*, 2017.
- [8] Tabak A. ve Özkaymak M., Elektrik Motorlarında Uygulanan Bakım Yöntemlerinin İncelenmesi, *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 8, no. 4, pp. 889-905, 2020.
- [9] Mitrofani A., Emiris M. and Koulouriotis E., An Industrial Maintenance Decision Support System based on Fuzzy Inference to Optimize Scope Definition, *30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, Athens, Greece, 2020.
- [10] Mohan S, Kumar M, Harikrishna K and Sridhar P. Study of Protection, Fault and Condition Monitoring of Induction Motor, *Soft Computing Techniques and Applications* pp 121–130, 2020
- [11] Drakaki M.,Karnavas y., Tzionas P. And Chasiotis I. Recent Developments Towards Industry 4.0 Oriented Predictive Maintenance in Induction Motors, *International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing*, *Procedia Computer Science*, 2021
- [12] Iskra, Measuring Transducer, Multifunction Transducer MT440, 2018. [Çevrimiçi] Available: https://www.iskra.eu/f/docs/96777/MT_440_technical_documentation.pdf. [Erişim: 18 07 2022].
- [13] Hansford Sensors, HS-420 Accelerometer, 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.hansfordsensors.com/wp-content/uploads/datasheets/TS029.pdf>. [Erişim: 18 07 2022].

The Effect of Engraving Depth and Silicon Geometry on Pad Printing Efficiency

Buse DASDEMİR^{1*}, Burak KUKCU², Aycan ANIL³, Ugur BUYUK⁴, Ali Serdar VANLI⁵, Anil AKDOGAN⁶

^{1*}Mesan Kilit A.S, Silivri, Istanbul, Turkey (busedasdemi@essentra.com) (ORCID: 0000-0002-4648-7518)

²Mesan Kilit A.S, Silivri, Istanbul, Turkey (burakkukcu@essentra.com) (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

³Mesan Kilit A.S, Silivri, Istanbul, Turkey (aycananil@essentra.com) (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

⁴Mesan Kilit A.S, Silivri, Istanbul, Turkey (ugurbuyuk@essentra.com) (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

⁵Department of Mechanical Eng., Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey (svanli@yildiz.edu.tr) (ORCID: 0000-0003-0318-8873)

⁶Department of Mechanical Eng., Yıldız Technical University, Istanbul, Turkey (nomak@yildiz.edu.tr) (ORCID: 0000-0003-0318-8873)

Abstract – The fast-growing printing technologies play a significant role in increasing promotional and advertising activities in the manufacturing industry. Among these technologies, pad printing is a method in which the drawn image is transferred to the object directly. This method can be used in all other sectors in terms of permanence, production speed, and ease of use. To perform the pad printing process with a zero-defect policy, parameter optimization is vital. To obtain the desired efficiency, the main parameters affecting pad printing need to be enhanced and applied during the whole process such as engraving depth and silicon geometry. This work aims to observe the effects of the engraving depth and silicone geometry printing parameters on pad printing quality. With the optimized settings, the durability of the printing has been increased, the printing time performance has been improved and the error-free printing goal has been succeeded. The alterations made in engraving depth and silicone geometry were examined and the maximum printing efficiency and productivity are reached in our pad printing process.

Keywords – Pad Printing, Engraving Depth, Silicon Geometry, Efficiency, Optimization

I. INTRODUCTION

Printing techniques; requested colour, text, picture, shape, logo, etc. It is the name given to the whole of the methods used to print materials on any object. A variety of printing methods are used in many industries such as marketing and advertising, hobby products, photography, printing, and publishing.

The most commonly used printing techniques among these activities are offset printing, flexo printing, screen printing, intaglio printing, UV digital printing, and pad printing. Offset, Flexo, and Gravure printing in the printing industry; Screen printing in the textile industry; UV digital printing is used in the marketing and advertising industries.

Pad printing, which is one of these methods, is on small, large, curved, flat, and complex parts; It is frequently preferred in industries due to its ability to print on all kinds of materials such as metal, plastic, silicon, as well as short preparation times for the process and fast printing application times. In addition, its efficiency is higher than other printing types due to minimal faulty printing.

Pad printing: It is a printing technique made by using a cliché, printing pad, and printing ink. The piece called cliché is a sheet metal material. The pattern desired to be printed on the cliché is processed by carving or embossing on the metal sheet plate, thanks to the necessary equipment. After the paint in the paint reservoir on the cliché is transferred onto the cliché, the print pad transfers the pattern onto the product. As a result of this process, which must be repeated more than once for some surfaces, the part is pressed [1].

Frequently preferred in industries, it is important to use the pad printing method most efficiently. We use cycle time and print quantity parameters to measure efficiency in pad printing. Completing the printing in a single cycle instead of completing the printing on a part in 4 cycles will reduce the cycle time, increase the production quantity, and increase the efficiency of the process. The desired efficiency can be achieved by making changes in the factors affecting the efficiency of pad printing [2]. There are 2 main factors that affect efficiency:

- Cliché engraving depth
- Geometry of the Printing Pad

Engineers must optimize both factors taking into account the characteristics of the part to be printed and the desired motif.

Depending on the structure of the pattern to be embroidered on the product, if the cliché engraving depth parameter is increased or decreased in microns, the cycle time can be reduced as a positive result, or the pattern may be printed incorrectly as a negative result [3].

If the printing pad geometry parameter is not selected according to the product to be printed, the cycle time may increase, and the pattern may be formed incorrectly or not at all [3].

In this article, the barrel product, which is the most used in the industrial lock sector, produced with Zamak-5 raw material and has a complex geometry, is discussed. Since the housing product is used both indoors and outdoors, the process performed in pad printing is important because it also appeals to the visual. In this study, the effect of changing the parameters affecting the pad printing on the sleeve on the print quality and productivity was investigated.

II. FACTORS AFFECTING EFFICIENCY IN PAD PRINTING

II.I. GEOMETRY OF PRINT PAD (SILICONE GEOMETRY)

It is a pad printing element that transfers the desired pattern to the surface to be printed by absorbing the ink in the cavity on the cliché. One of the factors affecting the quality of the pattern on the product is this printing element.

In order to obtain high efficiency and quality in pad printing, the transfer between the cliché and the product must be trouble-free. For this reason, a silicone suitable for the desired pattern should be selected for the product and product to be printed. For example, it would be appropriate to use a round pad for a product with oval surfaces, and a print pad with a square structure for a product with a square surface.

For many years, gelatine, which is obtained by boiling the protein in the collagen substance found in animal bone and muscle connections, has been used as a silicone material for many years and is still used by ceramic, tile, watch manufacturers, etc. continues to be used in industries such as Today, quartz is used, which is obtained by placing organic groups instead of silicon molecules bonded to two oxygen atoms. This quartz structure is flexible and maintains its flexibility even at high temperatures. They do not react with water, do not decompose, and are waterproof. It does not insulate electricity and has high chemical resistance.

Although they are flexible, their hardness values should also be considered. While hardness values affect the lifetime of the silicone, it is also one of the factors that determine the quality of the work. When the hardness of the silicone pad increases, the desired pattern on the product becomes more visible. Silicone manufacturers determine their hardness according to Shore A (DIN53505) standards [4]. According to the structure of the silicone pad, 0 to 10 Shore A is selected so as not to damage the product to be printed.

Hardness ↑ Silicone ↑ Lifetime Quality ↑

One of the most important factors affecting pad printing is silicon geometry. Although they all seem like curved geometry, the angles given from the center to the tip change according to the shape of the printed product. For example, if silicone is to be selected for a piece with a pointed inward groove, it would be appropriate to choose a more right-angled silicone. (Fig.1) For products with softer curves and not a pointed inner cavity, silicone with a low apex angle should be chosen. (Fig.1).



Fig.1. Pointed Silicone - Non-pointed Silicone [5]

Silicone size should also be 20%-40% larger than the printed product [6]. When this size is smaller than the printed product, the desired pattern may not be transferred in the full image, and when this size is large, there may be overflows in the desired pattern.

The most used silicon geometries are they are round-shaped, corner-shaped, and fishbelly-shaped silicones.

II.I.I. Round Geometry Silicones: Silicones with round geometry are one of the most used types. These silicones make the rolling movement on the product more comfortable than silicones in other geometries. The spreading movement of the ink on the product occurs evenly. The desired pattern can be transferred to the product at once and clearly [7].

II.I.II Rectangular Geometry Silicones: Square, rectangular, etc. may be in the form of They have a concavity in their centers so that they can make the rounding movement on the product [7].

II.I.III Fishbelly Silicones: It is one of the varieties that show similar features to the rectangular geometry but form a narrower type of surface that needs to be pressed. There is a concavity in the middle area so that they can make the rounding movement on the product [7].



Fig.2. Fishbelly Silicone - Rectangular Geometry Silicone - Round Geometry Silicone [5]

II.I.IV Special Geometry Silicones: Buffers in this geometry are generally used in products with complex geometry to be patterned. More than one silicon can be mounted together. Their cost is higher than silicones in other geometries.

As a result, to have an efficient production in pad printing.

- Round or conical silicones should be selected [6].
- It should be noted that it is wide-angle [6].
- The pattern should be 20%-40% larger than the size of the transferred product [6].

II.II. Engraving Depth

The cliché is one of the elements of pad printing machines. Clichés produced from emulsion-coated steel material are specially produced for each pattern to be printed. Generally, 3 types of clichés are used: thin steel clichés, Polymer Clichés, and Cylindrical Steel Clichés. Thin steel clichés, which we examined in our article, are very durable and provide the opportunity to print for a long time, so they are frequently preferred clichés.

To use thin steel clichés in printing; writing, shapes, and patterns should be processed by creating a hole on the plate. Abrasive chemicals are used while carving patterns on the plate. The printing life of Thin Steel Plates is between 100,000 and 250,000 cycles in closed chamber machines, and between 50,000-70,000 cycles in open chamber machines. Thickness dimensions of standard thin steel clichés vary between 0.30-0.50 mm [8].



Fig.3. Cliché

In pad printing machines, 2 different systems are used for ink absorption and printing. These are the open ink tank and the closed ink tank, which we mentioned above. In the open ink tank, the top of the ink tank is open. A pressure element called a “Doctor Blade” smears the paint from the reservoir and fills the cavity inside the cliché. In the covered ink chamber, the ink in a closed sliding chamber comes over the cliché and fills the ink into the cavity of the cliché, then while returning to its original position, it scrapes the excess paint and takes it back into the chamber. Closed chamber machines, which are also the method we will use in our article, can be used for longer periods with 100% efficiency due to the fact that the paint does not dry. In addition, it offers an ergonomic use as it does not spread the smell of paint around it.

Printing pads absorb the paint from these cavities on the cliché and print on the product. For this reason, the cliché’s engraving depth changes the amount of ink and causes a change in the quality of the print. Mostly, the engraving depth of thin steel clichés varies between 20-40 microns [8]. Unnecessarily deep cavities may cause the ink to disperse on the product to be printed, while poor quality printing results in cases where the cliché cavities are low. For this reason, it is vital for the pad printing process to determine and apply the optimum engraving depth of cliché.

III. CASE STUDY

In this study, pad printing on the sleeve product used in the lock sector is discussed. By changing the silicone geometry and engraving depth parameters, the change of pressure on the product and its effect on yield were investigated.

To examine the effect of silicon geometry, 3 different types of silicone were used. The photos of the silicone geometries are as follows.



Fig.4. Fishbelly Silicone - Rectangular Silicone - Round Silicone

In order to examine the effect of cliché engraving depth, 3 different cliché types were used. The difference between these clichés is the hollow depth measurements. Cliché engraving depth micron values are 3 pieces: 28-30 μ , 30-32 μ , and 36-38 μ .



Fig.5. 28-30 μ , 30-32 μ , and 36-38 μ . Cliché

While examining the print qualities in the experiments, it was taken into account that a visually uninterrupted pattern was printed. A witness sample was used for visual control (Fig.6). It was reported as a result of the experiments that how many prints should be made until the print quality on the witness sample is uninterrupted and in the desired colour. In our experiments, a red circular pattern was printed on the housing product (Fig.6). By dividing the printed housing

surface into 4 regions, the print quality in each region was examined one by one. These regions are named as A region, B region, C region, and D region (Fig.6).

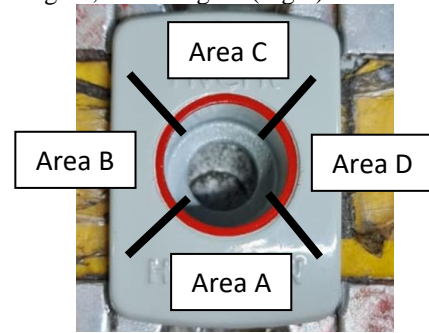


Fig.6. Witness Sample

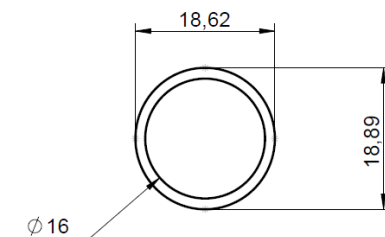


Fig.7. Pattern printed on the witness sample and its dimensions

III.1 Experiment

Three different types of silicone were used in the experiments with the cliché at 28-30 micron degrees.

III.1.1 Case of using Fishbelly Print Pad: In the first printing, ink was transferred only to regions A and C on the product surface, and it was seen that the ink could not be transferred in regions B and D. It was seen that the print coverage was insufficient, and the paint colour tone was not suitable. In the 2nd printing, it was seen that the paint coverage was insufficient in the A and C regions on the product surface, and the paint was transferred this time in the B and D regions, but the print coverage was insufficient. Appropriate colour tone not seen. In the 3rd printing, it was seen that the ink overflowed beyond the A and C regions of the product surface area, the print coverage was high, and the colour tone was appropriate. It was seen that the print coverage was insufficient, and the colour tone was not suitable for the B and D regions. In the 4th printing, it was seen that the ink overflowed beyond the A and C regions of the product surface area, the print coverage was high, and the colour tone was appropriate.

III.1.1.II Rectangular Print Pad: In the trials made with the cliché at 28-30 micron degrees, it was observed that the pattern was transferred to all parts of the product surface in the 1st printing, and it was observed that the print coverage was insufficient and the paint colour tone was not suitable. In the second printing, it was observed that the paint coverage on the product surface was still insufficient, and the colour tone was not suitable. 3. It has been observed that the paint coverage is insufficient on the paint product surface, but the colour tone is appropriate. 4. In printing, the paint coverage is sufficient, and the colour tone is appropriate on the paint product surface.

III.1.1.III. Round Print Pad: In the trials made with the cliché at 28-30 micron degrees, it was observed that the pattern was transferred to all parts of the product surface in the 1st printing,

and it was observed that the print coverage was insufficient and the paint colour tone was not suitable. In the second printing, it was observed that the paint coverage on the product surface was still insufficient, and the colour tone was not suitable. 3. It has been observed that the paint coverage is insufficient on the paint product surface, but the colour tone is appropriate.4. In printing, the paint coverage is sufficient, and the colour tone is appropriate on the paint product surface.

III.II Experiment

In experiments with clichés with an engraving depth of 30-32 microns, pressure pads with fishbelly, rectangular, and round geometries were used, and it was observed that the same results were obtained with 28-30 micron experiments.

III.III Experiment

III.III.I Fishbelly Print Pad: In the experiments made with the cliché at 36-38 micron degrees, it was observed that the paint was transferred to the product surface in the 1st printing, but the print coverage was insufficient in all regions. In addition, it was observed that the paint colour tone was appropriate. In the 2nd printing, it was observed that the paint coverage was insufficient in the B and D regions on the product surface, but there was overflow in the A and C regions. In the 3rd printing, it was observed that the overflow area of the paint product surface area increased in the A and C regions, the print coverage was high, and the colour tone was appropriate, while the print coverage was sufficient, and the colour tone was appropriate in the B and D regions.

III.III.II Rectangular Print Pad: In the experiments made with the cliché at 36-38 micron degrees, it was observed that the pattern was successfully transferred to the product surface in the 1st printing, and the print coverage was sufficient. The colour tone of the paint is suitable. With a single print, the same quality of the print was obtained as the witness sample.

III.III Round Print Pad: In the experiments made with the cliché at 36-38 micron degrees, it was observed that the pattern was transferred to all surfaces of the product in the 1st printing, but the printing covering was insufficient. The paint colour tone is not suitable. In the second printing, it was observed that the paint coverage on the product surface was still insufficient, and the colour tone was not suitable. 3. It has been observed that the paint coverage is sufficient, and the colour tone is appropriate on the paint product surface in printing.

IV.RESULTS

The increase in efficiency is inversely proportional to the number of repetitions. As the number of repetitions increases, the efficiency decreases, and as the number of repetitions decreases, the efficiency increases. If we compare the yields with the number of repetitions above;



Fig.8. Proper printing Sample-improper printing sample

	Fishbelly Silicone	Rectangular Silicone	Round Silicone
28-30 Micron Depth Cliché	4 Repetitions	4 Repetitions	4 Repetitions
30-32 Micron Depth Cliché	4 Repetitions	4 Repetitions	4 Repetitions
36-38 Micron Depth Cliché	3 Repetitions	1 repetition	3 Repetitions

Table.1 Print Pad Repetitions

	Fishbelly Silicone	Rectangular Silicone	Round Silicone
28-30 Micron Depth Cliché	0%	0%	0%
30-32 Micron Depth Cliché	0%	0%	0%
36-38 Micron Depth Cliché	33.33%	100%	33.33%

Table.2 The Effect of Pad Printing Parameters on Yield

V. DISCUSSION

The study aims to examine the effect of engraving depth and pad geometry parameters on printing efficiency in pad printing machines. The criterion is based on print quality; the pattern desired to be printed is in the appropriate color tone, uninterrupted, and covers the entire printed surface. For this reason, the Witness sample was used for comparison and the number of pressures required for each input of the experiment was noted by making observations.

VI.CONCLUSION

Although multiple prints made with rectangular pad and round pad give the same quality results, the Fishbelly Pad does not give a quality print no matter how much the number of prints is increased. This is because the Fishbelly pad is not suitable for circular printing due to its geometry. In the prints taken with the fishbelly pad, overflows occur in some areas on the surface to be printed.

As a result, it was determined that the most suitable buffer geometry to be used for the housing product we used in the experiment was a rectangular buffer and a cliché with an engraving depth of 36-38 microns.

REFERENCES

- [1] John Kaverman, Trent Pepicelli, *Modern Pad Printing*, 2016
- [2] Milli Eğitim Bakanlığı, *Tampon Baskı Sorunları* , Ankara, 2011
- [3] Julian Joffe, *Curing Common Mistakes in Pad Printing*, October, 2009
- [4] (DIN53505) Shore A and Shore D Hardness Testing of Rubber standards,2000
- [5] <https://www.tri.com.tr/>
- [6] Emel Birol, *Tampon Baskı Sisteminde Kaliteye Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi*, Marmara University, İstanbul, 2015
- [7] Peter Kiddell, Carol Burnside, *Understanding the Pad in Pad Printing*, May, 1995
- [8] Milli Eğitim Bakanlığı, *Metal Klişe*, Ankara, 2011

Ensuring IoT Privacy using Padding Strategies against Machine Learning Approaches

Ahmet Emre ERGÜN^{1*}, Özgü CAN²

^{1*}Computer Engineering/Faculty of Engineering, Architecture and Design, Bartın University, Bartın, Turkey (aergun@bartin.edu.tr)
(ORCID: 0000-0002-3025-5640)

²Computer Engineering /Faculty of Engineering, Ege University, İzmir, Turkey (ozgu.can@ege.edu.tr) (ORCID: 0000-0002-8064-2905)

Abstract – The widespread usage of Internet of Things (IoT) devices is increasing by the recent advances in embedded systems, cloud computing, artificial intelligence, and wireless communications. Besides, a huge amount of data is transmitted between IoT devices over insecure networks. The transferred data can be sensitive and confidential. On the other hand, these transmitted data may not appear to be sensitive or confidential data. However, machine learning techniques are used on these non-confidential data (such as packet length) to obtain data such as the type of the IoT device. An observer can monitor traffic to infer sensitive data by using machine learning techniques to analyze the generated encrypted traffic. For this purpose, padding can be added to the packets to ensure traffic privacy. This paper presents privacy problems that are caused by the traffic generated during the communication of IoT devices. Also, security and privacy measures that should be taken against the related privacy problems are explained. For this purpose, the current studies are examined by considering the attacker and the defender models.

Keywords – Deep Learning; Internet of Things; Machine Learning; Packet Length; Padding; Traffic Monitoring

Citation: Ergün, A. E., CAN, Ö. (2022). Ensuring IoT Privacy using Padding Strategies against Machine Learning Approaches . International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 193-197.

I. INTRODUCTION

Technology is growing at a rapid rate and the role of technological devices in people's lives is gaining importance day by day. Similarly, the use and importance of Internet is inevitable. The Internet of Things (IoT) has emerged due to the increased usage of Internet and new developments in embedded systems, cloud computing, artificial intelligence and wireless communications. These developments have facilitated users' communication with each other and have brought many innovations. IoT is a term that refers to a network of physical things that have been developed with sensors, software, and other technologies in order to connect and exchange data with other systems and devices over the Internet [1-3]. These devices can be household appliances, personal devices or industrial tools [4,5]. Data transfer between IoT devices over the network is achieved due to the communication of devices with each other by accessing the Internet [6]. In addition to non-sensitive information of users, the transferred data may also contain highly confidential information such as home address and personal activities. While IoT devices provide many benefits to users, they can also create threats to user privacy due to insufficient security [7]. Even if the IoT network traffic is encrypted, the personal data of users can be captured from IoT devices by analyzing the network packets [8]. Thus, data is not transmitted securely and it can be used by third parties. Therefore, various security issues and privacy threats are introduced by IoT devices and network traffic classification. For example, an attacker can see

the content of the data on the network and capture users' activities by using machine learning techniques [9-11].

As IoT devices are widely used in our daily life, they generate significant traffic while they communicate with each other [12,13]. The generated traffic can contain confidential information. Therefore, observers can steal or gather information from the IoT traffic [14]. Even if the traffic is encrypted, the observer can watch the traffic and analyze the packets using their features like sent time and packet length [15-17]. By applying machine learning techniques, an IoT traffic observer can achieve the confidential information about the traffic. Consequently, an observer will have information about IoT devices and the traffic they generate. Thus, this will result in leaks of user data and behavior.

As seen in the literature, it has been observed that by padding the IoT traffic, the attackers are prevented from obtaining IoT user information significantly and the obtained information rate about the device information is being reduced. Moreover, it is important to ensure the balance between privacy and utility. Thus, data privacy is preserved and data can also be used by IoT device users [18, 19]. For this purpose, the minimum amount of noise to be added should be determined to obtain the highest accuracy and utility while ensuring confidentiality [20]. As shown in Figure 1, the padded packet size is created by padding the original packet length.



Figure 1: Padding the original packet length.

Attackers obtain confidential information from IoT devices by using machine learning techniques, and the padding method is applied to ensure privacy on IoT devices. Therefore, the most used methods in classification are Random Forest (RF) and k-Nearest Neighbors (k-NN). In addition, Long Short-Term Memory (LSTM) deep learning method is also used effectively in terms of accuracy rates. On the defense side, various padding methods are used according to the requirements of data and traffic. When choosing the padding method, using optimal padding has importance to ensure the availability of traffic. Consequently, it is essential to develop a padding method to ensure the traffic privacy of each IoT device.

This paper presents privacy problems that are caused by the traffic generated during the communication of Internet of Things (IoT) devices. Also, security and privacy measures that should be taken against the related privacy problems are explained. The structure of the paper is organized as follows. The literature review on padding and IoT traffic classification is presented in Section 2. Section 3 explains the attacker and defender models. Finally, Section 4 concludes the paper.

II. MATERIALS AND METHOD

A. Padding

This paper focuses on providing a better understanding of the balance between data privacy and utility in IoT devices by reviewing the relevant literature published recently. There are strategies based on adding extra bytes to the current packet length based on packet size. These strategies are mice and elephants, linear, exponential, MTU, random, random 255 [21]. In the mice and elephant's strategy, packets smaller than 100 bytes are increased to 100 bytes and others to 1500 bytes [21]. In the linear strategy, the original packet length is increased by 128 or the nearest multiple of the Maximum Transfer Unit (MTU), depending on whichever is less [21]. The exponential method raises the initial length to the next power of two or the MTU, depending on whichever is less [21]. Random 255 determines the number of bytes to insert at random from 1 to 255 bytes [21]. In the MTU strategy, packets have the same length as the MTU, which is usually 1500 bytes [21]. The number of bytes added to packets is chosen at random based on the variation in length from the original and the MTU in the random approach [22]. There are other padding strategies in the literature. Independent Link Padding (ILP) includes modifying transmission rates to adhere to a specified pace or schedule in order to shield an attacker from learning anything about a device's behavior [23]. During user activities, stochastic traffic padding (STP) executes traffic shaping and selectively injects padding traffic at other times [24]. In the Adaptive Packet Padding strategy, the padding rate changes dynamically according to the current packet size and network usage [25]. These strategies are padding mechanisms developed to obfuscate the traffic and packet length. Researchers have been conducting a study on IoT traffic padding for the past decade. The number of studies on IoT traffic padding has been increasing in recent years. As a result

of the investigations most of the studies are based on applying padding to the packet length and based on datasets generated from traffic analyses of IoT devices passing in the network.

B. IoT Traffic Classification

IoT devices can be classified by traffic observers using machine learning techniques. An IoT traffic observer can reach sensitive information about the traffic and devices by observing the traffic. Figure 2 shows an observer who takes packet features of encrypted IoT device traffic as input for the machine learning algorithm. Further, the observer uses them to make a classification of IoT devices and expects to reach a high rate of accessing correct information about device types in the traffic.

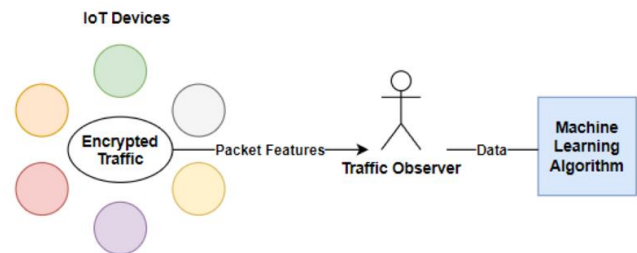


Figure 2: IoT traffic classification workflow.

By using machine learning techniques, various statistics such as pre-padding and post-padding accuracy rates can be compared and the attacker's self-confidence rates can be measured. In [25], the accuracy rate is reduced from 96% to 4,96% for the Random Forest classifier measurement with the padding method. In [26], it is shown that at a granularity of 1 second time windows, the attacker can discriminate time windows containing solely bogus cover packets from windows with real device activity with an accuracy of 81%. They evaluated a variety of machine learning techniques, including Random Forest (RF) and Support Vector Machine (SVM), but the k-NN approach proved to be the most effective in their work. Classification performance of several machines and deep learning algorithms that use six IoT-related datasets is evaluated in [27]. The evaluation results show that the Random Forest algorithm outperforms other techniques. A deep learning method bassequence learningarning, LSTM (Long Short-Term Memory) can also be used to detect IoT devices by sniffing the traffic packets [28]. Their LSTM model can reach 99.2% and 97.7% accuracy on IoT devices in NAPT and VPN configurations, respectively.

III. RESULTS AND DISCUSSION

In this section, IoT attacker and defender models are discussed along with the technologies they use.

A. Attacker Model

In today's technology, IoT technology finds its place in many areas such as household equipment, personal devices or industrial environments [29-31]. In parallel with the increase in the use of IoT devices, researchers have increased their studies in this field. IoT devices, especially used in home environments have a great importance in people's lives. Most of the devices consist of smartphones, sensors, heat meters, smart home appliances, cameras, smoke sensors, blood pressure meters etc. [32-40]. With the use of these devices, many security problems such as privacy issues arise. In the

literature works which focus on padding strategies, it is aimed to increase the confidentiality as a result of the operations performed on the packet size of the data sent by the devices during their communication with each other. At the same time, it is desirable to provide a trade-off between privacy and utility with the minimum amount of padding to be added to maintain transmission performance. Hence, the attacker is imitated with the learning techniques and the learning techniques are applied to the data before and after the padding process. By observing the statistical data such as the accuracy rate used in the learning techniques and the accuracy rates before and after the padding method, it is inferred how beneficial the padding method is in terms of privacy.

The basic idea in implementing the attacker model is based on the ability to learn, for example, from which device this data comes from, with high accuracy rates, by using data characteristics such as packet size, even if the traffic is encrypted. Among the machine learning techniques, techniques such as Random Forest (RF), k-Nearest Neighbors (k-NN), Decision Tree (DT) are the most used in studies. A deep learning method which is Long Short-Term Memory (LSTM), also has significant accuracy results in the literature. Decision Tree algorithm deals with developing decision-making models based on the actual values of data properties [41]. These algorithms work by teaching the system how to classify and predict data [42]. Until a choice is made, the algorithms search the tree structure. The Decision Tree algorithm is used in [43] to identify 33 IoT devices with a high accuracy rate of 98%. Random Forest (RF), as the name suggests, consists of a large number of individual decision trees that work as a community [44,45]. The class with the most votes determines the model's forecast, with each tree in the random forest predicting a different class. An accuracy rate of 92% is reached in [46] by using Random Forest algorithm. k-NN algorithm is a widely used non-parametric classification method [47]. It is employed in the categorization and regression of data. The important feature of any k-NN technique, whether it's for classification or regression, is to locate the k-NN, which let us estimate the value or class for a given point [48]. The vanishing gradient problem is a significant drawback of RNNs [49]. By introducing a continual error flow into the internal states of specific memory cells, LSTM presents a viable solution to this problem [50]. In [51], a deep learning-based LSTM-CNN cascade model is proposed to automatically identify devices. The proposed model outperforms other techniques by achieving 99.7% accuracy.

B. Defender Model

The main goal of the padding strategies is to minimize the accuracy of classifying IoT traffic data with machine learning techniques, while keeping the overhead amount low. Rather than padding each package, it is most convenient and cost-effective to do it adaptively and with the minimum amount of padding required. In this context, it has been observed that the selection of the appropriate padding method depends on the data itself and the traffic density. When the literature on the field of IoT traffic padding was examined, it was seen that the first effective study was done by Liberatore et al. and their claims are substantiated by experiments and their findings are supported by simulations and experiments performed on more than 400,000 traffic streams that they gathered over the course of two months from 2,000 different websites. They looked at

four simulation padding techniques: linear, exponential, mice and elephants, MTU. According to their experiments on naive Bayes classifiers and Jaccard's coefficient, MTU is more effective in accuracy than the other three padding methods they used. In the literature, Independent Link Padding (ILP) is firstly used in [23]. ILP can be used to make anonymity systems more secure against traffic analysis attacks. ILP schemes use a predefined schedule to send the user flow. When there is no user packet in the stream, the anonymity system sends fake packets to fill the connection [52]. Another padding technique in literature is Stochastic Traffic Padding (STP), a traffic shaping algorithm, limits the information provided about user activities through traffic rate metadata by using intermittent traffic pad periods. STP provides an adjustable balance between adversary confidence and bandwidth overhead, allowing adequate privacy protection without significantly degrading network performance or exhausting data caps [24]. An efficient padding technique in another study is Adaptive Packet Padding. Based on software defined networking (SDN), this method modifies the number of extra bytes added to packets in response to variations in home network usage. The suggested method observes the network and gives instructions. This article proposes a padding mechanism through the representative state transfer (REST) interface. By using this method, linked devices can alter the length of their packets [25].

IV. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

IoT devices are necessary to everyday life. However, user information that is captured by IoT devices introduces several privacy risks. Therefore, padding-based mechanisms are used in IoT communication to ensure privacy. This study presents information about the recent studies on padding strategies that are applied to ensure IoT privacy. There are several methods introduced by researchers. The main goal is to keep the utility at the highest possible level while ensuring privacy. The selection of the appropriate padding method has been observed depending on the data itself and the traffic density. It is convenient and cost-effective to apply the minimum amount of padding required to the packages. In this context, the selection of the appropriate padding method has been observed depending on the data itself and the traffic density. In this way, while keeping the accuracy rate of the machine learning methods low in classification, the amount of overhead is kept low.

This paper examines the current IoT padding strategies against machine learning classification techniques for traffic analysis. Traffic analysis is a major threat to data security and personal privacy. In addition to ensure traffic safety, traffic performance is also extremely important. In future research, there is a need to develop a general padding method that can be applied to all IoT packages to ensure that the method can be integrated into all IoT devices by keeping the tradeoff between privacy and utility an optimal level

REFERENCES

- [1] Chegini, H., Naha, R. K., Mahanti, A., & Thulasiraman, P. (2021). Process automation in an IoT-fog-cloud ecosystem: A survey and taxonomy. *IoT*, 2(1), 92-118.
- [2] Benson, K. E., Wang, G., Venkatasubramanian, N., & Kim, Y. J. (2018, April). Ride: A resilient IoT data exchange middleware leveraging SDN and edge cloud resources. In *2018 IEEE/ACM Third International*

- Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI)* (pp. 72-83). IEEE.
- [3] Sinha, B. B., & Dhanalakshmi, R. (2022). Recent advancements and challenges of Internet of Things in smart agriculture: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 126, 169-184
- [4] Saravanan, G., Parkhe, S. S., Thakar, C. M., Kulkarni, V. V., Mishra, H. G., & Gulothungan, G. (2022). Implementation of IoT in production and manufacturing: An Industry 4.0 approach. *Materials Today: Proceedings*, 51, 2427-2430.
- [5] Perez-Camacho, B. N., Rodriguez Gomez, G., Gonzalez-Calleros, J. M., & Martinez-López, F. J. (2022). Methodology for Designing an Electricity Demand System in the Context of IoT Household. *Applied Sciences*, 12(7), 3387.
- [6] Alam, T., & Benaida, M. (2018). CICS: cloud–internet communication security framework for the internet of smart devices. *Tanweer Alam. Mohamed Benaida. " CICS: Cloud–Internet Communication Security Framework for the Internet of Smart Devices.", International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 12(6).
- [7] Hassan, W. H. (2019). Current research on Internet of Things (IoT) security: A survey. *Computer networks*, 148, 283-294.
- [8] Pinheiro, A. J., Bezerra, J. D. M., Burgardt, C. A., & Campelo, D. R. (2019). Identifying IoT devices and events based on packet length from encrypted traffic. *Computer Communications*, 144, 8-17.
- [9] Acar, A., Fereidooni, H., Abera, T., Sikder, A. K., Miettinen, M., Aksu, H., ... & Uluagac, S. (2020, July). Peek-a-boo: I see your smart home activities, even encrypted!. In *Proceedings of the 13th ACM Conference on Security and Privacy in Wireless and Mobile Networks* (pp. 207-218).
- [10] Copos, B., Levitt, K., Bishop, M., & Rowe, J. (2016, May). Is anybody home? inferring activity from smart home network traffic. In *2016 IEEE Security and Privacy Workshops (SPW)* (pp. 245-251). IEEE.
- [11] Zantalis, F., Koulouras, G., Karabetos, S., & Kandris, D. (2019). A review of machine learning and IoT in smart transportation. *Future Internet*, 11(4), 94.
- [12] Gupta, B. B., Chaudhary, P., Chang, X., & Nedjah, N. (2022). Smart defense against distributed Denial of service attack in IoT networks using supervised learning classifiers. *Computers & Electrical Engineering*, 98, 107726.
- [13] Macedo, E. L., Delicato, F. C., de Moraes, L. F., & Fortino, G. (2022). Assigning Trust to Devices in the Context of Consumer IoT Applications. *IEEE Consumer Electronics Magazine*.
- [14] Kim, H., Lee, H., & Lim, H. (2020, February). Performance of packet analysis between observer and wireshark. In *2020 22nd International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)* (pp. 268-271). IEEE.
- [15] Apthorpe, N., Reisman, D., & Feamster, N. (2017). A smart home is no castle: Privacy vulnerabilities of encrypted iot traffic. *arXiv preprint arXiv:1705.06805*.
- [16] Subahi, A., & Theodorakopoulos, G. (2019). Detecting IoT user behavior and sensitive information in encrypted IoT-app traffic. *Sensors*, 19(21), 4777.
- [17] Msadek, N., Soua, R., & Engel, T. (2019, April). Iot device fingerprinting: Machine learning based encrypted traffic analysis. In *2019 IEEE wireless communications and networking conference (WCNC)* (pp. 1-8). IEEE.
- [18] Geng, Q., Ding, W., Guo, R., & Kumar, S. (2018). Privacy and utility tradeoff in approximate differential privacy. *arXiv preprint arXiv:1810.00877*.
- [19] Xu, L., Jiang, C., Chen, Y., Ren, Y., & Liu, K. R. (2015). Privacy or utility in data collection? A contract theoretic approach. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 9(7), 1256-1269.
- [20] Frustaci, M., Pace, P., & Aloï, G. (2017, September). Securing the IoT world: Issues and perspectives. In *2017 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN)* (pp. 246-251). IEEE.
- [21] Dyer, K. P., Coull, S. E., Ristenpart, T., & Shrimpton, T. (2012, May). Peek-a-boo, i still see you: Why efficient traffic analysis countermeasures fail. In *2012 IEEE symposium on security and privacy* (pp. 332-346). IEEE.
- [22] Pinheiro, A. J., Bezerra, J. M., & Campelo, D. R. (2018, June). Packet padding for improving privacy in consumer IoT. In *2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)* (pp. 00925-00929). IEEE.
- [23] Apthorpe, N., Reisman, D., Sundaresan, S., Narayanan, A., & Feamster, N. (2017). Spying on the smart home: Privacy attacks and defenses on encrypted iot traffic. *arXiv preprint arXiv:1708.05044*.
- [24] Apthorpe, N., Huang, D. Y., Reisman, D., Narayanan, A., & Feamster, N. (2018). Keeping the smart home private with smart (er) iot traffic shaping. *arXiv preprint arXiv:1812.00955*.
- [25] Pinheiro, A. J., de Araujo-Filho, P. F., Bezerra, J. D. M., & Campelo, D. R. (2020). Adaptive Packet Padding Approach for Smart Home Networks: A Tradeoff Between Privacy and Performance. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(5), 3930-3938.
- [26] Engelberg, A., & Wool, A. (2021). Classification of Encrypted IoT Traffic Despite Padding and Shaping. *arXiv preprint arXiv:2110.11188*.
- [27] Vakili, M., Ghamsari, M., & Rezaei, M. (2020). Performance analysis and comparison of machine and deep learning algorithms for iot data classification. *arXiv preprint arXiv:2001.09636*.
- [28] Dong, S., Li, Z., Tang, D., Chen, J., Sun, M., & Zhang, K. (2020, October). Your smart home can't keep a secret: Towards automated fingerprinting of iot traffic. In *Proceedings of the 15th ACM Asia Conference on Computer and Communications Security* (pp. 47-59).
- [29] Jovanov, E. (2019). Wearables meet IoT: Synergistic personal area networks (SPANs). *Sensors*, 19(19), 4295.
- [30] ElMoaqet, H., Ismael, I., Patzolt, F., & Ryalat, M. (2018, September). Design and integration of an IoT device for training purposes of industry 4.0. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control* (pp. 1-5).
- [31] Irawan, Y., & Wahyuni, R. (2021, February). Electronic Equipment Control System for Households by using Android Based on IoT (Internet of Things). In *Journal Of Physics: Conference Series* (Vol. 1783, No. 1, p. 012094). IOP Publishing.
- [32] Sehrawat, D., & Gill, N. S. (2019, April). Smart sensors: Analysis of different types of IoT sensors. In *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)* (pp. 523-528). IEEE.
- [33] Adi, P. D. P., & Kitagawa, A. (2019). ZigBee Radio Frequency (RF) performance on Raspberry Pi 3 for Internet of Things (IoT) based blood pressure sensors monitoring. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 10(5), 18-27.
- [34] Basu, M. T., Karthik, R., Mahitha, J., & Reddy, V. L. (2018). IoT based forest fire detection system. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2.7), 124-126.
- [35] Palaiokrassas, G., Karlis, I., Litke, A., Charlaftis, V., & Varvarigou, T. (2017, July). An IoT architecture for personalized recommendations over big data oriented applications. In *2017 IEEE 41st Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)* (Vol. 2, pp. 475-480). IEEE.
- [36] Jang, S. Y., Lee, Y., Shin, B., & Lee, D. (2018, October). Application-aware IoT camera virtualization for video analytics edge computing. In *2018 IEEE/ACM Symposium on Edge Computing (SEC)* (pp. 132-144). IEEE.
- [37] Aliero, M. S., Qureshi, K. N., Pasha, M. F., & Jeon, G. (2021). Smart Home Energy Management Systems in Internet of Things networks for green cities demands and services. *Environmental Technology & Innovation*, 22, 101443.
- [38] Stolojescu-Crisan, C., Crisan, C., & Butunoi, B. P. (2021). An IoT-based smart home automation system. *Sensors*, 21(11), 3784.
- [39] Khalfalla, O. A., Ali, S. A., Altrjman, C., & Mubarak, A. S. (2022). Smart Home Appliance Control in the IoT Era. In *International Conference on Forthcoming Networks and Sustainability in the IoT Era* (pp. 392-397). Springer, Cham.
- [40] Inyangat, F. X. (2022). *Smartphone agro-IoT application for smallholder farmers* (Doctoral dissertation, Busitema University).
- [41] Alghuried, A. (2017). A model for anomalies detection in internet of things (IoT) using inverse weight clustering and decision tree. *Masters's Thesis, Dublin Institute of Technology, Dublin, Ireland*.
- [42] Charbuty, B., & Abdulazeez, A. (2021). Classification based on decision tree algorithm for machine learning. *Journal of Applied Science and Technology Trends*, 2(01), 20-28.
- [43] Aksoy, A., & Gunes, M. H. (2019, May). Automated iot device identification using network traffic. In *ICC 2019-2019 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 1-7). IEEE.
- [44] Lin, W., Wu, Z., Lin, L., Wen, A., & Li, J. (2017). An ensemble random forest algorithm for insurance big data analysis. *Ieee access*, 5, 16568-16575.
- [45] Abdulkareem, N. M., & Abdulazeez, A. M. (2021). Machine learning classification based on Radom Forest Algorithm: A review. *International Journal of Science and Business*, 5(2), 128-142.
- [46] Dogru, N., & Subasi, A. (2018, February). Traffic accident detection using random forest classifier. In *2018 15th learning and technology conference (L&T)* (pp. 40-45). IEEE.
- [47] Wang, H., Xu, P., & Zhao, J. (2021). Improved KNN Algorithm Based on Preprocessing of Center in Smart Cities. *Complexity*, 2021.
- [48] Gawri, B., Kasturi, A., Neti, L. B. M., & Hota, C. (2022, January). An efficient approach to kNN algorithm for IoT devices. In *2022 14th*

- International Conference on COMMunication Systems & NETworkS (COMSNETS)* (pp. 734-738). IEEE.
- [49] Hu, Y., Huber, A., Anumula, J., & Liu, S. C. (2018). Overcoming the vanishing gradient problem in plain recurrent networks. *arXiv preprint arXiv:1801.06105*.
- [50] Staudemeyer, R. C., & Morris, E. R. (2019). Understanding LSTM--a tutorial into long short-term memory recurrent neural networks. *arXiv preprint arXiv:1909.09586*.
- [51] Bai, L., Yao, L., Kanhere, S. S., Wang, X., & Yang, Z. (2018, October). Automatic device classification from network traffic streams of internet of things. In *2018 IEEE 43rd conference on local computer networks (LCN)* (pp. 1-9). IEEE.
- [52] Datta, T., Apthorpe, N., & Feamster, N. (2018, August). A developer-friendly library for smart home iot privacy-preserving traffic obfuscation. In *Proceedings of the 2018 Workshop on IoT Security and Privacy* (pp. 43-48).

Consolidation of Rapidly Solidifying Al-6Si-0.3Cu Alloy by Spark Plasma Sintering and Cold Compaction Methods

Fatih YAŞAR¹, Fikret YILMAZ^{2*}

¹Faculty of Arts&Science, Department of Physics, TokatGaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey (fzyasar@gmail.com)

^{2*}Faculty of Arts&Science, Department of Physics, TokatGaziosmanpaşa University, Tokat, Turkey (fikretyilmaz79@gmail.com)

Abstract –In this study, Al-6Si-0.3Cu ribbon alloys produced by melt-spinning method were consolidated by two different methods, which are spark plasma sintering and cryogenic ball milling + cold compaction. From X-ray diffraction analysis, it was found that the solubility of Si in Al matrix in melt-spun alloys increased, but Si precipitated in SPS and ball milled+cold compacted alloys. Optical and scanning electron microscope observation revealed that while melt spun alloys have a very fine and homogenous microstructure, Si phase has become coarser in SPS and cold compacted alloys due to the sintering. The results showed that the spark plasma sintering method is a very effective method for compaction of melt-spun Al-6Si-0.3Cu alloy.

Keywords –Al-6Si-0.3Cu alloy, melt-spinning, spark plasma sintering, cryogenic milling, cold compaction

Citation: Yasar, F., Yilmaz, F. (2022). Consolidation of Rapidly Solidifying Al-6Si-0.3Cu Alloy by Spark Plasma Sintering and Cold Compaction Methods. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, x(x): xx-xx.

I. INTRODUCTION

Aluminum (Al) and its alloys with many unique properties have a wide range of uses. Aluminum alloys are particularly preferred in the packaging industry, as they are soft and ductile materials. The thin oxide layer formed on the surfaces increases the corrosion resistance of the alloy. Thanks to its high electrical and thermal conductivity, it is used in electronic applications. In addition, the strength/weight ratio of Al alloys is comparable to steel, making them the most preferred material in the aerospace and automotive industries [1-3].

Al-Si alloy with a silicon (Si) ratio of less than 12wt.% is called hypoeutectic Al alloys. This group of alloys is preferred in the automotive and marine industries due to their good fluidity, low thermal expansion coefficient, high corrosion resistance and high strength/weight ratio [4, 5]. Also, the absence of coarse primary Si phases in hypoeutectic Al-Si alloys increases the desired machinability, castability and weldability of the alloy, which makes it suitable for the construction of automotive engines, crankcases, cylinder blocks and pistons. The mechanical properties of hypoeutectic Al-Si alloys are dependent on the grain size, morphology and distribution of Si phase [6, 7]. It is also well known that the addition of trace amounts of copper (Cu) strengthens the Al-Si alloy and increases its ductility, which is explained by the formation of the Al₂Cu intermetallic compound [2].

Traditional casting techniques are mostly preferred in the production of commercial Al-Si alloys. In these techniques,

Si phases are dispersed as blocks in the microstructure due to the slow cooling rate and this affects the mechanical properties of the alloy negatively [8]. It is known from the literature that the mechanical properties of Al-Si alloys are greatly increased by eliminating these problems with rapid solidification techniques [9]. This technique is also effectively used in the production of shape memory alloys [10]. On the other hand, it is impossible to produce these alloys in the form of ingots, since at least one dimension of the rapidly solidified alloys is very small. In this respect, rapidly solidified alloys should be formed into ingot form by compaction methods in order to expand their application areas. Spark Plasma Sintering (SPS), which has been developed in recent years, is one of the most effective methods used in the compaction of powder materials [11]. The most important advantage of SPS is that it allows pressing and sintering to be done at the same time. Thus, the porosities that may occur in the material can be minimized.

In this study, Al-6wt% Si-0.3wt%Cu alloy was produced by melt-spinning method, which is a rapid solidification technique. Then, the produced melt-spun alloys were compacted via SPS and cold pressing techniques and examined in terms of microstructure and mechanical properties.

II. MATERIALS AND METHOD

High purity Al (99.9 %), Si (99.99 %) and Cu (99.9 %) were used to prepare the Al-6wt.%Si-0.3wt.%Cu master alloy. First of all, the alloy, which was prepared as 30 g, was

melted in the induction furnace. The alloy was melted in evacuated quartz crucible for 5 times to ensure both homogeneity and reduction of impurities (Figure 1a). The elemental composition of the master alloy was determined by X-ray Fluorescence (XRF, PANalytical-Epsilon5) and the results are listed in Table 1. As can be seen from the Table 1, the master alloy composition produced is very close to the initial composition.

Table 1. XRF results of Al-6Si-0.3Cu master alloy

Alloy	Al (wt.%)	Si (wt.%)	Cu (wt.%)	Other (wt.%)
Al-6Si-0.3Cu	93.359	6.040	0.382	0.219

Afterwards, the alloy was produced as ribbon with the melt spinning device (Edmund Bühler, MeltSpinner SC). The distance between the disc and nozzle was 2 mm, the disc rotation speed was 20 m/s and the injection pressure was set as 160 mbar. The ribbons with a thickness of 20 μm and a width of 1 cm were obtained (Figure 1b). For the spark plasma sintering (SPS) process, 1.5 g of melt-spun alloy was placed in a graphite crucible. The pellets were prepared by increasing the pressure value up to 300 kg/cm² with a ramp and the temperature value up to 450 °C and waiting for 10 minutes. The obtained pellets were then subjected to sintering at 560 °C for 10 hours in an argon environment in a high temperature furnace (Figure 1d).

A cryogenic ball milling device (Retch, CryoMill) was used to pulverize the ribbons (Figure 1c). The as-received powders were pressed with a cold pressing device under 300 kg/cm² pressures for 20 s and sintered at 560 °C for 10 hours in an argon atmosphere (Figure 1e).

The crystal structure of the alloys was analyzed by X-ray diffraction (PANalytical, Emperians) using CuKα monochromatic radiation in the range of 10-90 degrees. Microstructural analyzes were performed with conventional metal microscope and scanning electron microscope (SEM, QUANTA FEG 450). SEM images were taken in secondary electron (SE) and energy dispersive X-ray (EDX) mapping modes. Hardness analyzes were performed with Vickers hardness device (HighWood HWDM-3) under 300 g-f load and 10 s of dwell time under maximum load. Hardness values were calculated using the following equation;

$$HV = 1.854 \frac{P}{d^2} \tag{1}$$

where P is applied load and d is the average of the diagonal lengths of the indent.

Prior to hardness tests and microstructural analysis, the alloys were polished to 1 micron using standard metallography methods and then etched in 5% HF solution.

III.RESULTS AND DISCUSSION

X-ray diffraction (XRD) patterns of alloys are given in Figure 2. All possible diffraction peaks of Al (Ref. 98-005-3775) and Si (Ref. 98-004-3610) were observed in all alloys in the range of 2θ =10-90°. No peaks of Cu were found, which is explained by the dissolution of the element in the Al matrix. Very small SiO₂ peak was found in the XRD patterns

of the ball milled ribbons, which is due to the grinding environment (Figure 1c). In addition, a small amount of Al₂O₃ peak was observed in the sintered milled ribbon, which was formed by the oxidation of the alloy during sintering. (Figure 1d). It is seen that the peak intensity of the main Si peak decrease significantly in the melt-spun alloy (Figure 2b), which can be seen from the Si peak marked at an angle of 2θ=28.5°. This is due to the rapid cooling in melt-spun alloy increasing the solid solubility limits of Si in Al matrix, which is in agreement with the literature [12]. In the alloy produced by ball milling, the peak intensity of Si increased again, which can be explained by the precipitation of the Si dissolved in the Al matrix, due to the mechanical energy resulting from the collisions between the balls. Since sintering accelerates the precipitation mechanism of Si, the peak intensity increased more for sintered alloy (Figure 1d), which is in agreement with literature [13, 14].

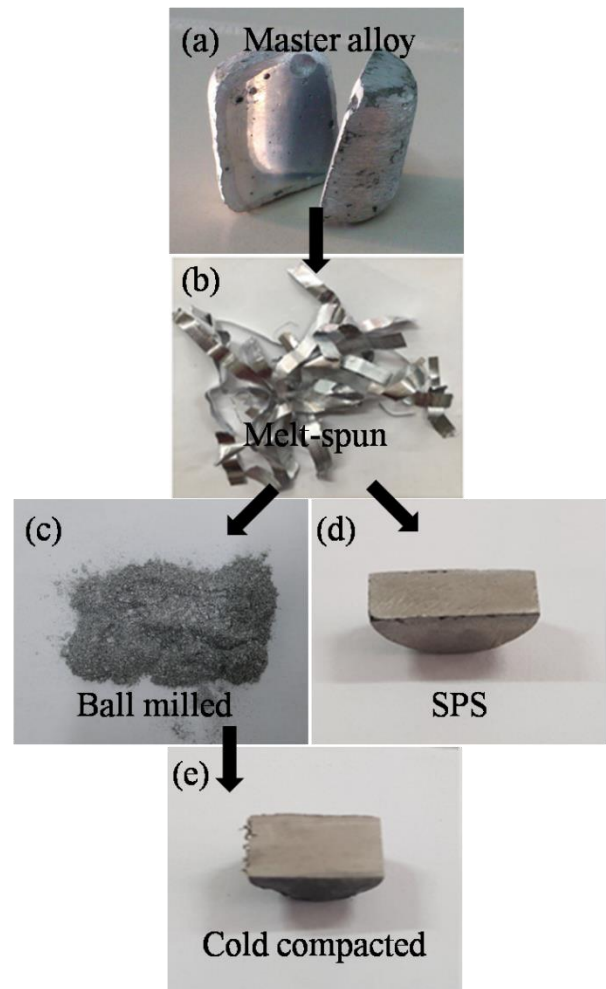


Fig. 1. The alloys produced by using (a) Induction furnace, (b) Melt spinning, (c) Cryogenic ball milling, (d) SPS+sintering from ribbons, (e) Cold compaction+Sintering from milled powders

In order to better understand the effects of rapid solidification, milling and sintering on the Al phase, the main peak belonging to the Al (111) plane is given in Figure 3. It can be seen that the peak of the melt-spun alloy shifts significantly to the lower angle, which can be explained with Bragg's law. According to the Bragg's law, the relation between diffraction angle and distance between crystalline planes is given;

$$n\lambda = 2d\sin\theta \quad (2)$$

where, n is the degree of diffraction, λ is the wavelength of the X-ray used, d is the distance between two planes, and θ is the diffraction angle. Shifting of the diffraction angle to the left side is due to the penetration of Si atoms into the crystal structure of Al as interstitial atoms during rapid solidification [15]. In addition, the increase in the peak width can be explained by the decrease in the crystal size of the alloy. The milling and sintering processes, as expected, caused Si atoms to ejection from the crystal structure of Al, and thus the diffraction angle shifted to the right again.

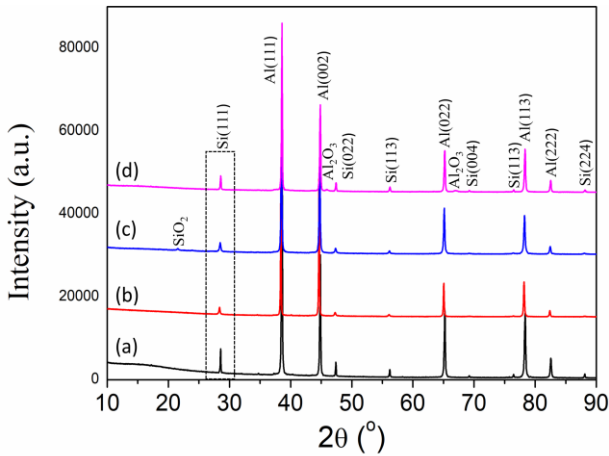


Figure 2. XRD patterns of the alloys, (a) Master alloy, (b) Melt-spun ribbon, (c) Ball milled ribbon, (d) Sintered ribbon

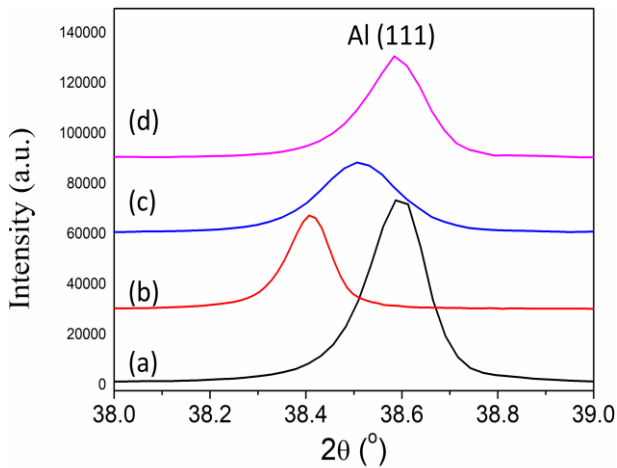


Figure 3. XRD peak of Al(111) plane of the alloys, (a) Master alloy, (b) Melt-spun ribbon, (c) Ball milled ribbon, (d) Sintered ribbon

Optical micrographs of the alloy are depicted in Figure 4. The microstructure of the master alloy consists of coarse eutectic Si and α -Al (Figure 4a). In melt-spun alloy, the microstructure was completely transformed into a fine and homogeneous structure (Figure 4b). The alloys produced SPS and milled+cold compacted also exhibit a homogeneous microstructure, but it is observed that Si has become coarser due to the effect of sintering (Figure 1c and d).

SEM images were taken to evaluate the microstructures of the alloys in more detail (Figure 5). It is seen that the master alloy consists of acicular eutectic Si and plate-like primary Si (Figure 5a). In melt-spun alloys, the microstructure consists of equiaxial and network-like α -Al phases and fine eutectic Si

phases. With the effect of rapid cooling, the dimensions of eutectic Si decreased from 50-100 micron to about 100-200 nanometres (measured with SemAfore software). In addition, the coarse morphology of the Si phase was modified to a fine fibrous structure (Figure 5b). In the SPS alloy, the eutectic Si is homogeneously dispersed in the Al matrix, but their size has become coarser and grown up to 1-5 microns. Compared with the SPS alloy, it was determined that the Si phase did not coarsen much in the ball milling + cold compacted alloy. It is also seen that the ribbon leaves are smaller in size in the cold compacted alloy. On the other hand, it is clearly seen that the gaps between the ribbon leaves are less in the SPS alloy than in the cold compacted alloy, which is related to simultaneous compaction and sintering in SPS alloy.

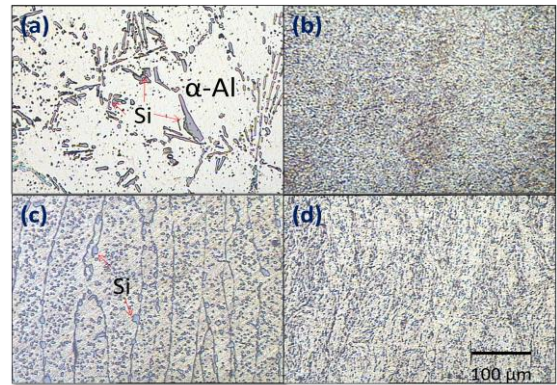


Figure 4. Optical micrographs of the alloys, (a) Master alloy, (b) Melt-spun ribbon, (c) SPS alloy, (d) Ball milled + Cold compacted alloy (Magnification: 200x)

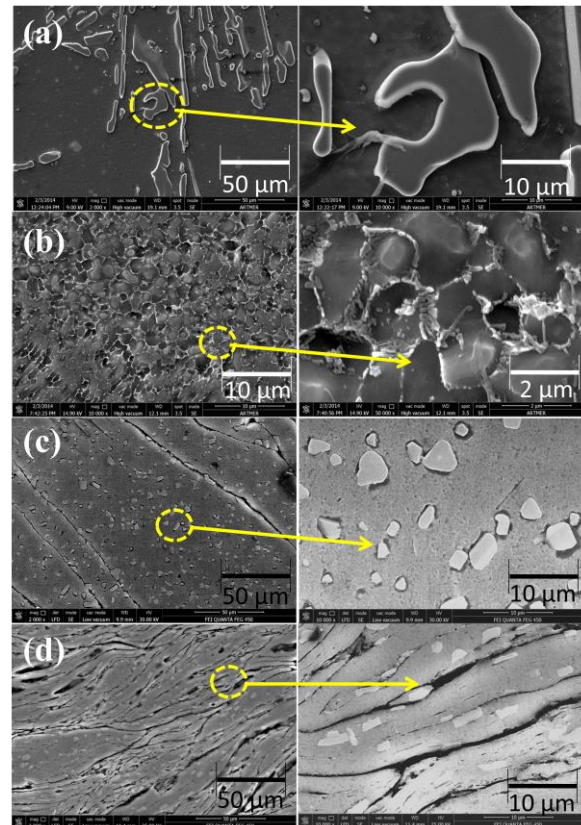


Figure 5. SEM images of the alloys, (a) Master alloy (Mag.: 2 and 10kx), (b) Melt-spun ribbon (Mag.: 10 and 50kx), (c) SPS alloy (Mag.: 2 and 10kx), (d) Ball milled + Cold compacted alloy (Mag.: 2 and 10kx)

Figure 6 shows Vickers hardness of the alloys. The hardness value of the master alloy (Bulk) was measured around 45 HV. The hardness value of the melt-spun alloy has increased (55 HV), which can be explained with a finer and homogeneous microstructure. The hardness value of the SPS alloy (52 HV) is higher than that of the bulk alloy, but decreased compared to that of the melt-spun alloy. This decrease can be explained by the coarsening of the Si phase. The hardness of milled+cold compacted alloy is the lowest among the alloys (38 HV). The reason for this may be that the bonding between the ribbon sheets is not formed well enough during sintering and thus the voids formed in the microstructure negatively affect the mechanical properties as shown in SEM images (Figure c and d).

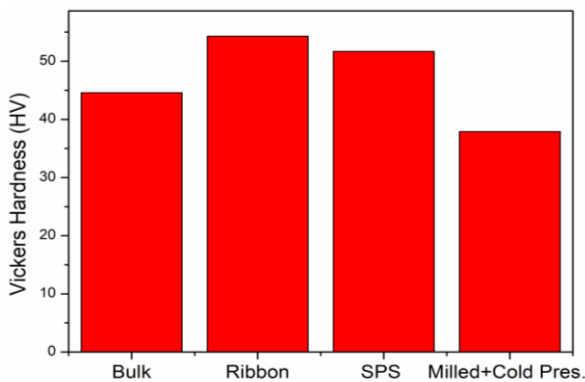


Figure 6 Vickers hardness of the alloys

IV. CONCLUSION

In this research, Al-6Si-0.3Cu alloy was successfully produced by induction melting and melt-spinning method, followed by SPS and ball milled+sintering method. The microstructure and mechanical properties of the produced alloys were compared. The most effective consolidation method was investigated by comparing the microstructure and mechanical properties of the alloys produced. In summary,

1. From XRD analyses, it was found that rapid solidification increases the solubility of Si in Al matrix. However, precipitation of Si was observed in SPS and cold compacted alloys due to sintering process.
2. Optical and SEM images revealed that master alloy consists of acicular eutectic Si and plate-like primary Si, while melt-spun alloy have homogenous microstructure and fine fibrous Si morphology. It was observed that the Si phase became coarser in SPS and cold compacted alloys.
3. From the hardness analysis, it was determined that the hardness value of the SPS alloy was between the master alloy and the melt-spun alloy, but the ball-milled + cold compacted alloy had the lowest hardness value.

When all the results are evaluated together, we believe that the SPS method is better than the ball milled + cold compacted method due to the short application time and sufficient mechanical properties.

ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by Tokat Gaziosmanpaşa University Scientific Research Projects Commission (Project No: 2018/13). The authors also would like to thanks Dr. Cengiz TEMİZ for SEM images.

Authors' Contributions

The authors' contributions to the paper are equal.

Statement of Conflicts of Interest

There is no conflict of interest between the authors.

Statement of Research and Publication Ethics

The authors declare that this study complies with Research and Publication Ethics

REFERENCES

- [1] O. Uzun, F. Yilmaz, U. Kolemen, N. Basman, "Sb effect on micro structural and mechanical properties of rapidly solidified Al-12Si alloy", *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 509, issue 1, pp. 21-26, 2011.
- [2] C. Temiz, F. Yilmaz, U. Kolemen, "Investigation of microstructures and mechanical properties of Sc doped Al-5Cu alloys", *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, vol. 37, issue 1, pp. 75-88, 2022.
- [3] O. Uzun, F. Yilmaz, C. Emeksiz, S. Ergen, U. Kolemen, "Correlation of hardness and silicon morphology for Al-Si-Sb alloy", *Archives of Metallurgy and Materials*, vol. 63, issue 1, pp. 467-472, 2018.
- [4] R. Oin, R.F. Yan, Z.P. Guan, G.Q. Zhang, J.W. Song, W. Ren, J.G. Wang, "Effect of vanadium on Fe-rich phase, mechanical properties and thermal conductivity of hypoeutectic Al-Si alloy", *Materials Research Express*, vol. 8, pp. 026518, 2021.
- [5] F. Mao, Y. Qiao, P. Zhang, C. Chen, C. Zhang, "Modification mechanism of rare earth Eu on eutectic Si in hypoeutectic Al-Si alloy", vol. 16, issue 2, pp. 634-645, 2022.
- [6] M.F. Kilicaslan, F. Yilmaz, S.J. Hong, O. Uzun, "Effect of Co on Si and Fe-containing intermetallic compounds (IMCs) in Al-20Si-5Fe alloys", *Materials Science and Engineering A*, vol. 556, pp. 716-721, 2012.
- [7] W.K. Kang, F. Yilmaz, H.S. Kim, J.M. Koo, S.J. Hong, "Fabrication of Al-20 wt%Si powder using scrap Si by ultra-high-energymilling process", *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 536S, pp. 45-49, 2012.
- [8] W. Ding, L. Gou, L. Hu, H. Zhang, W. Zhao, J. Ma, J. Qiao, X. Li, "Modification of eutectic Si in hypoeutectic Al-Si alloy with novel Al-3Ti-4.35La master alloy", *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 929, pp.167350, 2022.
- [9] M.F. Kilicaslan, F. Yilmaz, S. Ergen, S.J. Hong, O. Uzun, "Microstructure and microhardness of melt-spun Al-25Si-5Fe-XCo (X=0, 1, 3, 5) alloys", *Materials Characterization*, vol. 77, pp. 15-22, 2013.
- [10] S. Ergen, O. Uzun, F. Yilmaz, M.F. Kilicaslan, "Shape memory properties and microstructural evolution of rapidly solidified CuAlBe alloys", *Materials Characterization*, vol. 80, pp. 92-97, 2013.
- [11] D. Yim, P. Sathiyamoorthi, S.J. Hong, H.S. Kim, "Fabrication and mechanical properties of TiC reinforced CoCrFeMnNi high-entropy alloy composite by water atomization and spark plasma sintering", vol. 781, pp. 389-396, 2019.
- [12] Z. Chen, Y. Lei, H. Zhang, "Structure and properties of nanostructured A357 alloy produced by meltspinning compared with direct chill ingot", vol. 509, pp. 7473-7479, 2011.
- [13] X. Zhang, L. Li, Z. Peng, J. Gao, "Microstructure and mechanical properties of an Al-11La-6Mg alloy prepared by the melt spinning and spark plasma sintering", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2044, pp. 012099, 2021.
- [14] E.M. Ahmet, M.R. Ebrahim, "Microstructure and microhardness evolution of melt-spunAl-Si-Cu alloy", *The European Physical Journal Plus*, vol. 129, pp. 60-68, 2014.
- [15] E.M. Ahmed, "THE INFLUENCE OF RAPID SOLIDIFICATION ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF Al-Mn-Ce-Sb ALLOYS", *Asian Journal of Physical Sciences*, vol. 1, pp. 1-9, 2012.

Integrating Ontologies and Relational Databases for An Improved Data Access

Aytuğ TÜRKMEN^{1*}, Özgü CAN²

^{1*}Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ege University, İzmir, Turkey (aytugturkmen3@gmail.com)
(ORCID: 0000-0001-6801-6808)

²Department of Computer Engineering, Ege University, İzmir, Turkey (ozgu.can@ege.edu.tr)
(ORCID: 0000-0002-8064-2905)

Abstract – Today, recent rapid advancements and developments in information and communication technologies have enabled the number of connected devices to increase gradually. Thus, a significant amount of data from many sources has been produced as a result of the increase in connected devices. It is now more crucial than ever to access and draw conclusions from the data kept in relational database management systems. Ontology-Based Data Access (OBDA) is a hugely important paradigm for leveraging Semantic Web technologies to access data stored in relational databases. Users access data via a conceptual layer in the OBDA paradigm. Data is stored in relational databases and is represented by the conceptual layer as an RDF(S) or OWL ontology. In this paper, a demonstration for the integration of a relational database and an ontology is presented in order to provide an ontology-based data access. The goal of the presented demonstration is to serve as a roadmap for further research studies. For this purpose, a data set stored in MySQL relational database management system is accessed using the OBDA model. Further, the Ontop Framework that is compatible with the Protégé ontology development environment is used to provide the integration between the ontology and the relational database. Moreover, the Ontop queries are executed over SPARQL.

Keywords – *Ontology, Data Access, Relational Databases, Semantic Web, SPARQL, Ontop*

Citation: Türkmen, A., Can, Ö. (2022). Integrating Ontologies and Relational Databases for An Improved Data Access. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 202-207.

I. INTRODUCTION

New generation information technologies have emerged in recent years. Thus, there has been significant growth in data volumes [1]. Moreover, the exponential growth in the number and variety of data collections is expected to continue in the coming years. Furthermore, this data is heterogeneous and comes from different sources such as sensors, social media, and Internet of Things (IoT) devices. Thus, accessing and making inferences from the data that is kept in the relational database management systems has become more crucial. Moreover, heterogeneous data from different sources may cause problems for the integration and communication of new generation technologies. Semantic deficiency in data representation needs to be eliminated to resolve this problem.

The Ontology-Based Data Access (OBDA) provides users to access relational databases through a conceptual layer by using Semantic Web technologies [2]. In this approach, ontologies are used with the help of mapping to query over the database. In this way, a high-level conceptual view of the data is obtained [2]. This semantic technology makes relational database systems more accessible and interoperable by addressing issues such as conceptual modeling, query rewriting, and mapping [3]. The conceptual modeling is characterized as a representation of the RDF(S) and OWL ontologies including the data stored in traditional relational databases [2]. W3C suggested mappings like R2RML are used to translate terms from the conceptual layer to the data layer.

[4]. In this way, RDF query languages are used to access the data in the relational through ontology. Ontop is a free and open-source OBDA framework [5]. It enables querying of virtual RDF graphs using RDF query languages such as SPARQL, and SWRL which is recommended by W3C by converting the queries to SQL. It also provides ease of access to many relational database systems.

In this work, an Employee Ontology is generated and used to enable the use of SPARQL queries to access data stored in a sample Employees relational database. For this purpose, the OBDA paradigm is achieved with by using the Ontop Framework. The database's tables and relationships are described by the ontology that was developed. Additionally, the mapping procedure is used to connect database entities to ontology instances. As data from different sources can be heterogeneous, data integration is a challenging task. The goal of this study is to demonstrate the integration of a relational database and an ontology to provide an ontology-based data access. Additionally, this demonstration is structured to serve as a roadmap for further research studies in this field. Therefore, semantic queries can be executed, and new relationships can be discovered with maintaining the mapping between databases and ontologies [6]. Thus, the quality of data integration will be improved.

The organization of the study is as follows: Section 2 presents a review of the literature, Section 3 describes the OBDA paradigm and an example application of semantic data

integration and access, and finally the study is concluded in Section 4.

II. RELATED WORK

The OBDA approach has been crucial in current information technology advancements with the recent developments in the Semantic Web and Relational Databases fields. The developed OBDA system known as the Ontop Framework [7] has gained support from both the industry and researchers. Thus, the connection between databases and the Semantic Web has been extensively researched in the literature. In [8] the performance of the Ontop Framework is analyzed and compared with other systems. In [1], the conversion of relational databases to ontology representation is explained. The advantages and disadvantages of these methods are examined and some of the most recent mapping tools are reviewed from a theoretical perspective. Also, the drawbacks of the existing tools are discussed. A survey for convenient and user-friendly access to data sources and an ontology-based data access framework is presented in [9]. Also, the fundamental components of ontology-based data access, important theoretical findings, methods, applications, and upcoming difficulties are examined with a focus on relational data sources. In [2], a virtualized method that responds to SPARQL queries is presented. The presented method converts SPARQL queries into SQL queries over the datasets instead of materializing the triples obtained through mappings. Also, Ontop which is a sophisticated open-source OBDA framework is proposed. Ontop generates SQL queries that can be executed quickly and supports all relevant OBDA-related W3C standards. An approach is proposed by [10] named as PerfectMap. The proposed approach provides a novel method for the optimization of query rewriting in OBDA. For this purpose, the key concepts of mapping aspects and the use of perfect mappings are examined, and the complexity caused by mapping rewriting is reduced.

Besides these studies presented in the literature, the goal of this study is to serve as a guide to the key challenges for the integration of variables from different sources. For this purpose, a semantic data integration approach is demonstrated to guide future research studies.

III. MATERIALS AND METHOD

A. Materials

1. The Ontology-Based Data Access

The OBDA database access paradigm employs a conceptual layer to access data. [11]. The fundamental concept of an OBDA system is query rewriting [4]. The user of the system creates a query in the ontology language. The prime objective of the OBDA system is to rewrite the query into a new query utilizing the data source's vocabulary.

In OBDA, an ontology and a relational database are linked by using mappings. It presents a high-level conceptual view of the relational database as a result. Ontology-based user queries are presented, and answers are generated by using both the ontology and the mappings as a basis for reasoning. As shown in Fig. 1, the OBDA architecture consists of three layers [11]. The first layer of the OBDA architecture contains datasets that the system accesses. The second layer is the conceptual layer. In this layer, the user interacts with the system using the query interface and ontologies. Finally, the mapping layer maintains

the mapping between the dataset attributes and ontology instances.

There are several OBDA systems that provide SPARQL endpoint functionality and enable mapping from the ontology to the data source such as Ontop, and MASTRO [12]. Ontop is the framework that this study is established on. The Ontop Framework provides a user-friendly interface to execute SPARQL queries and perform the mapping. In the next section, detailed information about Ontop will be given. MASTRO is a system for the OBDA paradigm which is developed at the University of Rome [12]. It can be used as a Protégé [13] plugin. Also, it has a commercial application called MASTRO STUDIO. Moreover, it supports R2RML mapping like the Ontop Framework [14]. Additionally, the native mapping language is also included in MASTRO.

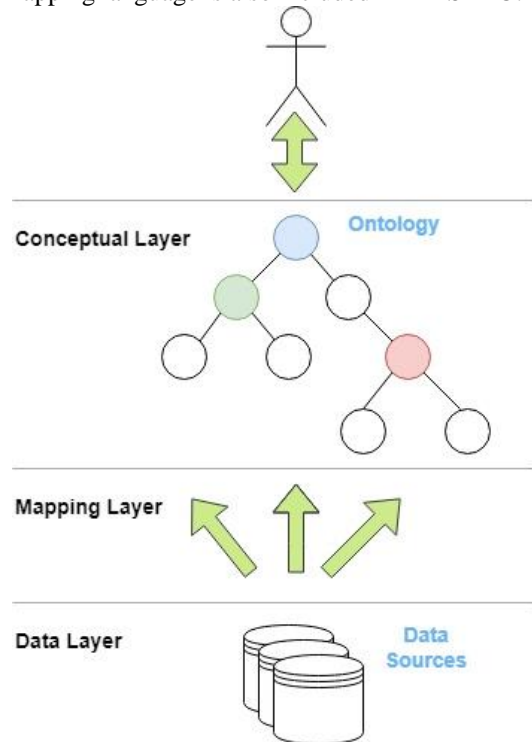


Fig. 1. The OBDA Architecture

2. Ontop Framework

The Ontop is an open-source OBDA framework developed at the Free University of Bozen-Bolzano and distributed under the Apache license [15]. The Ontop Framework enables the representation of relational databases as virtual RDF graphs via mappings. The Ontop Framework converts queries to SQL and enables querying of virtual RDF graphs by using RDF query languages such as SPARQL and SWRL, which are recommended by the W3C. The Ontop architecture consists of four layers [2]. The first is the input layer which includes concepts such as ontology, mappings, database, and queries. It is connected to the relational database after being mapped with the help of the generated ontology via the JDBC driver in this layer. The Ontop Framework makes it simple to use by supporting a wide range of primary and commercial relational databases such as MySQL, Postgres, etc. [2]. Ontop native mapping languages and R2RML are both supported by Ontop [4]. The mapping languages establish connections between the generated ontology and the relational database. The native Ontop mapping language is easy to use, whereas R2RML, a widely used standard, is offered by W3C. The Ontop can

simply convert from its native mapping language to R2RML. Moreover, the Ontop provides support for the usage of RDFS and OWL as an ontology language. The second layer is the core layer. In this layer, there are operations such as optimization, query translation, and execution. In this layer, SPARQL queries are converted to SQL queries with the help of the SPARQL Query Answering Engine (Quest). Thus, queries are executed efficiently on the relational database systems. In the third layer, there are APIs named OWL API and Sesame that present Java interfaces to users. Applications layer, the fourth layer, enables end users to query databases using SPARQL. The Ontop Framework can be used in a variety of ways. In this study, the Ontop Framework is used as a plugin for Protégé. It supports the SPARQL query execution and provides a graphical interface for the mapping.

B. Method

In this study, the sample Employees database [16] is used. The dataset contains six tables and includes more than four million data. Different relational database systems, such as MySQL, PostgreSQL, Oracle, etc., may be queried using the Ontop Framework. In this study, the employee sample dataset is stored in the MySQL relational database system. Fig. 2 shows the Entity-Relationship (ER) diagram of the employee sample dataset.

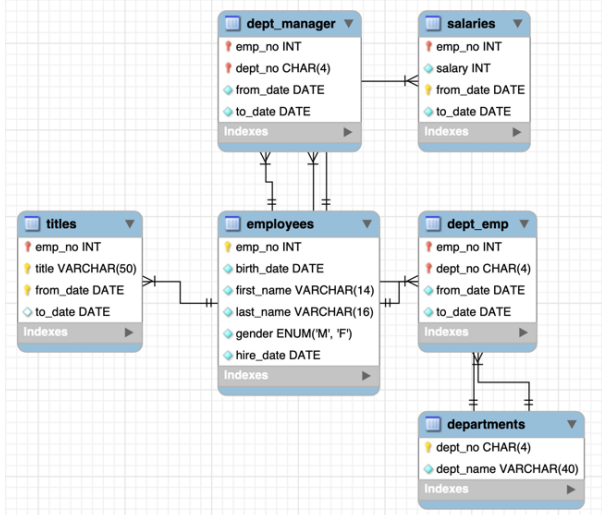


Fig. 2. The ER diagram of the employee sample dataset

Later, the Employee ontology is created. The Employee ontology was developed using the Protégé ontology editor. The classes of the Employee ontology are shown in the Fig. 3.

The Protégé ontology development environment is compatible with the Ontop Framework. Therefore, each table with primary key and foreign key mapped into the related class. Thus, four table is mapped into classes that are named as “employees”, “departments”, “titles” and “sales”.

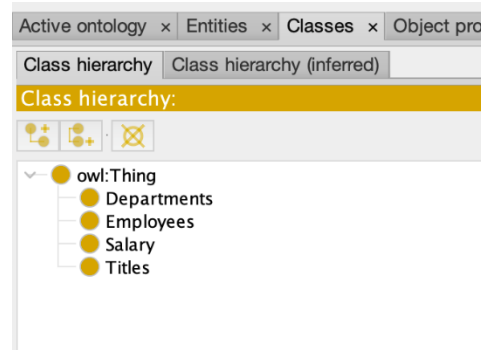


Fig. 3. Classes of the Employee Ontology

In the Employees sample dataset, there are two associative tables named as "dept_emp" and "dept_manager". These two tables establish a 1:M relationship between the “employee”, “salaries”, and “titles” tables. The related relationships are mapped into object properties as shown in Fig. 4.



Fig. 4. The Object Properties of the Employee Ontology

Each table in the employee sample dataset has multiple columns (attributes). The columns of tables are mapped as data properties. Fig. 5 shows the data properties of the Employee Ontology. The general view of the ontology is presented in Fig. 6.

When mapping an ontology to a data source, the mapping is made by defining the target as a triples template and the source as a SQL query over the data source [17]. The mappings are presented in Fig. 7. The mapping that will enable query data from the Employees table using SPARQL queries is shown in Fig. 8.

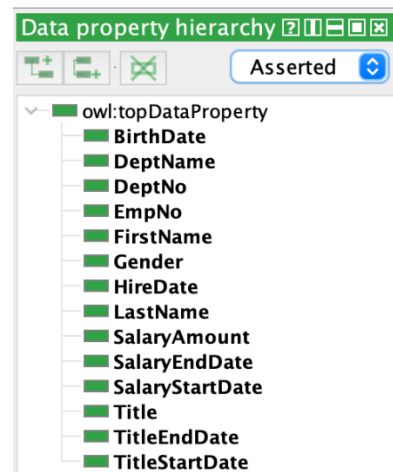


Fig. 5. The Data Properties of the Employee Ontology

The Ontop Framework supports both R2RML and Ontop native mapping languages as mapping languages. The native Ontop mapping language is simple to learn and use, while R2RML is a widely accepted standard that is published by W3C. In this study, natural mappings are used to link the Employee ontology to the data in the SQL database. Two files are produced by Ontop. The “.obda” file extension is used to

create the first file. The mapping details between the data source and the ontology are all contained in this file. A second file, with the ".properties" extension maintains the link to the data source. When using the Ontop Protégé plugin to construct an ontology, a file with the ".properties" extension is generated automatically. The mapping between a data source and an ontology can be declared using the mapping axioms. The mapping id, source, target, and SQL query results are the four fields that each mapping consists of. The mapping id is a string that is used to identify mapping axioms. The data source was used as the source for a SQL query. In the target

field, the expressions in curly brackets in the Triples template represent the columns of the source SQL tables. The predicates of triples whose objects contain data types represent data properties. At the beginning of the triples template, "is-a" relationship refers to classes. Also, triple templates are built to create 1:M relationships. The triple template created for the HasTitle object property is shown in Fig. 9. The HasTitle object property links Employee and Titles classes.

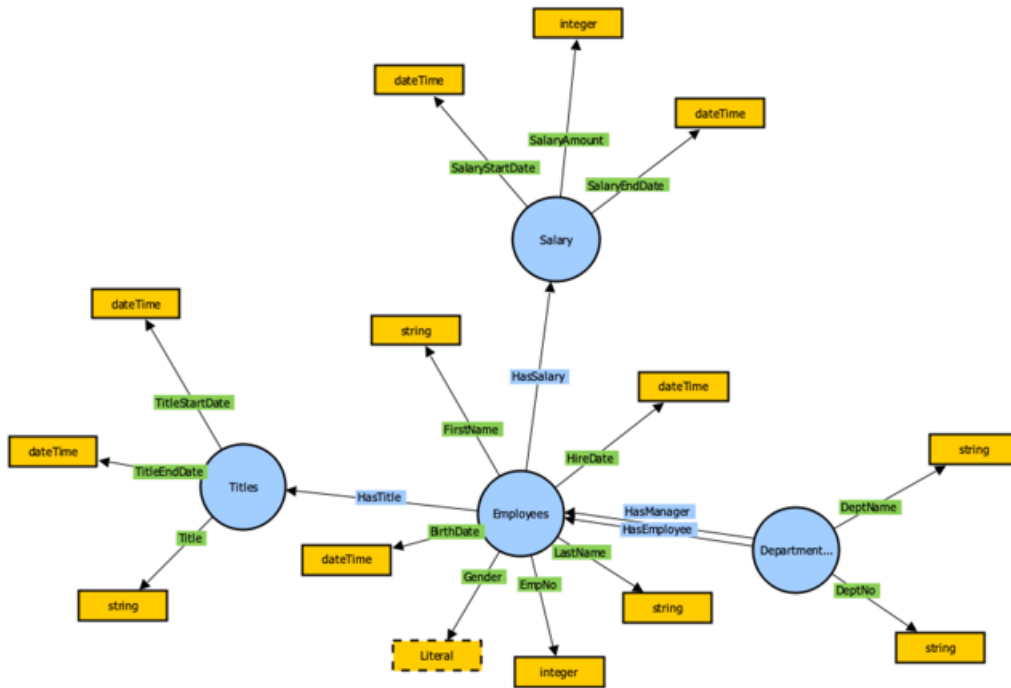


Fig. 6. The general view of the Employee Ontology

```

Mapping editor:
+ New... - Remove Copy Select all Select none

MAPIID-Employees
employee_ontology:#Employees-[emp_no] a employee_ontology:#Employees ; employee_ontology:#BirthDate
[birth_date]^xsd:dateTime ; employee_ontology:#FirstName [first_name]^xsd:string ;
employee_ontology:#LastName [last_name]^xsd:string ; employee_ontology:#EmpNo [emp_no]^xsd:integer ;
employee_ontology:#Gender [gender] ; employee_ontology:#HireDate [hire_date]^xsd:dateTime .
select emp_no,birth_date,first_name,last_name,gender,hire_date from employees

MAPIID-Salary
employee_ontology:#Salary-[emp_no] a employee_ontology:#Salary ; employee_ontology:#SalaryAmount
[salary]^xsd:integer ; employee_ontology:#SalaryStartDate [from_date]^xsd:dateTime ;
employee_ontology:#SalaryEndDate [to_date]^xsd:dateTime .
select emp_no,salary,from_date,to_date from salaries

MAPIID-Titles
employee_ontology:#Titles-[emp_no] a employee_ontology:#Titles ; employee_ontology:#Title [title]^xsd:string ;
employee_ontology:#TitleStartDate [from_date]^xsd:dateTime ; employee_ontology:#TitleEndDate
[to_date]^xsd:dateTime .

MAPIID-HasTitle
employee_ontology:#Employees-[emp_no] employee_ontology:#HasTitle employee_ontology:#Titles-[title] .
select emp_no, title, from_date, to_date from titles

MAPIID-HasSalary
employee_ontology:#Employees-[emp_no] employee_ontology:#HasSalary
employee_ontology:#Salary-[emp_no]-[from_date]-[to_date] .
select emp_no, salary, from_date, to_date from salaries

MAPIID-HasEmployee
employee_ontology:#Departments-[dept_no] employee_ontology:#HasEmployee
select emp_no,dept_no,from_date,to_date from dept_emp

MAPIID-HasManager
employee_ontology:#Departments-[dept_no] employee_ontology:#HasManager
select emp_no,dept_no,from_date,to_date from dept_manager

MAPIID-Departments
employee_ontology:#Departments-[dept_no] a employee_ontology:#Departments ; employee_ontology:#DeptName
[dept_name]^xsd:string ; employee_ontology:#DeptNo [dept_no]^xsd:string .
select dept_no,dept_name from departments
    
```

Fig. 7. The Ontop mappings

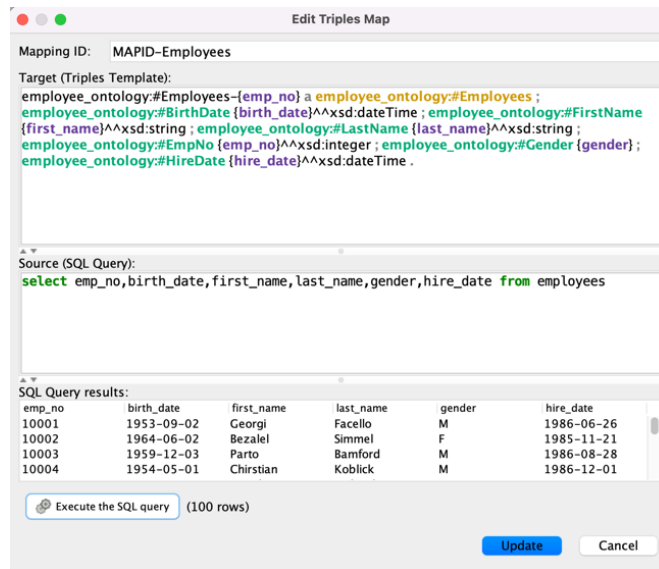


Fig. 8. The mapping of Employees table.

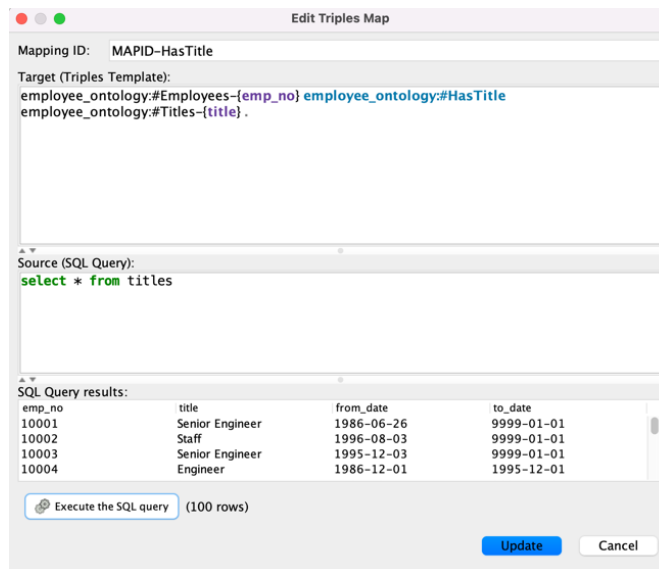


Fig. 9. The Mapping of HasTitle object property.

The SPARQL queries from the end user are converted into SQL queries by the Ontop Framework and then executed on the data source. Thus, Ontop uses T-mappings and database integrity constraints to convert input SPARQL queries into SQL queries [4]. The related file "employee ontology.q" contains a number of queries that can be used to explore the data collection. The matching SQL and SPARQL sample queries run against the data source are displayed in Tables 1 and 2.

In SPARQL queries, first, all prefix declarations are defined by abbreviating the URIs. Then, the "SELECT" statement's result clause is used to determine which data should be returned from the query. Finally, the "WHERE" expression specifies the condition while fetching the data from the Employees sample dataset.

The SPARQL and SQL queries given in Table 1 retrieve the first names of all employees from the database. Further, queries given in Table 2 retrieve the salary and employee number of employees whose salaries are bigger than "3000". The results of the related queries are given in Fig. 10 and Fig. 11, respectively.

Table 1. The Ontop Query 1

<i>Get a list of every employee's first name.</i>	
SQL	SELECT e.first_name FROM employees e
SPARQL	PREFIX : <http://www.semanticweb.org/aytug/ontologies/2022/5/employee_ontology#> Select ?name where{?x a :Employees . ?x :FirstName ?name .}

Table 2: The Ontop Query 2

<i>Get all the salary and employee number of employees where salary > 3000</i>	
SQL	SELECT s.emp_no, s.salary FROM salaries s WHERE salary > 3000
SPARQL	PREFIX : <http://www.semanticweb.org/aytug/ontologies/2022/5/employee_ontology#> Select distinct ?x ?salary where{?x a :Salary . ?x :SalaryAmount ?salary . Filter (?salary>"30000"^^xsd:int) }

Individual Hierarchy Tab x DL Query x Ontop SPARQL x Ontop Mappings x

SPARQL query editor:

SPARQL Query

PREFIX :
<http://www.semanticweb.org/aytug/ontologies/2022/5/employee_ontology#>

Select ?id ?name where {
?x a :Employees . ?x :EmpNo ?id. ?x :FirstName ?name .
}

Show 100 or all results. Use short IRIs

Execution time: 34ms. Solution mappings returned: 100.

SPARQL results	SQL translation
id	name
"10001"^^xsd:integer	"Georg"^^xsd:string
"10002"^^xsd:integer	"Bezaie"^^xsd:string
"10003"^^xsd:integer	"Pardo"^^xsd:string
"10004"^^xsd:integer	"Christian"^^xsd:string
"10005"^^xsd:integer	"Kyoichi"^^xsd:string
"10006"^^xsd:integer	"Anneke"^^xsd:string
"10007"^^xsd:integer	"Tzvetan"^^xsd:string
"10008"^^xsd:integer	"Saniya"^^xsd:string
"10009"^^xsd:integer	"Sumant"^^xsd:string
"10010"^^xsd:integer	"Duangkaew"^^xsd:string
"10011"^^xsd:integer	"Mary"^^xsd:string
"10012"^^xsd:integer	"Patricio"^^xsd:string
"10013"^^xsd:integer	"Eberhardt"^^xsd:string
"10014"^^xsd:integer	"Berni"^^xsd:string
"10015"^^xsd:integer	"Guoxiang"^^xsd:string
"10016"^^xsd:integer	"Kazuhito"^^xsd:string
"10017"^^xsd:integer	"Cristine"^^xsd:string
"10018"^^xsd:integer	"Kriszta"^^xsd:string

Fig. 10. The query results of Ontop Query-1

IV. CONCLUSION

A mapping between an ontology and a data source is possible using the OBDA paradigm. So, by querying multiple data sources, data access and integration are achieved.. Therefore, data access and data integration are provided by querying heterogeneous data sources. Thus, data integration is a challenging task. In recent years, the OBDA approach has gained significant importance with the increasing amount of data and developments in information technologies. Hence, the mapping between databases and ontologies should be maintained to improve the quality of data integration.

The OBDA allows non-experts to construct queries through conceptual layers using an ontology. For this purpose, the Ontop Framework is used to describe the relational databases as virtual RDF graphs. Also, the Ontop Framework allows querying virtual RDF graphs using RDF query languages like SPARQL and SWRL by translating the queries to SQL.

The Employees sample database, a MySQL database, is utilized in this study for data integration. The Employee Ontology that is based on the Employees data model is created. For this purpose, the relations and contents in the Employees database are defined in the Employee Ontology. Additionally, the mapping is achieved to connect database entities with the ontology instances. The Ontop Framework and the generated ontology are utilized to allow the usage of SPARQL queries over the dataset. Therefore, data stored in the relational database system is accessed by utilizing the OBDA paradigm. Consequently, this study demonstrates an example semantic data integration for the conceptual representation of data and their relationships. The goal of this demonstration is to be a guide for future research studies in the field.

REFERENCES

- [1] Haw, Su-Cheng, Jiawei Wilson May, and Samini Subramaniam. "Mapping relational databases to ontology representation: A review." *Proceedings of the International Conference on Digital Technology in Education*. 2017.
- [2] Calvanese, Diego, et al. "How to stay ontop of your data: Databases, ontologies and more." *European Semantic Web Conference*. Springer, Cham, 2015.
- [3] Pankowski, Tadeusz. "Modeling and Querying Data in an Ontology-Based Data Access System." *Procedia Computer Science* 192 (2021): 497-506.
- [4] Calvanese, Diego, et al. "Ontop: Answering SPARQL queries over relational databases." *Semantic Web* 8.3 (2017): 471-487.
- [5] Bagosi, Tímea, et al. "The ontop framework for ontology based data access." *Chinese Semantic Web and Web Science Conference*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014.
- [6] Can, Özgü, and Murat Osman Ünaler. "Revisiting Ontology Based Access Control: The Case for Ontology Based Data Access." In: *Proceedings of the 8th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP 2022)*, pp. 515-518, 2022.
- [7] Ontop. (2009). Retrieved July 10, 2022, from <https://ontop-vkg.org>.
- [8] Rodriguez-Muro, Mariano, Roman Kontchakov, and Michael Zakharyashev. "Ontology-based data access: Ontop of databases." *International Semantic Web Conference*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.
- [9] Xiao, Guohui, et al. "Ontology-based data access: A survey." *International Joint Conferences on Artificial Intelligence*, 2018.
- [10] Di Pinto, Floriana, et al. "Optimizing query rewriting in ontology-based data access." *Proceedings of the 16th International Conference on Extending Database Technology*. 2013.
- [11] Askar, Majid, et al. "Ontology Based Natural Language Queries Transformation into SPARQL Queries." *Baltic Journal of Modern Computing* 8.4 (2020): 719-731.
- [12] Ronconi, Giacomo, et al. "The Mastro Protégé Plug-In for OBDA." *JOWO*. 2017.
- [13] Protégé Ontology Editor. (2022). Retrieved July 10, 2022, from <https://protege.stanford.edu>
- [14] Namic, Manuel. "R2RML mappings in OBDA systems: Enabling comparison among OBDA tools." *arXiv preprint arXiv:1804.01405* (2018).
- [15] Kalayci, E., et al. "Ontology-based access to temporal data with Ontop: A framework proposal." *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science* 29.1 (2019): 17-30.
- [16] Employees Sample Database. MySQL. Retrieved July 10, 2022, from <https://dev.mysql.com/doc/employee/en/>
- [17] Lubbad, Motaz AM. *Ontology Based Data Access with Relational Databases*. Diss. Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2018.

Akıllı Şehirlerde 3B Nokta Bulutu ile Digital Çözümler

Cihan Altuntaş^{1*}

^{1*}Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita, Konya, Türkiye (caltuntas@ktun.edu.tr) (ORCID: 0000-0002-5754-2068)

Özet – Akıllı şehir, mevcut kaynaklar ve altyapı olanakları ile ihtiyaçların etkili, verimli ve sürdürülebilir bir şekilde karşılanması için güncel teknolojinin en yüksek seviyede kullanıldığı sistemler bütünüdür. Akıllı şehirlerin başlıca bileşenleri; veri, iletişim alt yapısı ve yazılım hizmetleridir. Akıllı şehirlerde çok sayıda karar ve eylem konum analizine dayalı olarak gerçekleştirilir. Bu nedenle üç boyutlu ölçme teknikleri akıllı şehir uygulamalarının vazgeçilmez bir bileşeni ve veri kaynağıdır. Nokta bulutu ölçme verisinden cisimlerin tanımlanması, boyutlandırması, takibi yapılabilir, değişimi izlenebilir, ayrıca hareketli cisimlerin hızı ve hareket doğrultuları belirlenebilir. Nokta bulutundan çıkarılan bilgiler robotik görme, mobilite, insansız araçların navigasyonu, güvenlik, denetim, planlama ve daha pek çok amaçla kullanılmaktadır. Farklı ölçme teknikleri ile çok yoğun nokta bulutu verisi toplanarak ölçme alanı üç boyutlu modellenmektedir. Kentsel alan, arazi topografyası ve binaların modellenmesinde hava ve yersel ölçme teknikleri kullanılmaktadır. Bina bilgi sistemlerinin oluşturulmasında bina içi ölçme ve modelleme teknikleri kullanılır. Robotik uygulamalarda ölçme hızı yüksek Lidar teknikleri kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi amaca uygun nokta bulutu ölçme yöntemi seçimi çok önemlidir. Bu çalışmada üç boyutlu nokta bulutu verisi sağlayan ölçme teknikleri incelenmiş ve nokta bulutu ile gerçekleştirilebilecek kentsel uygulamalar araştırılarak örnek uygulama yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Akıllı şehir, LiDAR, Mobil LiDAR, Fotogrametri, 3B Nokta bulutu

Atf: Altuntaş, C., (2022). Akıllı şehirlerde 3B nokta bulutu ile digital çözümler. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 208-217.

Digital Solutions in Smart Cities by Using 3D Point Cloud

Extended Abstract

Research Problem/Questions – Information extracted from the point cloud is used for robotic vision, mobility, navigation of unmanned vehicles, security, inspection, planning and many more. Three-dimensional modelling is performed by collecting very dense point cloud data with different measurement techniques. Aerial and terrestrial techniques are used in modeling the urban area, land topography and buildings. In-building measurement and modeling techniques are used in the creation of building information systems. Lidar techniques with high measuring speed are used in robotic applications. As can be seen, the selection of the appropriate method for measuring point cloud is very important. Thus, it is necessary to know the point cloud measurement techniques and the applications that can be made with the use of point cloud in smart cities.

Short Literature Review – Mobile mapping systems are used to obtain street views in urban areas [7]. On the other hand, oblique aerial photographs are used in modeling the building facade [8]. The integration of areas that cannot be imaged with these measurement techniques is made with point clouds obtained by terrestrial laser scanning and photogrammetric method [9]. The obtained three-dimensional point cloud data is combined in a common coordinate system, giving a structure that can be questioned and analyzed. As a result of inquiry and analysis, computer aided systems make a decision and perform tasks such as route detection, obstacle detection, mobility, and are considered as smart city applications. The use of 3D point cloud measurement techniques is common in smart cities, especially in the fulfillment of mobility services. The mobility covers services such as robot navigation, transportation with robots, security services, driver assistance systems, unmanned vehicle navigation, traffic safety and crowd management.

Methodology – The main components of smart cities are data, communication infrastructure and software services. Spatial information has an important place in the data infrastructure and is obtained by different techniques. The collection of spatial data is carried out by different techniques. Especially, lidar measurement techniques are widely used in collecting dense point cloud data. Lidar systems are active systems and work with the supported energy. Photogrammetry with passive sensors is another data source. Point cloud surveying techniques, in which active laser and images are used together to provide location data for smart cities. In order for smart city services to be sustainable, spatial information must be up-to-date and renewed

periodically. The geometric structure of the environment and other related data are transferred to the computer environment to create a digital twin of the current situation. Since smart applications will be made on this digital data, point cloud measurement techniques have an important place especially in the perception of existing geometry.

Results and Conclusions – Traditional methods based on cameras, radar and thermal sensors in smart cities cannot provide data with sufficient accuracy in all kinds of lighting and weather conditions. Especially for mobile applications, three-dimensional point cloud measurement techniques are widely used. Lidar techniques with low energy requirements and high measurement speed are suitable for mobile mapping, 3D imaging and robotic applications. Photogrammetric point cloud is a low cost measurement technique. Its most important advantage is the ability to create a point cloud from any photograph without the need for technical knowledge. Especially UAV photogrammetry is very suitable for monitoring physical changes in urban areas. Point cloud measurement techniques enable the digitization of smart city services.

Keywords – Smart city, LiDAR, Mobile LiDAR, Photogrammetry, 3D Point Cloud

Citation: Altuntas, C. (2022). Digital solutions in smart cities by using 3D point cloud. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 208-217.

I. INTRODUCTION

Bir karar vericiye gerek kalmadan mevcut durumu analiz ederek karar verebilen otomatik sistemler için kullanılan genel ifade “akıllı sistem” dir. Şehirlerin yönetilmesinde ve insan ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılan bu sistemler “akıllı şehir”, “akıllı kent” ve “akıllı kırsal” gibi kavramları doğurmuştur. Sürücüsüz araçlar, robot navigasyonu, kentsel denetim, cisim tespiti, takibi, insan ve araç trafiğinin yönetilmesi gibi uygulamalar elde edilen üç boyutlu nokta bulutu verisi analiz edilerek otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle üç boyutlu nokta bulutu ölçme teknikleri akıllı şehir uygulamaları için vazgeçilmez bir veri kaynağıdır.

Akıllı şehirler insan ihtiyaçlarının karşılanmasında ve kaynakların yönetilmesinde etkili ve akılcı çözümler sunan hizmetler bütünüdür. Kaynakların sınırlı olması daha etkin ve verimli karar vermeyi zorunlu kılmaktadır. Bu ise ölçme ve bilgisayar teknolojilerinden daha fazla yararlanılarak mümkündür.

Kentlerin konumsal veri alt yapısının temeli coğrafi bilgi sistemi (CBS) dir. Diğer konum esaslı uygulamalar CBS ye entegre edilerek kullanılır. Bina bilgi sistemi (BIM) bina içi işlemlerin ve yapılanmanın kontrolü için kullanılır. CBS ve BIM entegrasyonunu [1] içeren akıllı şehir uygulamaları taleplerin karşılanması ve görevlerin yerine getirilmesinde daha fazla alternatif sunar.

CBS de konum verisi çeşitli kaynaklardan elde edilir. CBS'nin temel altlığı yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları ve Lidar verileridir. Bu verilerden sayısal arazi modeli (SAM) ve ortofoto haritalar üretilir. Bu temel yapı üzerine binaların üç boyutlu modelleri oluşturularak üç boyutlu kent modelleri elde edilir. Böyle bir veri altyapısına dayalı olarak her türlü konumsal sorgulama ve analiz yapılabilir. Daha ileri aşamada binaların iç ve dış detaylarını görüntüleyen modellemeler yapılır ve bina bilgi sistemleri oluşturulur. Bina bilgi sistemlerinde 3B gösterim detay zenginliğine göre üç farklı kategoride temsil edilir [2]. Her üst seviye gerçek görünüme biraz daha yaklaşıp ve daha fazla detay bilgisi içerir. LoD4 seviyesi bina içi detayları da içeren üç boyutlu görünüm seviyesidir ve duvar, tavan, pencere ve kapı gibi detaylar seçilebilir [3,4]. Bina içi detayların ölçülmesinde ve robot navigasyonunda uçuş zamanlı kamera (ToF kamera) ve Lidar ölçme teknikleri kullanılır [5,6].

Kentsel detayların cadde ve sokak görünümünün elde edilmesinde mobil haritalama sistemleri kullanılmaktadır [7].

Diğer yandan bina yan yüzeylerinin modellenmesinde eğik çekimli hava fotoğrafları kullanılır [8]. Bu ölçme teknikleri ile ölçülemeyen alanların bütünlenmesi yersel lazer tarama ve fotogrametrik yöntemle elde edilen nokta bulutları ile yapılır [9]. Elde edilen üç boyutlu nokta bulutu verileri ortak bir koordinat sisteminde birleştirilerek sorgulama ve analiz yapılabilecek bir yapı kazandırılır. Sorgulama ve analizler sonucunda bilgisayar destekli sistemler bir karar oluşturarak yön tayini, engel tespiti, gibi görevler yerine getirirler ve akıllı şehir uygulamaları olarak değerlendirilir. Akıllı şehirlerde özellikle mobil hizmetlerin yerine getirilmesinde 3B nokta bulutu ölçme tekniklerinin kullanımı yaygındır. Mobilite; robot navigasyonu, robotlarla yapılan taşımacılık, güvenlik hizmetleri, sürücü destek sistemleri, insansız araç navigasyonu, trafik güvenliği ve kalabalıkların yönetilmesi gibi hizmetleri kapsar. Bu çalışmada akıllı şehir uygulamalarında 3B algılama ve nokta bulutu ölçme tekniklerinin kullanımı ve uygulama örnekleri araştırılmıştır.

II. MATERIALS AND METHOD

A. Akıllı Şehir

Akıllı şehir ve akıllı kırsal, üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi, insan ihtiyaçlarının karşılanması, kentsel denetim ve yönetim faaliyetlerinin verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için oluşturulan veri toplama, işleme, iletişim ve karar verme sistemlerini içerir. Burada bahsedilen verimlilik kısa sürede daha düşük enerji gereksinimi ile faaliyetlerin yerine getirilmesini ifade etmektedir. Günümüzde enerji gereksinimi her geçen gün artmaktadır. Dolayısıyla akıllı şehirlerden beklenen fayda bu verimliliğin sağlanmasıdır. Nüfusun hızla artması ihtiyaçların karşılanması için mevcut kaynakların verimli kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu aşamada akıllı şehirler çevresel, sosyal ve ekonomik olarak sürdürülebilir bir gelecek amaçlar. Diğer yandan, bu amaçları gerçekleştirmekle yükümlü karar vericilere daha fazla alternatif ve etkili karar olanağı sağlar. Şehirler ne kadar akıllı sorusuna yanıt ise akıllı bileşenlerin kapsadıkları hizmetlere karşılık sayısal bir değer olarak ifade edilir [10].

Akıllı şehirlerden amaç, toplumsal yönetim ve ihtiyaçların çevreye duyarlı ve güvenli bir şekilde sağlanmasıdır. Bu amaçla çeşitli sensörler ve sensör sistemleri ile şehrin her tarafında çeşitli ölçüler yapılır ve mevcut durum görüntülenir. Sensörler bulunan konumda kullanıcılara en fazla bilgi

sağlayacak şekilde dizayn edilir. Toplanan veriler insanlar ve makinelerin daha akıllı karar verebilmelerini sağlayacak şekilde analiz edilerek bilgiye dönüştürülür. Akıllı şehirlerde karar verici birim sadece makineler ya da bilgisayarlar değildir. Akıllı şehir aynı zamanda, en uygun kararı verebilmeleri için insanlara alternatifler sunar.



Şekil 1. Akıllı şehirlerin temel bileşenleri

Akıllı şehirlerin başlıca bileşenleri, veri altyapısı, iletişim alt yapısı ve yazılım hizmetleridir (Şekil 1). Veri altyapısında konumsal bilgi önemli bir yer teşkil eder ve farklı tekniklerle elde edilir. Konum verisi alt yapısını coğrafi bilgi sistemleri oluşturur [11,12]. Konumsal verinin toplanması farklı tekniklerle gerçekleştirilir. Özellikle lidar ölçme teknikleri farklı amaçlarla yoğun nokta bulutu verisi toplamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Lidar sistemleri aktif sistemlerdir ve dışarıdan sağladıkları enerji ile çalışırlar. Pasif sensörlerle fotogrametrik ölçme diğer bir veri kaynağıdır. Aktif lazer ve fotoğrafın birlikte kullanıldığı nokta bulutu ölçme teknikleri de akıllı şehirler için konum verisi sağlar. Akıllı şehir hizmetlerinin sürdürülebilir olması için konumsal bilgiler güncel olmalı ve belirli periyotlarla yenilenmelidir. Diğer yandan, akıllı şehirlere farklı kaynaklardan da veri sağlanır. Örneğin hava kirliliği, gürültü ve su kalitesi ölçen sensörler gibi. Çevrenin geometrik durumu ve ilişkili diğer veriler bilgisayar ortamına aktarılarak mevcut durumun digital ikizi oluşturulur. Akıllı uygulamalar bu digital veri üzerinden yapılacağı için özellikle mevcut geometrinin algılanmasında nokta bulutu ölçme teknikleri önemli bir yer tutmaktadır. Akıllı şehirlerde iletişim belirli görevlerin yerine getirilmesinde internet olanaklarını ifade eder (IoT) [13,14]. Bu iletişim insan-insan (P2P), insan-makine (P2M), makine-makine (M2M) yada makine-insan (M2P) arasında olabilir. İletişim bilgisayarlar, cep telefonu yada mobil cihazlarla sağlanır. İletişim platformu sayesinde sürücüsüz araçlar, ev hizmetlerinin uzaktan kontrolü ve akıllı taşıma sistemleri gibi hizmetler yerine getirilir. Akıllı şehirlerde veri işleme birimi ihtiyaçların karşılanmasında mevcut kaynakların en etkili şekilde kullanılmasını sağlayan önemli bir bileşendir [15].

Veri işleme birimi yazılımı ile veriden bilgi çıkarımı yapılarak karar oluşturulur. Oluşturulan karar uygulamaya konularak otomatiklik derecesine göre aksiyon oluşturulur. Özellikle yapay zeka uygulamaları sayesinde pek çok hizmetin sunulmasında kalite artacaktır. Geleceğin akıllı şehirlerinde yazılımın bileşeninin daha da önemli hale geleceği değerlendirilmektedir.

B. Nokta Bulutu Ölçme Teknikleri

1. Hava 3D Lidar

Lidar algılayıcılar kentsel ve kırsal alan ölçmelerinde yaygın olarak kullanılır. Hava Lidar tekniğinde 300-3000m yükseklikten ölçü yapılır ve ölçüler yatayda 20cm, düşeyde ise 10cm civarı doğruluktur. Geiger-mode Lidar tekniğinde ölçme yüksekliği 10 km civarındadır. GPS verileri ile birlikte değerlendirildiğinde Lidar doğrudan georeferanslı veri sağlar. Kentsel planlama, bina modelleme ve afet yönetimi amacıyla yüksek yoğunluklu (70 nokta/m²) hava Lidar verileri kullanılır [16]. Kentsel modellemede Lidar veri yoğunluğu 500 nokta/m² ye kadar ulaşabilir. Ulusal boyutta daha geniş alanların ölçülmesinde daha yüksek (3000m ye kadar) seviye uçuşlarından elde edilen düşük yoğunluklu (3-15 nokta/m²) Lidar verileri kullanılır [17]. Yeni nesil Lidar sensörlerinin boyutları oldukça küçülmüş ve ağırlıkları azalmıştır. Bu sayede insansız hava aracı (İHA) larda Lidar kullanımı yaygınlaşmıştır. İHA Lidar kentsel ve kırsal alanlarda arazi topoğrafyası görüntüleme, denetim ve izleme gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Farklı periyot ölçüleri karşılaştırılarak arazide oluşan değişimler izlenebilir. Özellikle doğal afetler sonrası mevcut durum hızlıca tespit edilebilir.

Lidar ölçülerinden elde edilen çoklu dönüş sinyalleri sayısal yükseklik modeline ilave olarak başka bilgilerin de elde edilmesini sağlar. Çoklu dönüş sinyallerinden bitki örtülü alanlarda ağaç yükseklikleri ve hacimleri gibi bilgiler elde edilebilir. Ayrıca çok hızlı bir ölçme tekniği olan Geiger-mode Lidar yerde hareketli taşıtların ve diğer cisimlerin takibi ve tespiti için de kullanılabilir.

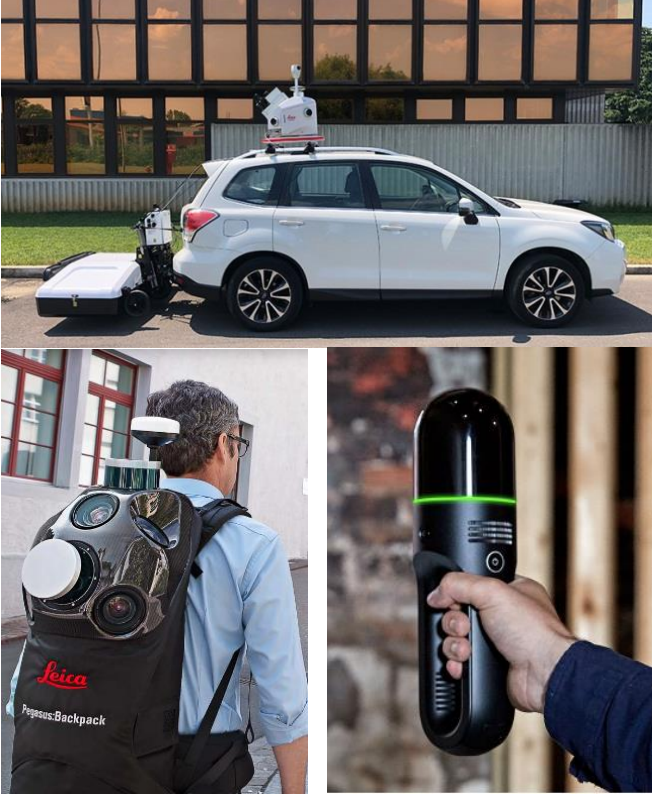
2. Yersel Mobil Lidar

Yersel mobil Lidar kara ve deniz araçlarına ve diğer hareketli platformlara yerleştirilen Lidar sensörleri ile hareket halindeyken 3B nokta bulutu ölçmeyi ifade eder. Mobil haritalama havadan ölçülemeyen kentsel detayların yüksek çözünürlüklü nokta bulutunun ölçülmesini sağlar. Kentsel alanların 3B sokak görünüşleri mobil ölçme teknikleri ile bilgi sistemlerine aktarılmaktadır. Lidar verileri ile birlikte elde edilen kamera görüntüleri renk ve doku bilgisi sağlar. Mobil Lidar verisi bulunulan noktada 3B panoramik bir görüntüleme sağlar. Mobil Lidar 3B modellemeye ilave olarak hareketli robotlar ve insansız araçlarda çevrenin görüntülenmesi ile engel tespitinde kullanılır. Mobil haritalamada doğruluk 2-3 cm civarındadır.

Kentsel alanda araçların giremediği alanlar sırt çantasında yada elde taşınabilen mobil Lidar ile ölçülmektedir (Şekil 2). GPS sinyalleri alınmayan noktalarda ölçülerin entegrasyonu SLAM yöntemi ile sağlanır. Deniz ve karanın birleştiği kıyı şeritlerinde topoğrafik yapının ve bina detaylarının görüntülenmesinde deniz araçları ile mobil ölçme gerçekleştirilir.

Mobil Lidar yönteminde aletin sarsıntılardan çok fazla etkilenmemesi için daha az hareketli parça içeren kompakt tarayıcılar kullanılır. Bu tarayıcılarda ışının yönlendirilmesi

farklı şekillerde gerçekleştirilir. Çok ışınlı Lidar (MBL) mobil haritalama ve kentsel alanların kesintisiz olarak izlenmesinde yaygın olarak kullanılır ve panoramik görüntüleme sağlar. OPA (optical phased array) ve MEMS (microelectromechanical systems) kompakt Lidar teknikleri belirli bir görüş açısı altında ölçü gerçekleştirir. Özellikle araçlarda ve hareketli robotlarda kullanımı yaygındır.



Şekil 2. Yersel mobil Lidar platformları [18]

3. Yersel Lazer Tarayıcı

Yersel lazer tarayıcı (YLT) akıllı şehir uygulamaları için zengin konum bilgisi sağlayan statik ölçme tekniğidir. Sokak ve cadde detaylarının sayısallaştırılmasında YLT oldukça kullanışlıdır. Bunun yanında akıllı şehir uygulamalarının önemli bir bileşeni olan bina bilgi sistemlerinin oluşturulmasında da yersel lazer tarayıcılar kullanılır. Bina içi detayların 3B sayısallaştırması YLT ile yapılabilir. YLT hem geometrik hem semantik bilgi toplanabilen bir ölçme tekniğidir. Bina içi ve dışı geometrik bilgiler yoğun nokta bulutu şeklinde elde edilir. Tarama ölçü doğruluğu oldukça yüksek ve milimetre seviyededir. Bina içi cisim modellemede kullanılan tarayıcıların tarama nokta sıklığı ve ölçü doğruluğu çok yüksektir. YLT, bina modellemede genellikle fotogrametrik yöntem ile birlikte kullanılır [19]. Topoğrafik ölçmelerde 6km ye kadar olan mesafede tarama yapılabilir. YLT, özellikle belirli periyotlarda ölçü gerektiren deformasyon ve değişikliklerin tespiti için oldukça kullanışlıdır [20]. Ayrıca yapımı devam eden inşaatların tamamlanma durumları periyodik ölçülerinin karşılaştırması sonucunda tespit edilebilir [21]. Uzun mesafe ölçen lazer tarayıcılarla yanına ulaşılabilen topoğrafik detaylar ölçülebilir. Endüstriyel ve tıbbi modellemede lazer ve kamera birleşiminden oluşan üçgenleme tarayıcılar kullanılır ve doğruluk oldukça yüksektir.

4. ToF Kamera (Phase-Shift)

ToF kamera video çekim hızında ölçü yapar. Ölçme hızı saniyede 100 frame olan kamera modelleri vardır. Sağladığı ölçme hızı sayesinde özellikle robotik uygulamalarda ve araç etrafındaki hareketlerin tespitinde yaygın olarak kullanılır. Bunun yanında sürekli ölçme modunda fabrika sahasındaki işçilerin izlenmesi ve olağan dışı hareketler tespit edilerek uyarı sistemi oluşturulmasında kullanılır. Özellikle kalabalık alanların gözlenmesi, insan hareketlerinin analizi kamera görüntülerinden mümkündür [22]. Hareket analizi ile olası komutların kamera ölçüsünden algılanabilir. Kameranın en önemli kullanım alanlarından birisi de bina bilgi sisteminin oluşturulmasıdır. Bina içi detaylar statik ya da mobil robotlar ile ölçülerek LoD4 seviye 3B bina modelleri oluşturulur [23,24]. Diğer yandan akıllı şehir uygulamaları kapsamında fabrika sahaslarındaki üretim bantlarının izlenmesi ve kontrol edilmesinde ToF kamera verilerinden yararlanır.

5 3D Flash Lidar Kamera (Puls-Time)

Flash kamera ışın uçuş zamanı (puls yöntemi) ile ölçü yapar ve bina içi ve açık alan ölçmeleri için uygundur. Ölçme mesafesi 5km olan kamera modelleri vardır. Kameranın görüş açısına bağlı olarak ölçme mesafesi ve piksel çözünürlüğü farklılık gösterir. Enerji gereksinimi yüksektir. Örneğin GSFL-16K Flash Lidar kameranın ölçme mesafesi 1km, nokta yoğunluğu 128x128 piksel, ölçme hızı 20Hz dir.

Geleceğin akıllı şehirlerinde araçlar sürücüsüz olarak yönetilebilecektir. Flash Lidar kamera araç etrafındaki hareketli cisimlerin tespiti ve yol takibi yapılarak sürücüye destek amaçlı kullanılmaktadır. Flash Lidar kamera ölçme hızı araçların hızları ile uyumludur ve özellikle şehir için uygulamalarda oldukça etkilidir. Bu sayede akıllı şehirlerde trafik kazaları azaltılarak yollar, araçlar ve yayalar için daha güvenli hale gelecektir. Kentsel alanların üç boyutlu modellenmesi, trafik yoğunluğunun ve araç hızlarının tespiti flash kamera ile yapılabilir.

Geleceğin akıllı şehirlerinde araçlar diğer araçlarla ve kentin alt yapısı ile iletişim halinde olacaktır. Bu iletişimin sağlanmasında flash Lidar ölçüsü önemli bir yer tutmaktadır. Flash Lidar kamera gece yada gündüz her türlü hava koşulunda kullanılabilir. Hava araçlarının takibi ve yönlendirilmesinde flash kamera kullanılmaktadır. Böylece insansız uçuş yapılabilecek ve hava araçlarının kazaları önlenecektir. İnsansız kara yada hava araçları ile taksi hizmeti sunulabilecektir.

6. Fotogrametri

Fotogrametrik nokta bulutu bindirmeli fotoğraflardan otomatik olarak oluşturulur. Hesaplama tekniklerindeki gelişmelerle birlikte fotogrametrik işlemler oldukça kolaylaşmıştır. Bilgisayar yazılımları sayesinde fotogrametrik görüntüler tam otomatik değerlendirilebilmektedir. Fotoğraflardan nokta bulutu oluşturulabilen bu yöntem SfM fotogrametri olarak da isimlendirilir. SfM tekniği ile her türlü kamera görüntüsünden nokta bulutu oluşturulabilir. Nokta yoğunluğu oldukça yüksektir. Doğruluk ölçme geometrisine bağlı olarak değişir ve birkaç santimetre civarındadır.

Fotogrametrik görüntülerin yer çözünürlüğü çekim mesafesi ve kamera piksel boyutlarına bağlı olarak değişir ve 10-50cm arasındadır. Hava fotogrametrisi özellikle kentsel planlama, 3B modelleme, ortofoto üretimi ve SAM oluşturma amacıyla kullanılır [25]. Akıllı şehir uygulamalarında LoD2 seviye 3B kent modelleri hava fotogrametrisi nokta bulutundan üretilebilmektedir. SfM fotogrametri, özellikle

planlama ve büyük çaplı afetlerin kısa sürede görüntülenmesinde kolaylık sağlar. Eğik çekimli kameralar kullanılarak kentsel alanlardaki yüksek binaların yan yüzeyleri modellenilebilmektedir [26]. Hava fotogrametrisinde ölçü doğruluğu resim ölçeğine bağlıdır ve 10cm den daha iyi konum doğruluğu elde edilir. Nokta bulutunun ölçeklenmesi ve georeferanslanması doğrudan uçuş esnasındaki GPS verileri ya da yer kontrol noktalarına dayalı olarak yapılır. Fotogrametrik görüntülerin doku bilgisi objelerin sınıflandırılması ve tanımlanmasında kullanılır [27].

Araziye ilişkin çok sayıda çalışmada İHA'lerden elde edilen yüksek çözünürlüklü fotogrametrik görüntülerden yararlanılır. Kentsel alanlarda oluşan kaçak yapılaşma ve diğer fiziksel değişimler İHA görüntülerinden oluşturulacak nokta bulutlarının karşılaştırılması ile tespit edilebilir. Benzer şekilde, doğal afetlerin etkileri oluşturulacak İHA nokta bulutundan hızlıca tespit edilebilir. Ölçü doğruluğu birkaç santimetre civarındadır.

Amatör kameralar ve cep telefonu kameraları ile alınan yersel fotoğraflardan SfM yöntemi ile georeferanslı nokta bulutu oluşturulabilir. Kentlerin üç boyutlu modellenmesinde özellikle bina cepheleri yersel fotogrametri ile yüksek çözünürlüklü olarak modellenilebilir.

C. Nokta Bulutu İşlemleri

Lidar kullanan tarayıcıların nokta bulutu XYZ koordinatları ile birlikte cisim yüzeyinden dönen ışınların yansımaya şiddetini (I) de içerir. Yansımaya şiddeti ölçme yüzeyinin materyal ve renk yapısına göre değişir. Dolayısıyla yansımaya değeri ölçülen yüzeyi tanımlamada belirli ipuçları sağlayan önemli bir ölçme datasıdır. Yansımaya değerlerinden ölçme alanının mono renkli ortofoto ve 2B görüntüleri oluşturulabilir. Lidar ölçme tekniği entegre olarak kamera da bulunduruyorsa (Örneğin yersel lazer tarayıcı) noktalar için renk (RGB) kaydı da yapılabilir.

Sadece RGB kameradan oluşan ölçme sistemleri XYZ koordinatları ve renk değerlerini (RBG) içeren nokta bulutu sağlar. Bir baz çubuğuna yerleştirilen stereo kameralar bu tür bir ölçme sistemidir. Cisim tanımlama ve sınıflandırmada renk değeri çok önemlidir.

Infrared projektör ve termal kamera bulduran ölçme sistemleri (örneğin Kinect kamera) ise görüntü piksellerinin koordinatlarını ölçer.

Akıllı şehirlerde, ölçme teknikleri ile elde edilen yoğun nokta bulutuna segmentasyon, sınıflandırma, filtreleme, mesafe (derinlik) görüntüsü, yansımaya görüntüsü işlemleri uygulanarak obje tanımlama, takip, engel tespiti, yön tayini, hareketli insan ve araç kümelerinin izlenmesi gibi amaçlarla kullanılır.

Segmentasyon: Aynı geometrik özelliğe sahip noktaların sınıflandırılarak çoklu homojen bölgeler oluşturulması işlemidir. Aynı bölgeye ait noktalar benzer özelliklere sahiptir. Segmentasyon; robotik işlemler, akıllı araçlar, sürücüsüz navigasyon ve mobil haritalamada yaygın olarak kullanılır.

Sınıflandırma: Hem geometri hem de ölçme yüzeyine ait diğer veriler kullanılarak, önceden tanımlanmış veri etiketlerine dayalı olarak genellikle makine öğrenmesi yoluyla 3B nokta bulutunun kategorize edilmesi işlemidir. Lidar verisinden çıplak yeryüzü, bitki ve su alanlarına ait noktaların sınıflandırılması gibi.

Filtreleme: Belirli büyüklükte bir kutu gezdirilerek aranan geometrik özellikteki nokta kümesinin bulunması

işlemidir. Kutu boyutu ve şekli farklılık gösterebilir. Filtreleme genellikle 3B nokta bulutundan obje tespiti, tanımlama ve takibi için yapılır. Objeye tanımlama, objenin şekil, boyut ve dönüklüğünün belirlenmesi ve tanımlı koordinat sisteminde konumunun ifade edilmesini içerir.

Mesafe (Derinlik) görüntüsü: Derinlik görüntüsü görüntü alanındaki cisimlerin 3B ölçme aletinin faz merkezine (ya da seçilen bir noktaya) ya da görüntü düzlemine uzaklıklarına (Z koordinatına) göre oluşturulur. Detaylar seçilen renk tonu ile renklendirilir. Özellikle renk çeşitliliği bulunmayan ve algılamada zorluk çekilen görüntü alanı detaylarını tanımlamada kullanılır. Özellikle karanlık ortam şartlarında alınan Lidar ölçülerinden çevresel geometri analizinde çok kullanılır.

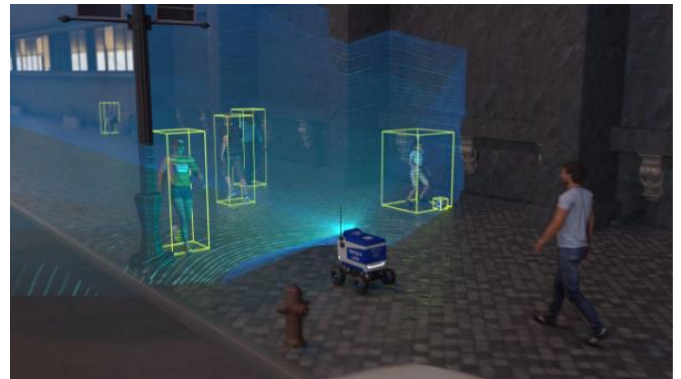
Yansımaya görüntüsü: Lidar nokta bulutunun içerdiği yansımaya değerleri ile oluşturulan 2B gri tonlu mono renkli fotoğraflık görüntüdür.

D. 3B Nokta Bulutu ile Akıllı Şehir Uygulamaları

3B nokta bulutu ölçme teknikleri ile çok sayıda akıllı şehir uygulamaları gerçekleştirilebilir. Başlıca uygulamalar aşağıda detaylandırılmıştır.

1. Mobil Robot Navigasyonu

Kendi kendine hareket eden robotlar pek çok şehirde güvenlik, kargo taşımacılığı ve temizlik işleri gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Şekil 3). Robotları hareket yönlerini tayin edebilmeleri için çevresindeki engelleri tespit ederek karar vermeleri gerekir. Çevrenin geometrik durumunu algılamada robot üzerine yerleştirilen lazer tarayıcı ya da Lidar kamera kullanılır. Özellikle MBL tarayıcı panoramik ölçme ve algılama sağlar. Diğer yandan flash lidar kamera da belirli bir görüş açısı ile algılama yapar. Robotlar hareketli olduklarından kullanılan sensör sarsıntılardan etkilenmeyen ya da çok az etkilenen bir yapıda olmalıdır. Bu amaçla kullanılan sensörlerden biriside solid-state lazer tarayıcılarıdır.



Şekil 3. 3B Lidar sensörü ile donatılmış mobil robot ile kargo dağıtımı [28]



Şekil 4. Lazer tarayıcı destekli endüstriyel otonom mobil robot [28]

Lidar, mobil robotların insan müdahalesi olmadan özerk ve güvenli bir şekilde çalışmasını ve navigasyonunu sağlar. Ayrıca değişen sıcaklık, aydınlatma ve yağış dahil olmak üzere çok zorlu iç ve dış çevre koşulları da otonom mobil robotların kullanımını gerektirir (Şekil 4).

2. Trafik Akışı Denetleme

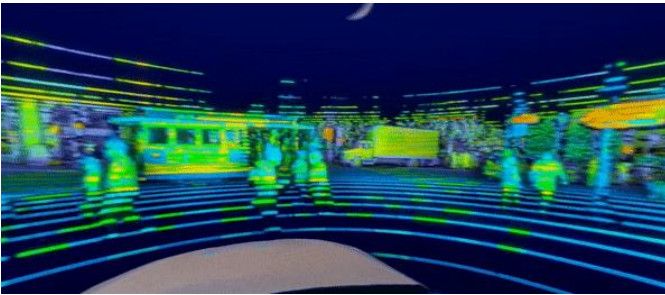
Şehrin belirli noktalarına konulan lazer tarayıcı ve kamera ile trafik akışı canlı olarak izlenir (Şekil 5). Araçlar trafik yoğun güzergahlar konusunda uyarılarak alternatif güzergah önerileri ile trafik akışı rahatlatılır ve karbon salınımı azaltılır. Aynı şekilde yaya trafik akışı da izlenerek yayalar ve araçlar için bilgilendirme ve yönlendirme yapılır. 3B nokta bulutundan yayalar ve araçlar için tespit, tanımlama ve izleme yapılabilir. Ayrıca konum, boyut ve hızları belirlenebilir.



Şekil 5. Sürekli ölçüm yapan lidar ile araç ve yaya trafiği izleme [28,29]

3. Yaya Güvenliği

Özellikle araçların yayalara verebileceği zararların önlenmesinde araç üzerinde konumlandırılmış Lidar sensörleri kullanılır. Araç etrafındaki bisikletli, yaya ve hareketli diğer cisimler nokta bulutu analizinden kolayca tespit edilebilir (Şekil 6). Araç için bir uyarı sinyali oluşturulur ve frenleme yapılır. Bu işlem hem sürücü kontrolünde hem de sürücüsüz araçlar için yapılabilir. Otomobil üzerine konumlandırılmış kamera fotoğrafları ile de yaya güvenliği uygulamaları vardır. Ancak Lidar kadar etkili değildir. Lidar sensörleri geniş bir görüş alanı sağlar ve gece gündüz koşullarında kullanılabilir. Bu tür akıllı şehir uygulamaları belediye yönetimlerinin vatandaşları için daha güvenli yaya trafiği oluşturmaya yardımcı olur.



Şekil 6. Kalabalık bir kavşakta yaya ve araç trafiğine ait Lidar nokta bulutu verisi [28]

4. Kalabalık Yönetme ve Yönlendirme

Kalabalık insan topluluklarının bulunabileceği hava alanı, müze, lokanta ve kafeler Lidar tarayıcı ve kameralar ile

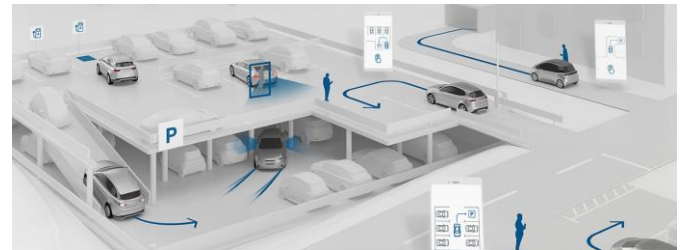
izlenerek yönlendirme yapılır (Şekil 7). Nokta bulutundan kişi sayımı yapılarak merkezi bir iletişim sistemi ile belediye ve hükümet yetkililerine ulaştırılır ve gerekli yönlendirmeler yapılır. Böylece şehir altyapısının daha verimli kullanımı sağlanmış olur. Ayrıca Covid-19 salgını sürecinde gördüğümüz gibi kişiler arası güvenli mesafenin sağlanmasında denetim ve uyarı yapılabilir. Kişi sayımı yapılarak sayı sınırlaması olan kapalı alanlara gereğinden fazla sayıda kişinin girmesi önlenir. Örneğin tek bir Lidar tarayıcı (Quanergy MQ-8) ile 140m yarıçaplı bir alanda 300 kişi ve araç böyle bir sistem tarafından aynı anda tespit edilebilmektedir.



Şekil 7. Farklı noktalara yerleştirilen lazer tarayıcı ile kişi tespiti ve takibi [29]

5. Park Yeri Tespiti

Park yerleri Lidar tarayıcı ile sürekli izlenerek araçlar boş park yerlerine yönlendirilir (Şekil 8). Böylece araçların daha kısa sürede park etmesi sağlanarak karbon salınımı azaltılmış olur. Park edecek araçlarda sürücü yardımı varsa kendi kendine park edebilir. Park alanı çizgisi sistemde tanımlı olacağı için çizgi dışı alana park edilmesi önlenmiş olur. Park uygulaması katlı otopark alanları için de uygulanabilir. Panoramik tarama yapan lazer tarayıcılar açık ve kapalı park uygulamaları için uygundur. Ancak kapalı alan uygulamalarında ToF kamera da kullanılabilir.



Şekil 8. Park yeri tespiti [30]

6. Sürücü Destek ve Otomasyonu

Hareketli araçlarda otomatiklik seviyesi farklı derecelerde ifade edilmektedir. Bazı otomatik sistemler mevcut durumu analiz ederek sürücüyü uyarırken (sürücü destek sistemi) bazılarında araç kendisi doğrudan reaksiyon gösterebilmektedir (Şekil 9). Kara ve hava araçları nokta bulutu verisini analizi ederek kendi yolunu bulabilir ve sürücüsüz olarak yol alabilir. Bu şekilde otomatik kontrolü yapılan araçlarda kaza riski en az seviyeye inecektir. Bu taşıtlar yolcu ve kargo taşımacılığında kullanılabilir. MBL

panoramik lazer tarayıcı bu işlem için uygun bir seçimdir. Diğer yandan flash Lidar kamera İHA'ların uçuş yüksekliğini belirlemede kullanılmaktadır. Sürücüsüz navigasyon deniz araçları için de uygulanmaktadır. Otonom araçlar taşıt, bisiklet ve yaya güvenliğinin sağlanmasına da katkı sağlayacaktır. Otonom sistemlerin başarısı araç çevresini görüntüleyen sensörlere ve elde edilen nokta bulutu verisinin analizine bağlıdır.



Şekil 9. Araç etrafı obje tespiti ve sürücü destek sistemi [31]

7. Fabrikalarda Üretim Hattı Otomasyonu

Özellikle Lidar kameralar üretim bantlarından çıkan ürünlerin şekil bozukluğu denetimi, paketlenmesi ve dağıtımında kullanılmaktadır. Üretim aşamalarının dijitalleştirilmesinde ve akıllı üretim tekniklerinin oluşturulmasında Lidar sensörlerin katkısı çok fazladır. Ayrıca, fabrika sahasındaki işçi hareketleri izlenerek olağan dışı düşme ve kayma gibi durumlarda güvenlik uyarısı yapılabilmektedir.

8. 3B Haritalama ve Görüntüleme

Akıllı şehir uygulamalarının çoğu 3B veri tabanına dayalı olarak gerçekleştirilir. Bu nedenle özellikle kentler için 3B modellerinin oluşturulması çok önemlidir. 3B kent modellerinin oluşturulmasında mobil Lidar hızlı ve düşük maliyetli bir görüntüleme sağlar. Diğer yandan mobil haritalamada fotogrametrik nokta bulutu tekniği de kullanılmaktadır. Lidar tekniği veri kalitesi ve doğruluk bakımından fotogrametrik yönteminden daha başarılıdır. Bina içi ayrıntı seviyelerinin modellenmesinde (LoD4) ise Lidar kamera ve kısa ölçme mesafeli optik mobil tarayıcılar kullanılır.

9. Akıllı Tarım

Akıllı tarım uygulamalarında GPS destekli sistemler kullanılmaktadır. Ancak bu sistemler gerekli verim ve tarımsal güvenliğin sağlanması için yeterli değildir. GPS'e ilave olarak ortamın 3B görüntüsünü sağlayan sensörler engel algılama, bitki türü tanımlama, analiz ve güvenlik için daha fazla olanak sağlar. Lidar, tarımsal faaliyetlerde 3B görüntülemeyi sağlayacak düşük maliyetli ve güvenilir bir ölçme tekniğidir [32]. Bu sayede tarımsal üretimin en önemli faktörü olan maliyetin azalması sağlanmış olacaktır.

III. UYGULAMA

Araç üzerine monte edilen Ouster OS1 MBL ile mobil Lidar ölçüsü gerçekleştirilmiştir. OS1 (L3 Chip) Lidar ışını

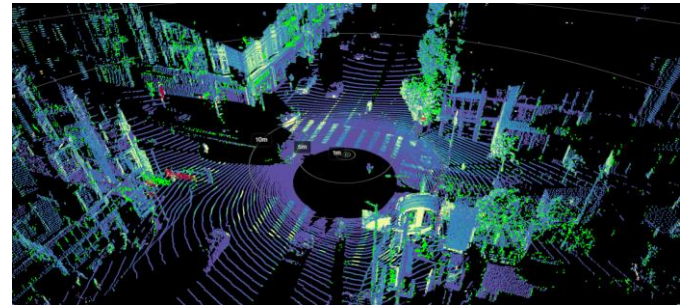
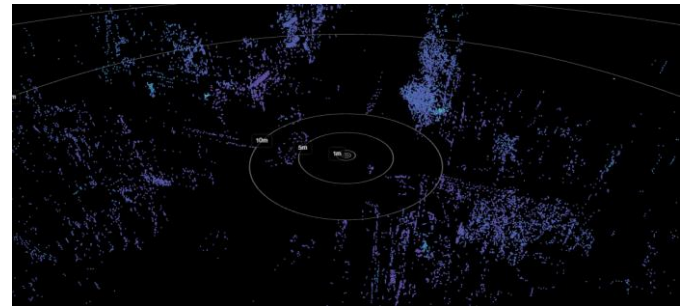
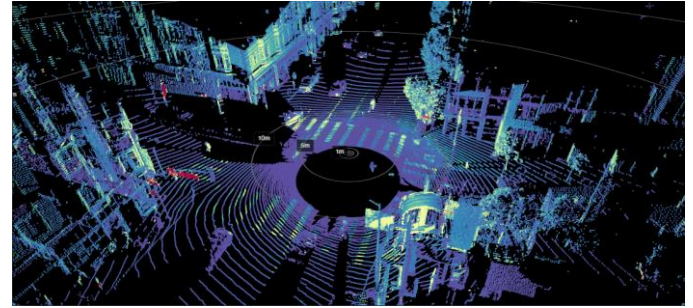
yansıtma oranı %80 olan yüzeyler için 200m ölçme mesafesine sahiptir (Table 1). Ölçme verisi koordinat bilgisi yanında yansıma değerlerini de içermektedir. Nokta bulutu yoğunluğu ölçme mesafesine bağlı olarak azalmaktadır.

Table 1. Ouster OS1(L3 Chip) teknik özellikleri [33]

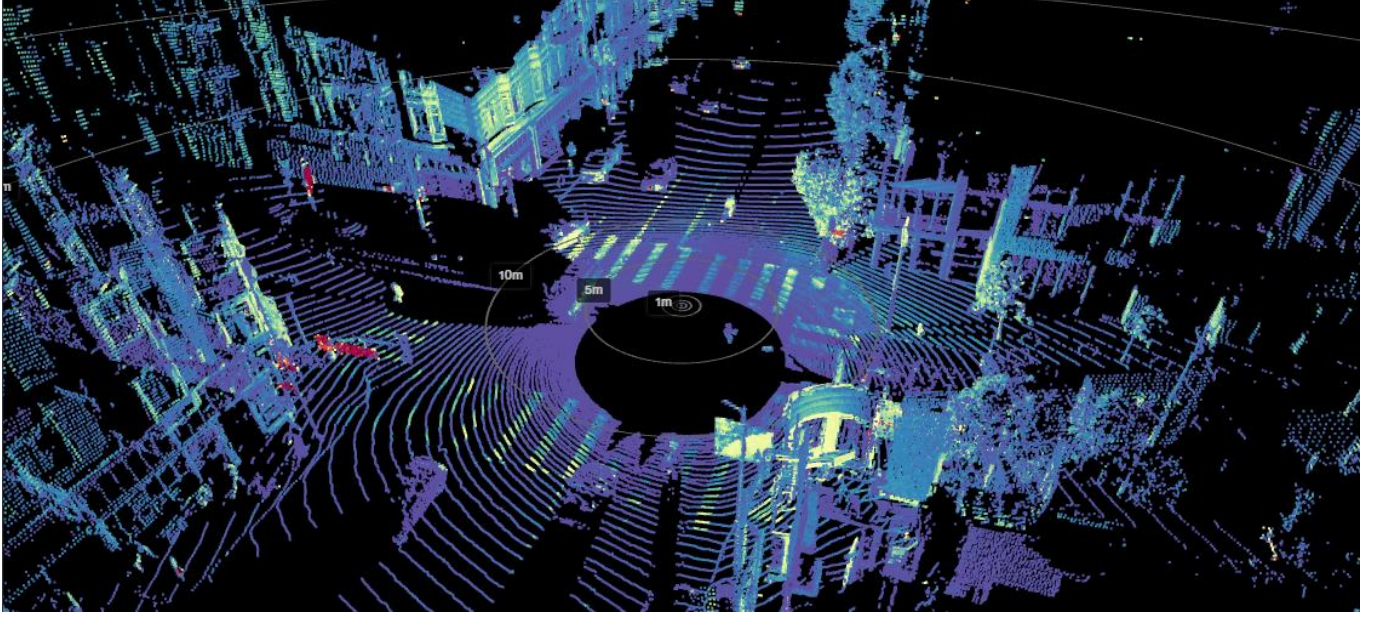
Ölçme mesafesi	90m@%10, 200m@%80
Düşey görüş açısı	45°
Işınsal çözünürlük	128 kanal
Ölçme hızı	5.2M pts/s
Ölçme hassasiyeti	± 0.7cm
Kamera	NI-Entegre
Ağırlık	447g

OS1 Lidar iki dönüş sinyali kaydeder. Bu sayede ışın doğrultusundaki farklı detaylar ortaya çıkarılabilir. Bu ölçme datasının birinci ve ikinci dönüş sinyallerine ait nokta bulutu görüntüsü Şekil 10 da görülmektedir. İkinci dönüş sinyali sayesinde ağaçlar tespit edilebilmiştir.

Lidar aleti merkez kabul edildiğinde nokta bulutunun ölçme mesafesine göre renklendirilmiş görüntüsü cisimlerin uzaklıklarını göstermektedir (Şekil 11). Nokta bulutundan oluşturulan 2B mesafe ve yansıma görüntüleri Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 10. Ouster OS1 Lidar ilk (üstte) ve son (orta) sinyal dönüşlerine ait nokta bulutu görüntüleri. İki dönüş sinyali yeşil ile renklendirilerek her iki dönüş sinyalinin birlikte görünümü alttaki şekildedir.



Şekil 11. Ouster OS1 nokta bulutu verisi



Şekil 12. Ouster OS1 nokta bulutu verisinden üretilmiş 2B mesafe (üst), yansımaya (orta), sinyal (alt) değerleri görüntüsü

Tablo 2. 3B ölçme sensörlerinin genel özellikleri

3B ölçme tekniği	Entegre RGB kamera	Ölçme datası	Görüş alanı ölçme	Mobil ölçme	Örnek ölçme aleti
Lidar	Yok	X,Y,Z	Eş zamanlı matris görüntüleyici	Evet	Geiger mode Lidar
Lidar	Yok	X,Y,Z,I	Ardışık blok nokta tarama	Evet	Hesai/PandarGT-L60
Lidar	Var	X,Y,Z,I,R,G,B	Ardışık nokta tarama	Evet	Leica City Mapper II
ToF Lidar kamera (phase shift)	Yok	X,Y,Z,I	Eş zamanlı matris görüntüleyici	Evet	SR4000
3D Flash Lidar kamera (Puls time)	Var	X,Y,Z,I,R,G,B	Eş zamanlı matris görüntüleyici	Evet	GSFL-16K
Serbest el RGB Kamera	Var	X,Y,Z,R,G,B	Post proses, eş zamanlı	Hayır	Amatör kamera, akıllı telefon kamerası
Stereo Kamera	Var	X,Y,Z,R,G,B	Eş zamanlı	Evet	ZED stereo kamera
Lidar+Kamera	Var	X,Y,Z,R,G,B	Ardışık nokta tarama	Hayır	Konica Minolta Vivid 910

IV. TARTIŞMA

Akıllı şehir, bilgilerin ve kamu hizmetlerinin sayısallaştırılmasını sağlar. 3B nokta bulutu ölçüm teknikleri 3B izleme ve mekansal analiz için yüksek yoğunluklu konum bilgisi sağlar. 3B nokta bulutu konum bilgisine ilave olarak görüntü objelerinin boyutları, sınıflandırılması ve hareketli obje takibini sağlar. Segmentasyon ve sınıflandırma ile nokta bulutu verilerinden daha fazla bilgi elde edilir. Bu adımda akıllı şehrin yazılım bileşenleri de önemli rol oynar. 3B Lidar, akıllı şehir uygulamalarında doğru ve etkili çözümler sunar. Lidar geometrik konum bilgisine ilave olarak yansıma değerlerini de kaydeder. Yansıma değeri cismin türünü tespit ve sınıflandırılmasında ilave bilgi sağlar. Lidar sadece geometrik bilgi kaydı yaptığından kamusal alanda kullanılmasında kişisel veri güvenliği açısından yasal bir sorun oluşturmaz. Fotogrametrik nokta bulutu tekniğinde konum bilgisine ilave olarak doku bilgisi de kaydedilmektedir. Bu nedenle kamuya açık alanlarda kişisel bilgi bakımından sakıncaları bulunmaktadır.

Lidar gece ve gündüz koşullarında kullanılabilirken fotoğraflar yalnızca gündüz elde edilebilir. Yüksek ölçme hızına sahip lazer tarama ve kamera sistemleri ile mobil ölçme yapılabilir. Şehirlerde kavşak noktalarına yerleştirilen Lidar sensörler ile sürekli modda 3B veri kaydı yapılabilir. Bu sayede yaya ve araç hareketleri izlenerek denetleme yapılabilir. Fotogrametrik nokta bulutu oluşturmada herhangi bir teknik bilgiye ihtiyaç olmaması yaygın bir kullanım olanağı sağlamaktadır. Her türlü kamera ile alınan görüntülerden 3B fotogrametrik nokta bulutu oluşturulabilir. Düşük maliyetli bir ölçme tekniğidir. Çoğu 3B modelleme uygulaması Lidar ve fotogrametri yöntemlerinin birlikte kullanılmasını gerektirir.

Lidar aktif bir ölçme tekniğidir ve dışarıdan sağlanan enerji ile çalışır. Dolayısıyla Lidar seçiminde enerji gereksinimi düşük aletler tercih edilmelidir. Üç boyutlu ölçme tekniklerinde Lidar ve kamera tek başına yada birlikte kullanılır. Lidar çoklu dönüş verisi ışın doğrultusundaki farklı mesafelerin ve dolayısıyla detayların algılanmasını sağlar. Lidar sistemleri noktalara renk değeri atanması için kamera görüntülerine ihtiyaç duyar. Buna göre Lidar ve kamera içeren ölçme tekniklerinin genel özellikleri Tablo 2 de verilmiştir.

V. SONUÇ

Akıllı şehirlerde kamera, radar ve termal sensörlere dayalı geleneksel yöntemler her türlü aydınlanma ve hava koşullarında yeterli doğrulukta veri sağlayamazlar. Özellikle mobil uygulamalar için üç boyutlu nokta bulutu ölçme teknikleri yaygın kullanım alanıdır. Düşük enerji gereksinimi olan ölçme hızı yüksek tarama yada kamera Lidar teknikleri mobil haritalama, üç boyutlu görüntüleme ve robotik uygulamalar için uygundur. Lidar verisinden oluşturulan mesafe ve yansıma görüntüleri renk değerine yardımcı olarak görüntü alanı geometrisini doğru algılamada önemlidir. Fotogrametrik nokta bulutu düşük maliyetli bir ölçme tekniğidir. En önemli üstünlüğü her türlü fotoğraftan teknik bilgi gereksinimi olmadan nokta bulutu oluşturulabilmesidir. Özellikle İHA fotogrametrisi kentsel alanlardaki fiziksel değişimlerin izlenmesi için çok uygundur. Nokta bulutu ölçme teknikleri akıllı şehir hizmetlerinin sayısallaştırılmasını sağlar. Daha yoğun nokta bulutu doğru ve hızlı karar vermeyi kolaylaştırır. Hava nokta bulutu ölçme teknikleri geniş alanların haritalanması ve sayısal arazi modelinin oluşturulması yersel yöntemler ise sokak görünümü ve cisim modelleme için uygundur. Hava ve yersel yöntemler akıllı şehir uygulamaları için birbirini destekler şekilde kullanılmalıdır.

ACKNOWLEDGMENT

Yazar, Lidar ölçme verisi teminindeki işbirliği için OUSTER Lidar firmasına teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] M. Garramone, N. Moretti, M. Scaioni, C. Ellul, F. ReCecconi and M.C. DeJaco, "BIM and GIS integration for infrastructure asset management: A bibliometric analysis," *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. VI-4/W1-2020, pp. 77-84, 2020.
- [2] F. Biljecki, H. Ledoux, J. Stoter and G. Vosselman, "The variants of an LOD of a 3D building model and their influence on spatial analyses," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 116, pp. 42-54, 2016.
- [3] H. Fan and I. Meng, "Automatic derivation of different levels of detail for 3D buildings modeled by CityGML". *24th International Cartography Conference*, 2016, Santiago, Chile, 15-21 Novenber, pp. 15-21.

- [4] G.A. Nys, F. Poux, and R. Billen, "CityJSON building generation from airborne LiDAR 3D point clouds," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 9, 521, 2020.
- [5] F. Chiabrando, V. Di Pietra, A. Lingua, Y. Cho and J. "Jeon, An original application of image recognition based location in complex indoor environments." *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 6, 56, 2017.
- [6] C. Wang, S. Hou, C. Wen, Z. Gong, Q. Li, X. Sun and J. Li, "Semantic line framework-based indoor building modeling using backpacked laser scanning point cloud," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 143, pp. 150-166, 2018.
- [7] S. Nebiker, J. Meyer, S. Blaser, M. Ammann and S. Rhyner, "Outdoor mobile mapping and AI-based 3D object detection with low-cost RGB-D cameras: The use case of on-street parking statistics," *Remote Sens.*, vol. 13, 3099, 2021.
- [8] I. Toschi, M.M. Ramos, E. Nocerino, F. Menna, F. Remondino, K. Moe, D. Poli, K. Lrgat and F. Fassi, "Oblique photogrammetry supporting 3D urban reconstruction of complex scenarios." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLII-1/W1, pp. 519-526, 2017.
- [9] D. Anton, P. Pineda, B. Medjdoub and A Iranzo, "As-built 3D heritage city modelling to support numerical structural analysis: Application to the assessment of an archaeological remain." *Remote Sens.*, vol. 11, 1276, 2019.
- [10] R. Giffinger and H. Gudrun, "Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of the cities?. ACE: Architecture," *City and Environment*, vol. 4, No. 12, pp. 7-26, 2010.
- [11] B. Yang, "Developing a mobile mapping system for 3D GIS and smart city planning." *Sustainability*, vol. 11, 3713, 2019.
- [12] S. Shirowzhan, W. Tan and S.M.E. Sepasgozar, "Digital twin and CyberGIS for improving connectivity and measuring the impact of infrastructure construction planning in smart cities," *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, vol. 9, 240, 2020.
- [13] T.H. Kim, C. Ramos and M. Sabah, "Smart City and IoT," *Future Generation Computer Systems*, vol. 76, pp. 159-162, 2017.
- [14] A.S. Syed, D. Sierra-Sosa, A. Kumar and A. Elmaghraby, "IoT in smart cities: A survey of technologies, practices and challenges." *Smart Cities*, vol. 4, pp. 429-475, 2021.
- [15] J.M.L. Domínguez, F. Al-Tam, T.J.M. Sanguino and N. Correia, "Analysis of machine learning techniques applied to sensory detection of vehicles in intelligent crosswalks." *Sensors*, vol. 20, 6019, 2020.
- [16] B. Höfle and M. Hollaus, "Urban vegetation detection using high density full waveform airborne lidar data-combination of object-based image and point cloud analysis." *Int. Arch. Photogramm Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, vol. XXXVIII-7B, pp. 281-286, 2010.
- [17] M.H. Stanley and D.F. Laefer, "Metrics for erial, urban LiDAR point clouds," *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 175, pp. 168-181, 2021.
- [18] Leica Geosystems. Available: <https://leica-geosystems.com/products/mobile-mapping-systems> (Erişim Tarihi: 08.05.2022)
- [19] C. Altuntas, "Integration of point clouds originated from laser scanner and photogrammetric images for visualization of complex details of historical buildings." *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XL-5/W4, pp. 431-435, 2015.
- [20] S.M.E. Sepasgozar, P.J. Forsythe and S. Shirowzhan, "Scanners And Photography: A Combined Framework," *40th Australasian Universities Building Education Association (AUBEA) Conference*, 2016. Cairns, Australia , 6-8 July, pp. 819-828.
- [21] S. Sepasgozar, S. Lim, S. Shirowzhan, P. Kim and Z.M. Nadoushani, "Utilisation of a new terrestrial scanner for reconstruction of as-built models: A comparative study," *International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 2015, Oulu, Finland, 15-18 June, pp. 1-9.
- [22] H. Lahamy and D.D. Lichti, "Towards real-time and rotation-invariant American sign language alphabet recognition using a range camera." *Sensors*, vol. 12, no. 11, pp. 14416-14441, 2012.
- [23] M. Yekkehfallah, M. Yang, Z. Cai, L. Li and C. Wang, "Accurate 3D localization using RGB-TOF camera and IMU for industrial mobile robots," *Robotica*, vol. 39, no. 10, pp. 1816-1833, 2021.
- [24] J. Wülfing, J. Hertzberg, K. Lingemann, A. Nüchter, T. Wiemann, and S. Stiene, "Towards real time robot 6D localization in a polygonal indoor map based on 3D ToF camera data." *IFAC Proceedings*, vol. 43, No. 16, pp. 91-96, 2010.
- [25] L. Cao, H. Liu, X. Fu, Z. Zhang, X. Shen and H. Ruan, "Comparison of UAV LiDAR and digital aerial photogrammetry point clouds for estimating forest structural attributes in subtropical planted forests," *Forests*, vol. 10, 145, 2019.
- [26] N. Haala, M. Rothermel and S. Cavegn, "Extracting 3D urban models from oblique aerial images, Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE)," *IEEE Xplore*, vol. 15201729, pp. 1-4, 2015.
- [27] R. Niederheiser, M. Winkler, V. Di Cecco, et. al., "Using automated vegetation cover estimation from close-range photogrammetric point clouds to compare vegetation location properties in mountain terrain." *GIScience & Remote Sensing*, Vol. 58, No. 1, pp. 120-137, 2021.
- [28] Velodyne Lidar, Available: <https://velodynelidar.com/products/velarray-m1600/> (Erişim Tarihi: 08.05.2022)
- [29] Quanergy, Available: <https://quanergy.com/applications/smart-city/> (Erişim Tarihi: 06.05.2022)
- [30] Bosch, Available: <https://www.bosch.com.tr/ueruen-vehizmetlerimiz/akilli-sehirler/> (Erişim Tarihi: 06.05.2022)
- [31] Hitachi, Available: https://social-innovation.hitachi/en-us/think-ahead/transportation/?WT.ac=si_us_sp_thiah_tran (Erişim Tarihi: 10.05.2022)
- [32] Paulus, S., 2019. Measuring crops in 3D: using geometry for plant phenotyping, *Plant Methods*, 15, 103.
- [33] Ouster, Available: <https://ouster.com/products/scanning-lidar/os1-sensor/> (Erişim Tarihi: 21.11.2022).

Nikel-Metal Hidrit Piliin Aşırı Şarj Durumuna Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi Cevabı

Ertan Ince¹, Salim Erol^{2*}

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye
(ertann@hotmai.com) (ORCID: 0000-0003-2197-5598)

^{2*} Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye
(esalim@ogu.edu.tr) (ORCID: 0000-0002-7219-6642)

Türkçe Özet – Bu çalışmada ikincil piller arasında yaygın olarak kullanılan AAAHR03 model 1,2 V nominal potansiyelde ve 950 mAh kapasiteye sahip ticari nikel-metal hidrit (Ni-MH) pilinin, açık devre potansiyeli, aşırı şarj durumu ve farklı potansiyellerdeki 10 kHz – 10 mHz frekans aralığında empedans ölçümleri incelenip eşdeğer elektrik devresi ile birlikte değerlendirilmiştir. Bu tekrar şarj edilebilir pilin empedans cevapları ve geliştirilen eşdeğer devre modeli ile pilin önemli fiziksel parametreleri saptanmıştır. Aşırı şarj pilin kötüye kullanımının bir örneği olmasına rağmen empedans ölçümleri sonucunda Ni-MH pilinin 1,5 V'a kadar aşırı şarja dayanıklı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, geliştirilen modelin, enerji ihtiyacının karşılanması ve gelecekte üretilecek pillerin tasarımı için etkili olabileceği ve büyük bir potansiyele sahip olduğu ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler – Ni-MH pili, elektrokimyasal empedans spektroskopisi, aşırı şarj, eşdeğer elektrik devresi, açık devre potansiyeli

Atf: Ince, E., Erol, S. (2022). Nikel Metal Hidrit Piliin Aşırı Şarj Durumuna Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi Cevabı. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 218-222.

Electrochemical Impedance Spectroscopy Response of Nickel-Metal Hydride Battery to Overcharge Condition

Abstract

In this study, open circuit potential, impedance measurements in the frequency range of 10 kHz – 10 mHz at different potentials including overcharge, and equivalent electrical circuit of the commercial AAAHR03 model nickel-metal hydride (Ni-MH) battery with 1.2 V nominal potential and 950 mAh capacity were evaluated. With the impedance responses of this rechargeable battery and the developed equivalent circuit model, the important physical parameters of the battery were determined. Even though overcharging is a case of battery abuse, as a result of impedance measurements, it has been observed that the Ni-MH battery is resistant to overcharging up to 1.5 V. In addition, it has been demonstrated that the developed model has great potential and can be effective for meeting energy needs and for the design of batteries to be produced in the future.

Keywords – Ni-MH battery, electrochemical impedance spectroscopy, overcharge, equivalent electric circuit, open circuit potential

Citation: Ince, E., Erol, S. (2022). Electrochemical Impedance Spectroscopy Response of Nickel-Metal Hydride Battery to Overcharge Condition. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 218-222.

I. GİRİŞ

Bir elektrokimyasal güç kaynağı veya pil, bir kimyasal reaksiyonda serbest kalan enerjinin doğrudan elektriğe dönüştürülmesini sağlayan bir cihazdır. Piller iki ana işlevi yerine getirir. Birincisi ve en önemlisi, taşınabilir elektrik enerjisi kaynakları olarak işlev görürler. Önümüzdeki 20 yıl boyunca önem kazanması muhtemel olan ikinci fonksiyon, bazı elektrokimyasal sistemlerin harici bir kaynak tarafından sağlanan elektrik enerjisini saklama yeteneğine dayanıyor. Bu tür piller, elektrikli taşıtların sürülmesi, acil durum güç kaynakları için ve kısa süreli talep zirvelerinin (yük dengelemesi) karşılanması için ana elektrik besleme sisteminin bir parçası olarak veya güneş, dalga veya rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile uyumlu bir şekilde kullanılabilir [1].

Pilleri sınıflandırmanın iki kullanışlı yolu vardır. Birincisi, bir kez deşarj edilen ve sonra atılan "birincil piller" ve tekrar şarj edilen ve böylece birçok kez kullanılan "ikincil piller" arasında ayırım yapmaktır. İkinci yararlı ayırım, bireysel satın alınan "tüketici pilleri" ile sanayi ve ticarete kullanılan "endüstriyel piller" arasındadır. Tüketici bataryalarının çoğu küçük, tek hücreli cihazlardır (otomobil marş bataryasının dikkate değer istisnası hariç), endüstriyel bataryalar daha büyük, şarj edilebilir çok hücreli modüller olma eğilimindedir [2].

Tüketici pazarı, yüksek enerji yoğunlukları ve küçük boyutlar gerektiriyor. Bu, gittikçe daha güçlü ve güç olarak aç hale gelen taşınabilir cihazlarda yeterli çalışma süresi sağlamak için yapılır. Taşınabilir ekipmanın hızla küçülmesi, üreticilere daha küçük pilleri icat etmeleri için baskı yaptı. Ancak bu, çalışma süresinden ödün vermeden yapılmalıdır. Bir pakette daha fazla enerji depolamak, diğer kaliteler genellikle tehlikeye girer. Bunlardan biri de uzun ömürlülüktür [3].

Nikel-metal hidrit (Ni-MH) piller esasen, kanıtlanmış sızdırmaz nikel-kadmiyum pil teknolojisinin, kadmiyum bazlı elektrot yerine hidrojen emici bir negatif elektrotun ikame edilmesiyle bir uzantısıdır. Bu ikame, belirli bir ağırlık ve hacim için bataryanın elektrik kapasitesini (amper-saat olarak ölçülür) artırır, toksisite kaygılarını artıran kadmiyumu ortadan kaldırır, nikel-metal hidrit pilin geri kalanı, nikel-kadmiyum ürüne oldukça benzerdir. İki pil tipi arasında birçok uygulama parametresi değişmez [4].

Elektrokimyasal hücrelerin davranışını tanımlamak için kullanılan önemli ve pratik yöntem, parametrelerin kısa bir açıklaması ve bu elektrokimyasal sistemlerin temel özelliklerinin basit eşdeğer elektrik devrelerinin kullanımı ile nasıl modellenebileceği izlemektir [5].

Ni-MH pilleri üzerine yapılan çalışmalarda Ying Zhu ve arkadaşları [6] araştırmalarında elektrokimyasal empedans spektroskopisini (EIS) ve X-ray spektroskopisini (EDX) birlikte kullanarak Ni-MH piller için eşdeğer devre modellemesini çizerek, pilin içinde gerçekleşen kimyasal reaksiyonları incelemişlerdir. Bu çalışmamızda pilin davranışını anlayabilmek için elektrokimyasal empedans spektroskopisinin ile elde ettiğimiz verileri kullanarak, pilin eşdeğer devre modelini çizdik ve gerekli parametreler üzerinden yorumlamalar yaptık. Bir diğer çalışmada ise Kwo-hsiung Young ve Shigekazu Yasuoka [7] Ni-MH pillerde taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve X-ışını enerji dağılım spektroskopisi (EDS) kullanarak, kapasite düşme mekanizmalarına yönelik araştırmalar yapmıştır. Bu

çalışmamızda aşırı şarjın Ni-MH pilinin kapasitesine olan etkilerini EIS yardımı ile araştırdık.

Bu çalışmada tüketicilere yönelik üretilmiş, GP ReCyk0+ marka AAAHR03 Ni-MH pilinin aşırı şarja zorlanması durumunda EIS yöntemi kullanılarak, aşırı şarj durumunda empedans verilerinde ne gibi değişiklikler olduğunu gözlemlemek, hangi potansiyelde bozulduğunu empedans verilerini yorumlayarak belirlemek, çalışma aralığını belirlemek ve eşdeğer elektrik devre modellemesini yapmak amaçlanmıştır.

II. MALZEME VE YÖNTEM

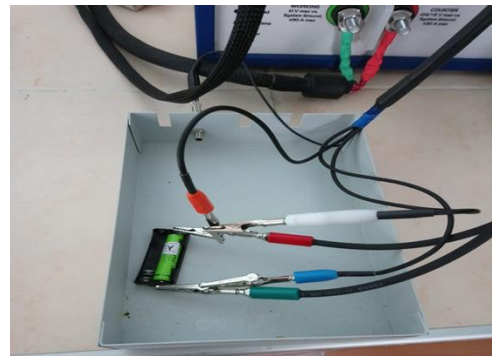
A. Malzeme ve Cihaz

Deneylede materyal olarak GP ReCyk0+ marka AAAHR03 10,5 mm çapında ve 44,5 mm uzunluğunda silindirik Ni-MH pili kullanılmıştır. Ölçümler Gamry Reference 3000 AE Potansiyostat/Galvanostat cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

B. Yöntem

Ni-MH pili uygun bir pil tutucuya yerleştirildikten sonra gerekli bağlantılar yapılmıştır. Sonra bir dakika boyunca açık devre potansiyeli (OCP) 10'ar saniye aralıklarla ölçülmüştür. Bu işlem bize pilin içinden akım geçmediği durumdaki potansiyelinin 1,25 V olduğunu göstermiştir. 1,25 V potansiyeldeki pilin empedans ölçümü 1 mV genliğindeki potansiyel salınımı ile alternatif akım oluşturularak 10 kHz – 10 mHz frekans aralığında alınmış ve sonrasında sabit 5 mA akım uygulanarak 1,5 V'a kadar kademeli olarak şarj edilmiştir. Aşırı şarjın etkilerini keskin bir şekilde görmemek amacı ile şarj işlemi sırasında yumuşak şarj uygulanmıştır. Şarj işlemi sırasında 1,25 V, 1,30 V, 1,40 V, 1,45 V ve 1,50 V potansiyellerde empedans ölçümleri alınmıştır.

Tüm deneyler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Empedans verilerinin güvenilirliği Kramers – Kronig eşitlikleri ile sağlanmıştır. Gamry yazılımının içinde bulunan program yardımı ile Ni-MH pilinin matematiksel modellemesi yapılmıştır. Şekil 1'de deney düzeneği gösterilmiştir.

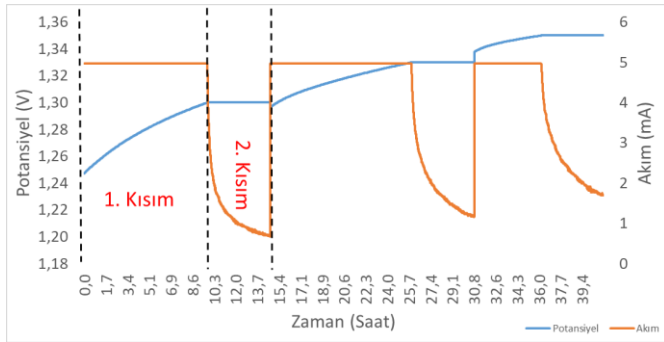


Şekil 1. Pil tutucu ve krokodil soketler yardımı ile bağlantıları yapılmış Ni-MH pili. Krokodil soketlerden yeşil olan çalışma elektrodu (WE), kırmızı olan karşıt elektrot (CE), turuncu olan karşıt sensör (CS), mavi olan çalışma sensörü (WS), beyaz olan referans elektrodu (RE) ve siyah olan topraklama için kullanılmıştır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

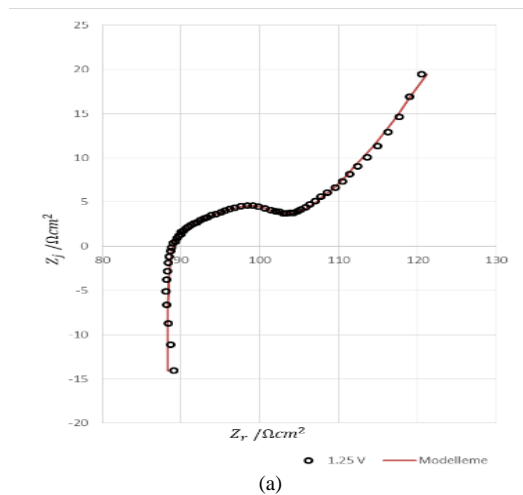
AAAHR03 Ni-MH pilinin başlangıçtaki potansiyelinin belirlenmesi için açık devre potansiyeli (OCP) ölçülmüştür ve başlangıç potansiyeli 1,25±0,03 V olarak belirlenmiştir. Sonra kademeli olarak pil potansiyeli 1,5 V'a şarj edilmiştir. Bu şarj

işlemleri 5 mA sabit akım uygulanarak, kronopotansiyometri ve kroamperometri evreleri ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’de Ni-MH pilinin potansiyel ile akımın zamanla değişimi evreleri gösterilmiştir. Şekil 2’de gösterilen 1. Kısım kronopotansiyometri evresidir. Kronopotansiyometri akımın sabit tutulduğu, potansiyelin artırıldığı evredir. 2. Kısım ise kroamperometri evresidir ve kroamperometri potansiyelin sabit tutulup akımın yavaşça azaltıldığı evredir. Aşırı şarj esnasında pilin belirli bir süreden sonra kendi potansiyeline döndüğü, kendiliğinden deşarj olduğu gözlemlenmiştir. Şarj esnasında bu evrelerin uygulanmasının sebebi pilin istediğimiz potansiyele geldiğinde kendi çalışma aralığına dönmelerini geciktirmek istediğimizdendir.

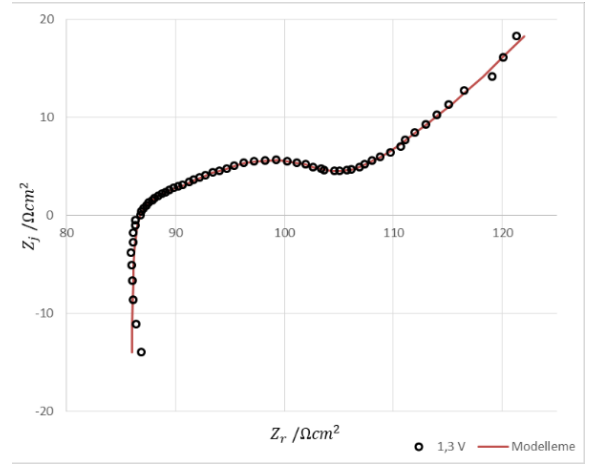


Şekil 2. Ni-MH pilinin 1.25 V'tan 1.35 V'a kadar şarj grafiği

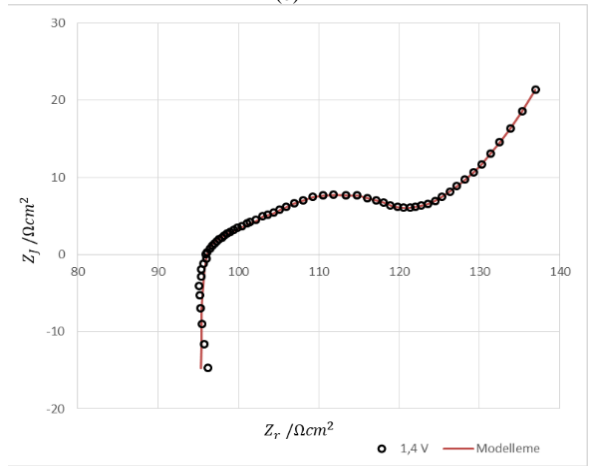
Şekil 3(a) pilin ilk durumdaki 1,25 V hücre potansiyelinde empedans verilerini gösteren Nyquist grafiğidir. Şekil 3(b)'de görüldüğü gibi elektrolit direncinin potansiyel arttığında pek değişmediği gözlemlenmiştir. Yük aktarım direnci yaklaşık olarak $110 \Omega cm^2$ olarak gözlemlenmiştir. 1,4 V'a aşırı şarj işleminden sonra Şekil 3(c)'de elektrolit direncinde pek bir değişim gözlemlenmediği halde şarj aktarım direncinde gözle görülür bir artış gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkılarak aşırı şarj işlemi süresince pilin difüzyon evresine daha düşük frekansta geçtiği gözlemlenmiştir. Şekil 3(d)'de görüldüğü gibi 1,4 V potansiyelden 1,45 V potansiyele şarj edildikçe elektrolit direncinde ve şarj aktarım direncinde bir artış gözlemlenmiştir. Ancak 1,5 V potansiyellerde Şekil 3(e)'de elektrolit ve şarj aktarım direncinde 1,45 V potansiyeldeki verilere göre bir azalma gözlemlenmiştir. 1,45 V potansiyelde pilin elektrolit direncinin ve şarj aktarım direncinin maksimum seviyeye çıktığı sonrasında ise azaldığı gözlemlenmiştir.



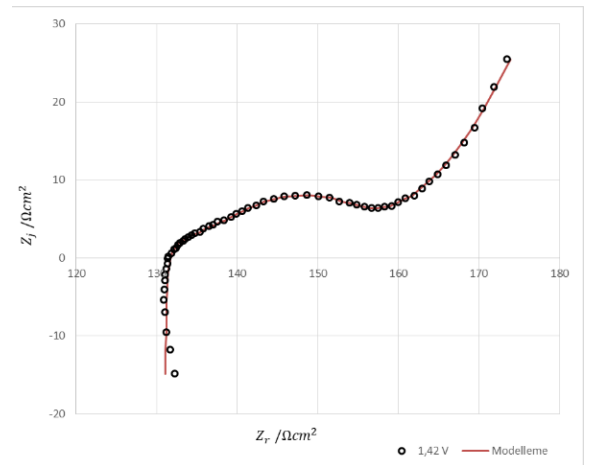
(a)



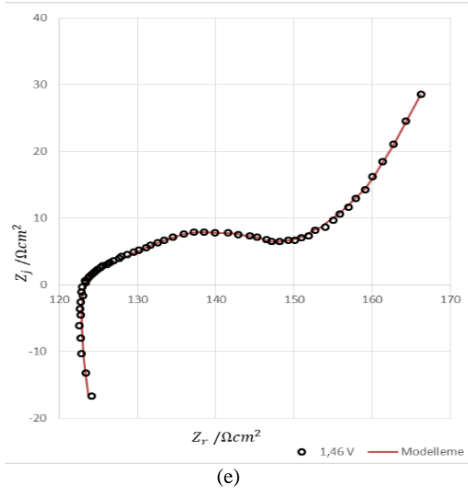
(b)



(c)



(d)

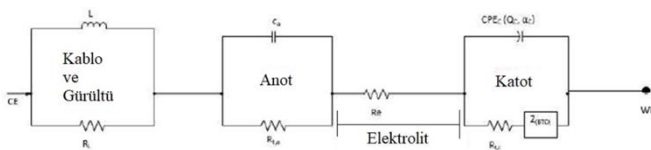


Şekil 3. Ni-MH pilinin (a) 1,25 V, (b) 1,30 V, (c) 1,40 V, (d) 1,45 V ve (e) 1,50 V hücre potansiyelinde empedans cevabının Nyquist grafiği

Parametreler	1,25V	1,30V	1,40 V	1,45 V	1,50 V
$R_e / \Omega \text{ cm}^2$	88,13	85,78	95,13	131	122,5
$Q_c / \text{S s}^a$	2,071	2,358	2,472	2,092	1,864
α_c	0,664	0,631	0,627	0,675	0,695
$R_{t,c} / \Omega \text{ cm}^2$	6,270	7,719	11,34	10,85	9,343
$C_a / \text{F cm}^{-2}$	7,295	7,140	6,809	7,463	6,080
$R_{t,a} / \Omega \text{ cm}^2$	3,933	5,448	8,960	9,277	9,956

Çizelge 1. Eşdeğer elektrik devresi parametrelerin regresyon değerleri

Hücrenin tüm empedansına katkıda bulunan pil ana bileşenleri aracılığıyla eşdeğer bir devre işlem modeli geliştirilmiştir. Bu bileşenler pilin anot, elektrolit ve katodudur. Anodik ve elektrolit empedansları basit olarak, kapasitans (C_a) ve paralel olarak bir şarj aktarım direnci ($R_{t,a}$) ve seri olarak bağlanmış bir direnç (R_e) içeren tek bir RC ünitesi olarak tanımlanmıştır. Öte yandan, katodik kısım, karakteristik kompleks yapısının bir sonucu olarak daha karmaşık devre elemanlarına ve tasarıma sahiptir. Katodik empedans için saf kapasitans yerine sabit faz elemanı (CPE) kullanılmıştır. CPE'ye paralel olarak, katodik bir şarj aktarım direnci ($R_{t,c}$) ve bir difüzyon empedansı (Z_d) elemanları seri olarak bağlanır. Bunların yanı sıra, paralel bir biçimde bağlanan bir indüktans (L) ve bir direnç (R_L)'den oluşan bir LR birimi empedansının yüksek frekanslı kısmına (indüktif loop) uyacak şekilde kullanılmıştır. Bununla birlikte, sistemin bu çok yüksek frekans tepkisi, cihaz kabloları, bağlantı noktaları ve gürültü gibi elektrokimyasal sistemin pil olmayan bileşenlerinin empedansını yansıtmaktadır. Ni-MH pilinin eşdeğer elektrik devresi Şekil 4'te gösterilmiştir [8].



Şekil 4. Ni-MH pili için eşdeğer elektrik devresi

Pil empedansı (Z) pilin ana bileşenleri olan anot (Z_a), elektrolit (R_e) ve katot (Z_c) empedanslarından oluşmaktadır. Bu empedanslar seri halde bağlı olduğundan Z değeri bu empedansların toplamı olarak aşağıdaki eşitlikte ifade edilmiştir.

$$Z = Z_a + R_e + Z_c \quad (1)$$

Anodik empedans, Z_a , Şekil 4'te anot bölgesinde gösterilen devre elemanlarının eşdeğer empedansı olarak aşağıdaki formülde ifade edilmiştir.

$$Z_a = \frac{R_{t,a}}{1 + j\omega R_{t,a} C_{d,a}} \quad (2)$$

Katodik empedans, Z_c , Şekil 4'te katot bölgesinde gösterilen devre elemanlarının eşdeğer empedansı olarak aşağıdaki formülde ifade edilmiştir.

$$Z_c = \frac{R_{t,c} + Z_{d,c}}{1 + (j\omega)^{\alpha_c} (R_{t,c} + Z_{d,c}) Q_c} \quad (3)$$

Eşitlik 2 ve 3'te $j = \sqrt{-1}$ sanal karmaşık sayıyı ve $\omega = 2\pi f$ açısal frekansı ifade etmektedir. Eşitlik 3'te katodik difüzyon empedansı ($Z_{d,c}$) Bisquert tarafından geliştirilen ve kendi adını taşıyan "Bisquert Open" (BTO) geçiş hat modeliyle açıklanmıştır [9].

Çizelge 1'de eşdeğer elektrik devresinin istatistiksel olarak önemli [10] parametrelerinin değerleri verilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi pilin elektrolit direnci (R_e) tahmin edildiği gibi tüm potansiyellerde farklılık göstermiştir. Model analizi sonunda elektrolit direncinin aşırı şarjdan etkilenmediği gözlemlenmiştir. Pil potansiyeli arttıkça katodik şarj aktarım direnci ($R_{t,c}$) ve anodik şarj aktarım direnci ($R_{t,a}$) değerlerinin büyük oranda farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Bunun yanında anodik kapasitans (C_a) değerlerinde büyük diyebileceğimiz bir değişim gözlemlenmemiştir.

IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada pilin fiziksel parametrelerini inceleyebilmek adına empedans verileri yardımı ile matematiksel modellemesi yapılmıştır. Bu parametreler bize pilin 1,5 V potansiyele kadar aşırı şarja dayanıklı olduğunu ve pilin bir kapasite kaybına uğramadığını göstermiştir. Öte yandan pil 1,5 volta aşırı şarj edilip bekledikten sonra yüksek frekansta empedans verileri bozuk çıktığından ötürü modellemesi yapılamamıştır. 1,5 V potansiyelin üstüne çıkılmak istendiğinde uyguladığımız sabit 5 mA akım yeterli gelmemiştir. Bu çalışmada 200 mA gibi daha yüksek bir akımda pili şarj edip 1,5 V üzerine çıkmaya çalıştık fakat yüksek akım uygulandığında pili bulunduğu potansiyelde tutmak neredeyse imkansız olduğundan dolayı 1,5 volt üzerinde bir empedans verisi alınamamıştır. Ni-MH pilinin aşırı şarj mekanizmasının Li-ion pillerdeki aşırı şarj mekanizmasına yakın olduğunu düşündüğümüz için pili 250 mA sabit akım ile 1,6 V hücre potansiyeline şarj etmeye çalışılmış ancak 1,55 V'tan sonra verdiğimiz akım yine yeterli olmamıştır ve pil potansiyeli şarj etme esnasında düşmeye başlamıştır. Bunun nedeninin şarj esnasında anotta toplanan iyonların çok yoğun ortamda bulunmak istemediğinden ötürü uyguladığımız itici güçten daha yüksek bir oranda geri difüze olduğunu tahmin ediyoruz.

KAYNAKLAR

- [1] Vincent, C., & Scrosati, B. (1997). *Modern Batteries. Intro to Electrochemical Power Sources*. Butterworth-Heinemann.

- [2] Dell, R. M., Rand, D. J., & Bailey, Jr., R. (2001). Batteries - Their History And Development. R. M. Dell, D. A. Rand, & J. R. Bailey içinde, *Understanding Batteries* (s. 1). Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- [3] Buchmann, I. (2001). Batteries in a portable world: a handbook on rechargeable batteries for non-engineers. Richmond, B.C: Cadex Electronics Inc.
- [4] *Nickel Metal Hydride (Ni-MH) Handbook and Application Manual*. Energizer:http://data.energizer.com/pdfs/nickelmetalhydride_appman.pdf (Erişim tarihi: 15.11.2022).
- [5] Huggins, R. (2010). *Energy Storage*. Springer US
- [6] Zhu, Y., Zhu, W., Davis, Z., & Tatarchuk, B. (2016). Simulation of Ni-MH Batteries via an Equivalent Circuit. *Advances in Physical Chemistry*, 10-21.
- [7] Shigekazu, Y., & Kwo-hsiung, Y. (2016). Capacity Degradation Mechanisms in Nickel/Metal Hydride Batteries. *Batteries*, 2-3.
- [8] Erol, S. (2020). Process Model Development of Lithium-ion Batteries—An Electrochemical Impedance Spectroscopy Simulation. *Sakarya University Journal of Science*, 24, 6, 1191-1197.
- [9] Erol, S. (2021). Comparative Study of Impedance Spectroscopy between Nickel-Metal Hydride and Lithium-ion Batteries. *European Journal of Science and Technology*, 28, 144-151.
- [10] Erol, S. (2022). A Statistical Design Approach on Electrochemical Impedance Spectroscopy of NMC Li-Ion Battery. *Journal of the Electrochemical Society*, 169, 10, 100503.

Development Of Led Based Optical Module for Bending/Cornering Functions of Automotive Headlights

Ceren Altıngöz¹

¹*Department of Physics Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey (crnaltingoz@gmail.com) (ORCID:0000-0002-8270-986X)*

Abstract – This paper presents applied physical proto results as a proof of technical concept of the patent: “Specific Lens design for Automotive Headlamps” (European Patent Office, Specific Lens design for Automotive Headlamps: European Patent Office, The Hague PCT/TR2020/051125; 11/2021). It includes the base explanations of bending/cornering lights features; the relevant European regulations; and then proposes the new idea with defined new optomechanical targets. It gets deeper with design of the new non-uniform surface lens in five different versions for which the patent is applied on version 5 and it continues with physical proto construction of the complete LED Module; assembly of the module in the automotive headlights; making the new module functional in the headlamp and finally giving the applied physical results with a night drive test.

Keywords – Automotive headlights; fixed bending light/ fixed cornering light; non-uniform surface; optics

I. INTRODUCTION

Today the design and performance of automotive headlights plays a critical role which impacts the customer perception by offering different driving modes. These driving modes also become as a safety feature while driving under hard weather conditions or dark zones which decreases the driver vision of visibility of the road and surroundings.

In this approach, bending and cornering light features inside the headlamps plays a crucial role for the safe and comfortable driving by giving assistance to have better visibility in tight bends, junctions, or parking conditions.

II. BENDING/CORNERING LIGHT FEATURES

Bending and cornering light features are used to create adaptive driving beams within headlights to create safety driving modes.

A. Bending Light Feature

Bending lights are used to illuminate the bends of roads. There are 2 types of bending lights: dynamic and static bending lights. Dynamic bending lights use a motor to move the low beam PES module and create bending light. This design is not preferred today due they are expensive, heavy and high in volume. An example can be seen in Fig. 1.

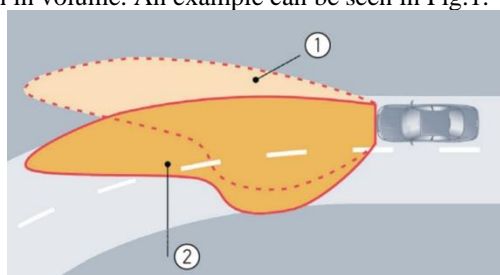


Fig. 1. Dynamic bending light (2)/ low beam (1)

Static bending lights are angled reflector designs within headlamps. They are also not preferred as their efficiency is not good enough compared to dynamic bending lights. Both solutions are mechanical designs. Bending light feature is lit on by switch of combi switch or is activated by steering wheel angle.

As indicated on UNECE R112, optical design of headlamps shall be so made that they give adequate illumination without dazzle when emitting the passing beam, and good illumination when emitting the driving beam. Bend lighting may be produced by activating one or more LED module(s) being part of the passing beam headlamp [1]. In table 1; a synthesis of bending light in terms of regulations can be seen.

Static Bending Light Regulation Synthesis	
Legislation area	ECE
Regulation number	R98/R112
Definition	*Part of low beam Legal since 10.12.2002 No specific photometry requirement Should illuminate under cut-off line
Mounting Regulation number	ECE R 48 Height: 500mm<x<1200mm
Switching	*Steering Angle *curve of radius<500m

Table 1. Static Bending Light Regulation Synthesis

B. Cornering Light Feature

As indicated in UNECE R119, cornering light is used to provide supplementary illumination of that part of the road which is located near the forward corner of the vehicle at the side towards which the vehicle is going to turn [2]. As indicated by Sullivan, the distribution of preview positions shows strong concentrations between 30 and 35 degrees to the

right or left of the current direction of travel [3]. On Fig.2, additional illumination of cornering light can be seen with number 1.

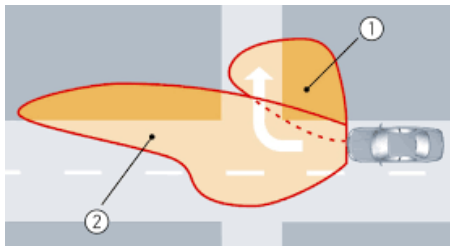


Fig. 2. Cornering light (1)/ low beam (2)

Following R119; for the left-hand device, the minimum intensity of the light at the specified measuring points shall be as follows: (1) 2.5D – 30L: 240 cd, (2) 2.5D – 45L: 400 cd, (3) 2.5D – 60L: 240 cd. The same values apply symmetrically for a right-hand device. The intensity of the light emitted in all directions shall not exceed 300 cd above the 1.0U L and R line, 600 cd on the horizontal plane 14.000 cd below the 0.57 D-L and R line. In the areas of 10° above and below the horizontal and between 30° and 60° outwards the light intensity shall be at least 1.0 cd [2].

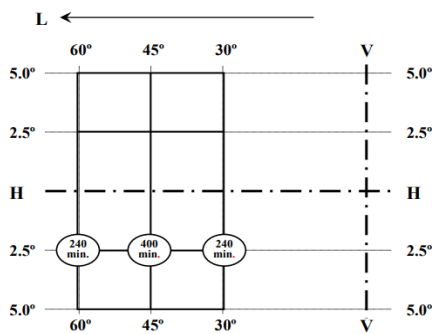


Fig. 3. Cornering light R119 photometry requirements

III.DETERMINATION OF DESIGN CONSTRAINTS AND TARGETS OF THE BENDING/CORNERING MODULE

In this section, major design constraints and targets are constructed. The main purpose to design this LED module is to create a bending/cornering feature by use of a statical optical solution in a compact, performance and cost-efficient manner.

A. Optical Targets

The optical constraint of the module is received from the regulation requirements mentioned in the previous section. However, the targets are defined to create further optical performance. It is aimed to achieve both cornering and bending features in this optical design. So, the optical target parameters are tailored based on this starting intention.

Luminous Flux			
200 lm			
Max Liminuous Intensity			
3000 ± %10 cd			
Location in Horizontal Axe		Location in Vertical Axe	
[-40°; -35°]		[-1°; -3°]	
Efficiency of the optical System (Output flux / Input flux)			
%66 (200 lm / 300 lm)			
250 cd isolux line			
Horizontal Axe		Vertical Axe	
[-70°; -65°]		[-15°; -10°]	
		50 cd > 12°	0°
		250 cd : - 9°	
		1000 cd : -7°	

Table 2. Optical Performance target of the Bending/Cornering Modul

A. Mechanical Targets

Lens dimensions are determined as w:38mm XH: 24 mm X D:22mm. It is decided that the module will be positioned on the corner of the headlamp where TI function is located as can be seen red marked in Fig.4.



Fig.4 Location of FBL module in the headlamp

Additionally following mechanical positioning requirements are applied as an input to our optomechanical design during simulations:

- Driver's eye position (ground clearance): 1172 mm
- Driver's visibility starting distance: 5747 mm (From Bumper)
- Distance between left low beam and right low beam (in y-axis): 1311 mm = space between right and left bends
- Distance between left cornering light and right cornering light (in y-axis): approx. 1150 mm
- Low beam ground clearance (in z-axis): 713 mm (reference ground clearance)
- Ground clearance of the cornering light (in the z-axis): approx. 700 mm.

IV.DESIGN OF THE OPTICAL FIXED BENDING/ CORNERING LED MODULE

As the optical and mechanical limits and target are defined; it is started with the design the non-uniform collimating lens that will assure the targeted photometry requirements. To achieve the targets, 5 different design versions are studied.

In the different versions the main characteristics that made the differences were listed as following: the level good cut-off clarity; the smoothness of the transition from the low beam as supplementary illumination on the road and assuring the good combination of bending and cornering features. It is unacceptable to create any glare with the presence of a bright light, during which visibility is temporarily reduced [4].

The first version was rejected due to bad cut-off clearance on HV horizontal line, as can be seen in Fig.5

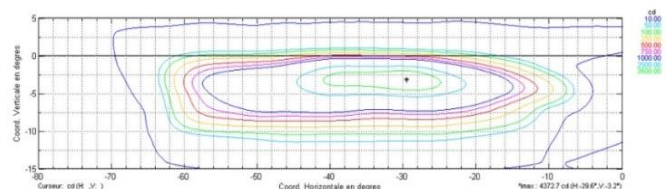


Fig.5. V1-Optical design

So, the second version with stable cut of clarity is generated as can be seen below in Fig.6. When this simulation output was examined, it was seen that the corner lighting was very wide. It was also found that the maximum light intensity (Emax) was quite low.

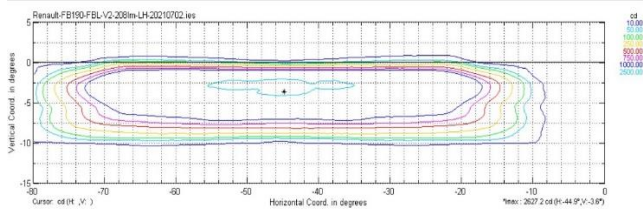


Fig.6 V2- Optical design

Following V3 design can also be seen below in Fig.7. In this version the maximum light intensity (Emax) value has been increased. However, the position where the maximum light intensity is seen is very outboard and not centred. It is indicated that for the comfort of driving, the light distribution generated on the street concerning luminance, contrast sensitivity and homogeneity are further parameters [5]. The version 3 design creates the risk of disconnection of the cornering/bending beam from the low beam.

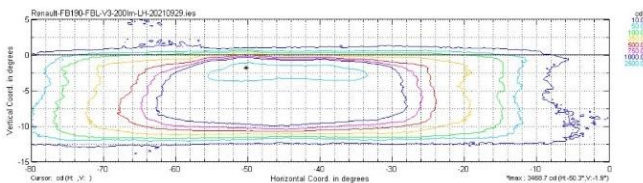


Fig.7. V3- Optical design

Accordingly, V4 design is produced as below on Fig.8.

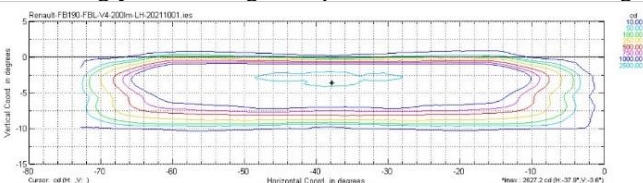


Fig.8. V4- Optical design

The performance of the lens was improved by changing the non-uniform surface angles of its prisms in line with the determined targets, and as a result, light was added to the bending/cornering zone. While this situation is positive, it is undesirable that the Emax is low and the overlaps with the low beam (LB) are too high towards in the front of the vehicle. The final design is completed with V5 version with details that can be seen in Fig.9.

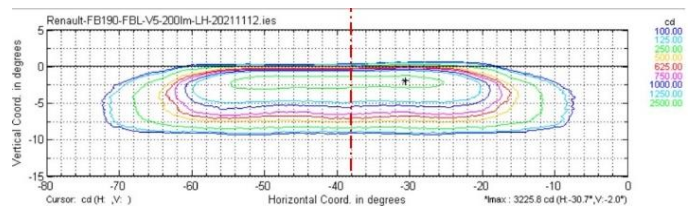


Fig.9. V5- Optical design

With this final version, the design assures following characteristics:

- Emax is centred around -40° within the symmetry conditions. Emax has a high vertical value.
- The upper limit is flat and 0° , good coherence with LB.
- Flux meets 200 lm target.
- The side transitions are softened, and the inner and outer regions are symmetrical.
- The outer limits at $[-70; -60^\circ]$ are not too wide, but sufficient for static cornering lighting.
- The vertical lower boundaries of the beam are regular and gradual. This ensures ideal operation for near-field lighting and fog cornering lighting.

Comparative status of all 5 versions can be seen in Table 3 in the following page. As can be seen; V5 final design is the best match to create a good combination of cornering and bending lights.

Criteria [targets]	FB190 v1	FB190 v2	FB190 v3	FB190 v4	FB190 v5
Flux [200 lm]	200 lm	208 lm	200 lm	207 lm	200 lm
Outer Limit [-70°; -65°]	-61.5°	-77°	-73°	-70°	-68°
Internal limit [-15°; -10°]	0°	-13°	-19°	-6°	-12°
9° down minimum	-15°	-9°	-11°	-8.5°	-9°
above 0° maximum	+0°	+0°	+0°	0°	0°
3000 ± %10 cd	4370 cd	2630 cd	3468 cd	2627 cd	3225 cd
Horizontal Position [-40°; -35°]	-65°	-45°	-50°	-38°	-40°
Vertical Position [-1°; -3°]	+5°	-3.6°	-1.85°	-3.6°	-2°

Table 3. Comparative table of all 5 version designs (V5 is best match)

Following on Fig.10, the iso-lux diagram of the final V5 version can be seen.

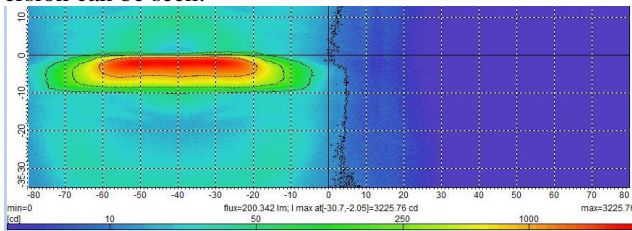


Fig.10. V5- Isolux Diagram

As can be seen in Table 4.; the cornering R119 requirements are assured and are OK.

Date : Fri Jan 7 08:59:40 2022
 LID name : Renault_FB190_FBL_V5_200lm_LH_20211112.ies
 Regulation: ECE R119 cornering lamp left

name	value [cd]	OK	min [cd]	max [cd]	test pos. [deg]	found pos. [deg]
2.5D 30L	3959.6	OK	240.0	--	-30.00, -2.50	
2.5D 45L	2928.8	OK	400.0	--	-45.00, -2.50	
2.5D 60L	1172.4	OK	240.0	--	-60.00, -2.50	
HH-LU L-R	409.9	OK	--	600.0	-60.00, 0.00 ; 0.00, 1.00	-29.70, 0.00
>LU	47.00	OK	--	300.0	-60.00, 1.00 ; 0.00, 90.00	-39.50, 8.75
<0.57D	3225.8	OK	--	14000	-60.00, -90.00 ; 0.00, -0.57	-30.70, -2.05

The light distribution is OK

Table.4. V5- R119 Photometry Results of V5 Design: OK

When low beam and bending/cornering functions are merged below iso-lux diagram can be observed on Fig.11.

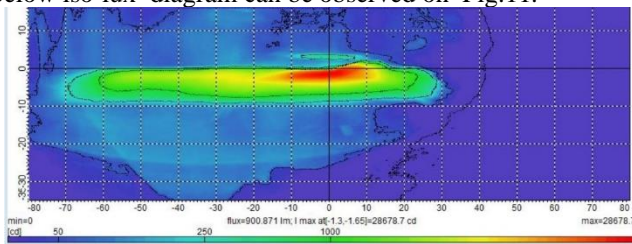


Fig.11. V5- Isolux Diagram (LB+ Bending/Cornering)

The driver view of the only low beam iso-lux diagram on the road can be seen in Fig.12. Low beam together with Bending/Cornering can also be seen in Fig.13.

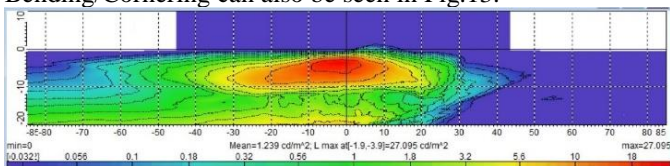


Fig.12. Driver view (Low Beam)

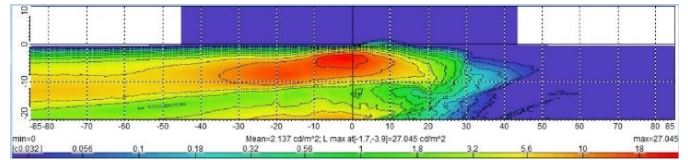


Fig.13. V5- Driver view (Low Beam+ Bending/Cornering)

We can observe the smooth transition from low beam to bending/cornering functions also on the grayscale distributions of driver view can be seen on Fig.14 and 15.

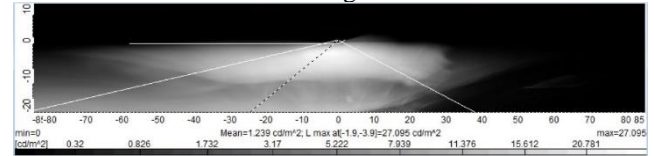


Fig.14. Driver view Gray Scale (Low Beam)

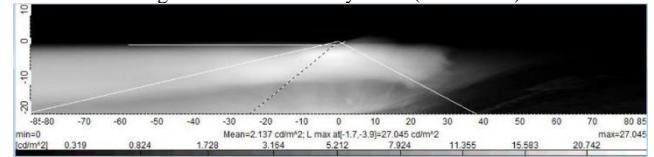


Fig.15. V5- Driver view Gray Scale (Low Beam+ Bending/Cornering)

On Fig.16. only the low beam distribution on the bend of a road can be seen. On Fig.17; it can clearly be detected the additional value of this design as a benefit of driving comfort.

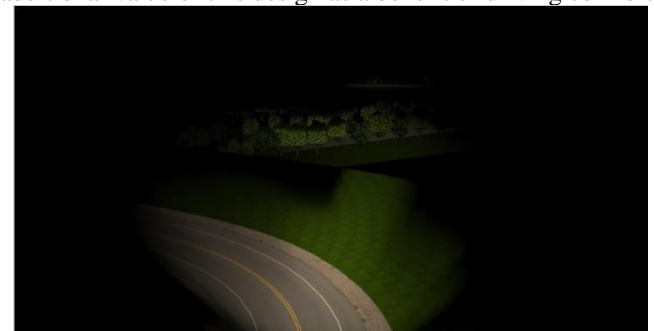


Fig.16. Real view on bend of a road (Low Beam)



Fig.17. Real view on bend of a road (Low Beam+ Cornering/Bending)

Top view on the road for the same case can also be seen in following Fig.18 and 19.

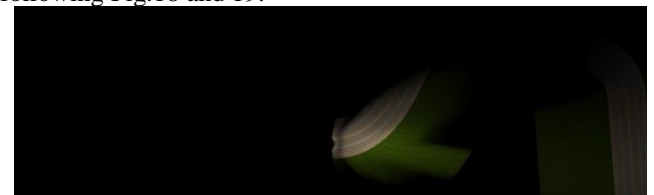


Fig.18. Top view on bend of a road (Low Beam)

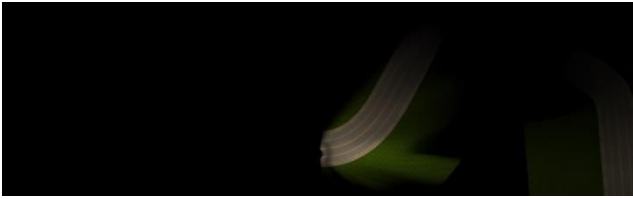


Fig.19. Top view on bend of a road (Low Beam+ Cornering/Bending)

V. FUNCTIONAL PROTO PRODUCTION OF THE BENDING/ CORNERING LED MODULE

After optical and mechanical design of the cornering/bending module is completed; a prototype of the below 3D on Fig.20 has been produced. On Fig.21 the isolux diagram of the simulation result can be seen.



Fig.20. 3D of the Cornering/Bending Module in the Headlamp

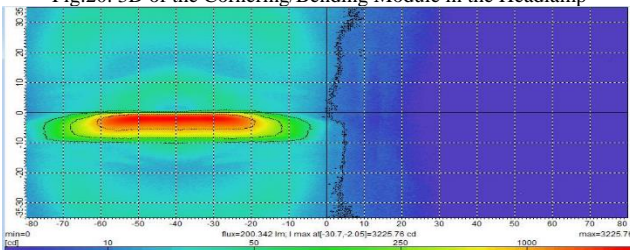


Fig.21. Isolux diagram of the simulation result

On Fig.22, the proto sample can be seen assembled in the headlamp. On Fig.23, we can see the IES file extraction from the goniometer test results as an Isolux diagram.



Fig.22. Functional proto of the Fig.20 3D

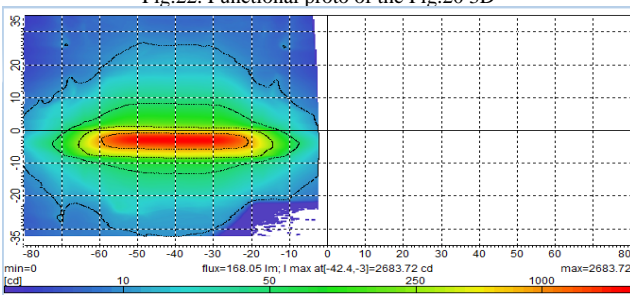


Fig.23. Isolux diagram of the functional proto

On Table.5; photometry table of left cornering function in simulation and on Table.6 photometry table of left cornering function in proto can be seen. Both results are OK in terms of ECE R119 requirements.

Date : Wed Mar 16 12:12:01 2022
Regulation: ECE R119 cornering lamp left

name	value OK [cd]	min [cd]	max [cd]	test pos. [deg]	found pos. [deg]
2.5D 30L	2999.6 OK	240.0	--	-30.00,-2.50	
2.5D 45L	2928.8 OK	400.0	--	-45.00,-2.50	
2.5D 60L	1172.4 OK	240.0	--	-60.00,-2.50	
HH-10 L-R	409.9 OK	--	600.0	-60.00, 0.00 ; 0.00, 1.00	-29.70, 0.00
>1U	47.00 OK	--	300.0	-60.00, 1.00 ; 0.00, 90.00	-39.50, 8.75
<0.57D	3225.8 OK	--	14000	-60.00,-90.00 ; 0.00,-0.57	-30.70,-2.05

The light distribution is OK

Table 5. Photometry table of left cornering function in simulation

Date : Wed Mar 16 12:10:53 2022
Regulation: ECE R119 cornering lamp left

name	value OK [cd]	min [cd]	max [cd]	test pos. [deg]	found pos. [deg]
2.5D 30L	2299.9 OK	240.0	--	-30.00,-2.50	
2.5D 45L	2521.3 OK	400.0	--	-45.00,-2.50	
2.5D 60L	905.0 OK	240.0	--	-60.00,-2.50	
HH-10 L-R	549.8 OK	--	600.0	-60.00, 0.00 ; 0.00, 1.00	-54.60, 0.00
>1U	299.0 OK	--	300.0	-60.00, 1.00 ; 0.00, 90.00	-55.00, 1.00
<0.57D	2683.7 OK	--	14000	-60.00,-90.00 ; 0.00,-0.57	-42.40,-3.00

The light distribution is OK

Table 6. Photometry table of left cornering function in proto

Following Fig.24-25 and 26 represents the Isolux diagrams of simulation of low beam only; simulation of low beam+ V5 design and test results of low beam+ functional proto V5 respectively.

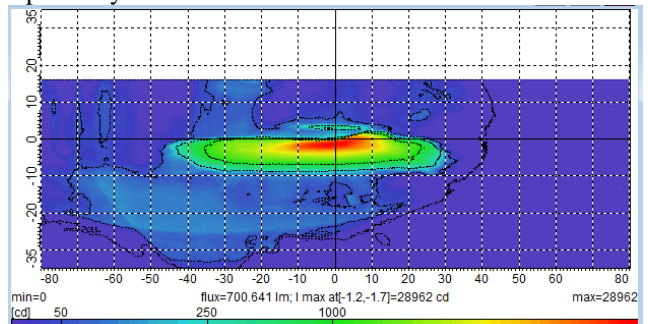


Fig.24. Isolux diagram of simulation of low beam only

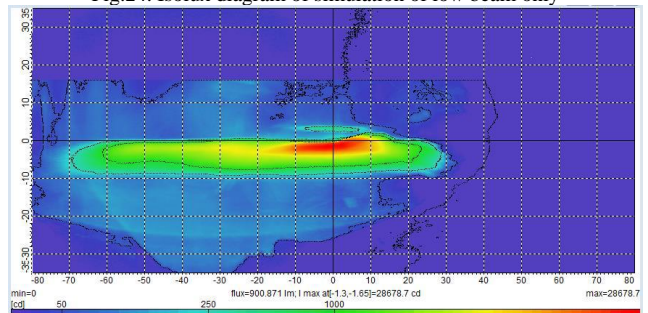


Fig.25. Isolux diagram of simulation of low beam+ V5 design

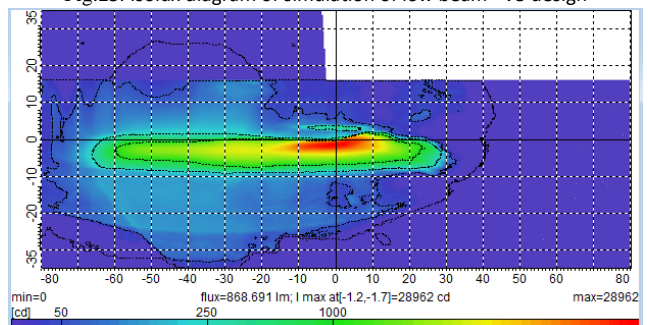


Fig.26. Isolux diagram of test results of low beam+ functional proto V5

Same study is done also for driver view status on the road; details can be found in the following Fig. 27-28 and 29.

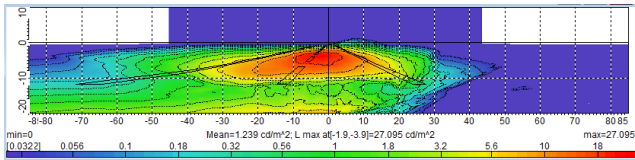


Fig.27.Driver view simulation of low beam only

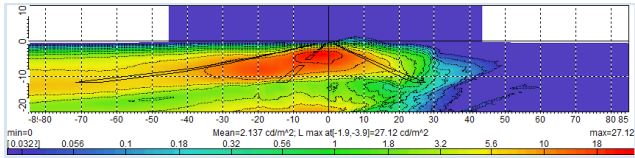


Fig.28.Driver view simulation of low beam only+ V5 design

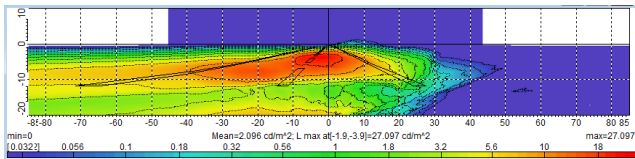


Fig.29. Driver view of test results of low beam+ functional proto V5

The grayscale version of the same above Isolux diagrams can be seen in Fig.30-31 and 32 respectively.

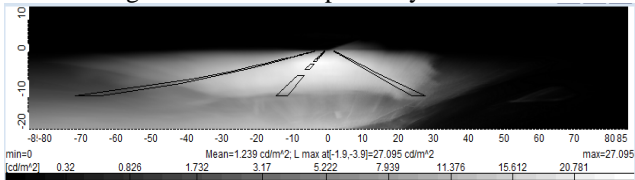


Fig.30.Gray scale driver view simulation of low beam only

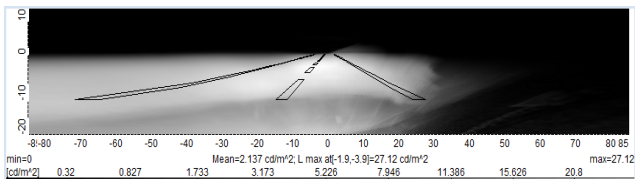


Fig.31.Gray Scale driver view simulation of low beam only+ V5 design

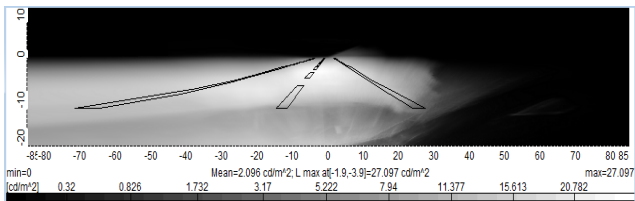


Fig.32.Gray Scale driver view of test results LB+ functional proto V5

Criteria	Simulation	Mockup Measurement
Input LED Flux	373 lm	341 lm
Output Headlamp Flux inc. headlamp outer lens transmission loss 15%	200 lm	168 lm
Optical System Efficiency (output Flux / input Flux) %	53% (200 lm / 373 lm)	49% (168 lm / 341 lm)

Table 7. Efficiency calculation between simulation and proto measurements.

Accordingly, as calculated on Table.7 the optical module efficiency is reduced from 53% to 49%. As a result of the examinations, it was understood that this difference of 4% loss of efficiency was due to the low level of polishing, and it naturally originates from the production of the prototype material. However, this situation is specific to the prototype

part and will be solved with serial tool production where we can apply mirror polish surfaces without impacting the optical efficiency.

We can see the bending road distribution on Fig.33,34,35 as following: Simulation Low Beam; Simulation LB + V5 Cornering/Bending module and Real LB + V5 Functional Proto Measurement respectively.



Fig.33. Simulation Low Beam distribution on the bending road



Fig.34. Simulation LB + V5 Cornering/Bending module



Fig.35. Real LB + V5 Functional Proto Measurement results

The cornering road distribution can also be found on Fig.36,37,38 as following: Simulation Low Beam; Simulation LB + V5 Cornering/Bending module and Real LB + V5 Functional Proto Measurement respectively

The cornering road distribution can also be found on Fig.36,37,38 as following: Simulation Low Beam; Simulation LB + V5 Cornering/Bending module and Real LB + V5 Functional Proto Measurement respectively



Fig.36. Simulation Low Beam distribution on the corner



Fig.37. Simulation LB + V5 Cornering/Bending module on the corner



Fig.35. Real LB + V5 Functional Proto Measurement results on the corner

As a result, of this section; we have well seen the additional value of the new designed cornering/bending module in comparative manner between simulations and real measurements. Taking into account the expected improvement of efficiency in serial production; the test results obtained by producing this design as a prototype also gives results in parallel with the simulation and is sufficient to meet the requirements.

In this regard, the lens, which was designed and analyzed with the LucidShape program with five versions of which were developed with gradually better results, was physically obtained with prototype production; assembled in the headlamp and brought ready as functional on the vehicle.

VI. NIGHT DRIVE TESTS WITH THE FUNCTIONAL PROTO OF THE BENDING/ CORNERING MODULE

Within this section; we are focused on the functional proof of concept by performing the night drive test for the officially applied patent idea.

Below on Fig.36 we can see functional status of the cornering/bending light in the inboard corner of the headlamp.

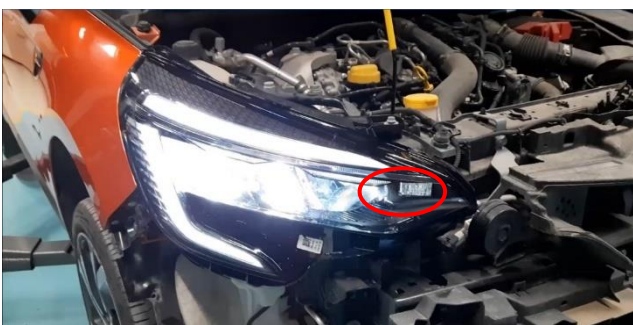


Fig.36. The image after the installation of the cornering/bending module to the vehicle

The on road on and off status of the cornering/ bending light module can be seen respectively on Fig.37 and 38. The additional light out put created by the cornering/bending module on the side of the road can be seen as marked in the red square. The dark zones which exist while only low beam is on; are smoothly filled by the addition of the lit on of cornering/bending module. This realization shows that the new

designed module has the potential to become a feature of additional driving mode as a complementary of low beam.



Fig.37. Night Drive test: only low beam



Fig.38. Night Drive test: low beam+ cornering/bending module

As the cornering/bending light is lit on; another additional benefit is realized which is easy detection of passangers, animals or any other possible obstacles on the side of the road that the driver can not detect while this cornering/bending light is not lit on. So the Cornering Light enables drivers to see obstacles in good time and take the appropriate action which ensures greater comfort and safety [6]. On Fig. 39 and 40 the night drive test results for comparative status of the lit off and lit on status of cornering/Bending LED module can be observed.



Fig.39. Night Drive test: only low beam



Fig.40. Night Drive test: low beam+ cornering/bending module

DISCUSSION

As a synthesis on Table.8; the comparative status between input target; V5 Sim Results and final proto test results can be observed.

Criteria	Optical Input Targets	V5 Simulation Results	Prototype Test Results
Flux	200 lm	200 lm	168 lm
Exterior Limit	[-70°;-65°]	-68°	-66°
Interior Limit	[-15°;-10°]	-12°	-14°
9° down max	-9°	-9°	-9°
0° up max	0°	0°	0°
[3000:5000] cd	3000 +/-10%cd	3225 cd	2683 cd
Horizontal range	[-40°;-35°]	-40°	+38°
Vertical Range	[-1°;-3°]	-2°	-3°
Efficiency		%53	%49
Number of Led	1	1	1

Table 8. Comparative table between input target; V5 Sim Results and Proto test results

When the Isolux diagrams on Fig.24 and 25 are evaluated, it is seen that the light intensity distribution is similar. However, while the maximum light output value of the simulation was 3225.76 cd, the maximum light output of the prototype is determined as 2683.72 cd. Exterior limit is also reduced from -68° to -66°. The lost in efficiency is considered due to below facts:

- 4% difference in simulation and mockup measurement results comes from the lack of the polishing of the light mockup optical surfaces.
- Since it is PMMA plastic material, it is not possible to do 100% high gloss polishing. If high gloss polishing is applied; it may destroy the optical surfaces of the plastic material and might cause non-uniform surface design to be damaged.

CONCLUSION

The final out come test results are in paralel with design and simulation results. %4 efficiency difference is determined to be expected as in serial devolepment, the hard tools surfaces will be steel and it will be possible to 100% high gloss polishing without any risk. Accordingly the light transmission of the collimator’s optics surfaces will be higher than the mockup and it is assumed that the target flux output in the simulation will be assured. To sum up; this paper declares all the R&D study sourcing from the patent idea and it expands with succesfull technical proof of concept with relavant simulations and test results.

In conclusion; the aim of AFS-Adaptive front Lighting Systems is to adapt light dsitribution on to the road to give optimum lighting performance in a range of driving situations [6]; and the characteristics of the optical statistical designed LED Module in this paper has a high potential to create different driving modes with the safety and comfort driving features to illuminate bending and cornering roads.

ACKNOWLEDGMENT

This paper is the technical outcome of the Teydeb Project called: Development Of Led Based Optical Module For Bending/ Corner Lighting In Headlamps of Vehicles (3190823) which is approved by Turkish Government. The patent of this project is validated internationally under the name of the author. Within the Project context; procurement of services is taken from Odelo for technical realization; the author contributed to all design activites of the lens. Author is

thankful to Lighting Performance pilot: S. Gobier for his contributions of the light input targets.

REFERENCES

1. GAR | UN R112 [WWW Document], n.d. URL https://globalautoregs.com/modifications?rule_id=123 (accessed 10.10.22).
2. CAR - Consolidated Automotive Regulations [WWW Document], n.d. URL <https://www.consautoregs.com/unece/un-r119-rev-1> (accessed 10.10.22).
3. Sullivan, J., Flannagan, M., 2013. Vehicle Kinematics in Turns and the Role of Cornering Lamps in Driver Vision. LEUKOS J. Illum. Eng. Soc. N. Am. 7, 263–271. <https://doi.org/10.1080/15502724.2011.10732151>
4. Nighttime Glare and Driving Performance: Research Findings [WWW Document], n.d. URL https://www.researchgate.net/publication/216817082_Nighttime_Glare_and_Driving_Performance_Research_Findings (accessed 10.17.22).
5. Hamm, M., Lampen, M., 2000. Safety and Comfort: Advanced Methods to Analyze Headlamp Light Performance. <https://doi.org/10.4271/2000-01-0320>
6. SMART Cornering Light | HELLA [WWW Document], n.d. URL <https://www.hella.com/soe/de/Produkte/Product-detail-4957/> (accessed 10.17.22).
7. Valeo Lighting Systems - From light to advancedvision technologies - [PDF Document] [WWW Document], n.d. . vdocuments.net. URL <https://vdocuments.net/valeo-lighting-systems-from-light-to-advancedvision-technologies-.html> (accessed 10.17.22).

RMS-A Tipi Doğalgaz Basınç Düşürme İstasyonlarında Elektrik Üretim Potansiyelinin İncelenmesi

Yasin KARABİBER¹, Hüseyin YAĞLI², Ceyhun BAYDAR³ ve İlker MERT^{4*}

¹İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye (yasinkarabiber@gmail.com)(ORCID: 0000-0002-7761-0726),

²Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye (yagli@gantep.edu.tr) (ORCID: 0000-0002-9777-0698),

³İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye (cyhnbydr@gmail.com) (ORCID: 0000-0002-2413-069X),

⁴Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Osmaniye, Türkiye (ilkermert@osmaniye.edu.tr) (ORCID: 0000-0001-6864-2948)

Türkçe Özet – Enerjinin son derece önemli olduğu günümüzde ülkelerin mevcut olanaklarını kullanarak üretebilecekleri enerjinin her türü özellikle enerji kaynağında dışa bağımlı olan ülkeler açısından büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak kadar önemli olan bir diğer yöntem de atıl durumdaki enerjiden yararlanmaktır. Doğal gaz basınç düşürme istasyonlarında üretilebilecek enerji bu duruma örnek olarak verilebilir. Mevcut doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonları, doğal gazın basıncını genişleme vanası kullanarak düşürmektedir. Bu çalışmada doğal gazın basınç düşürme işlemi için genişleme vanası yerine genişleme türbini kullanarak üretilebilecek güç üretim potansiyeli incelenmiştir. Bunun için bir A tipi doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonu (A-Type Gas Pressure Regulation & Metering Station – RMS-A) adı verilen tipi bir basınç düşürme ve ölçüm istasyonundan alınan bir yıllık veriler kullanılarak güç üretim potansiyeli incelenmiştir. Doğal gazın istasyon girişindeki basınç ve sıcaklık değerleri ile istasyona giriş debisi çalışmanın temel girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. Bu parametreler bir bilgisayar yazılımında simüle edilerek elde edilebilecek güç miktarı hesaplanmıştır. Sonuç olarak basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarında doğal gazın basıncı düşürülürken aynı zamanda önemli seviyede güç üretimi sağlanabileceği değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonları; Genişleme Vanası; genişleme türbini; Enerji; Doğal Gaz

Atıf: Karabiber, Y., Yağlı, H., Baydar, C., Mert, İ. (2022). RMS-A Tipi Doğalgaz Basınç Düşürme İstasyonlarında Elektrik Üretim Potansiyelinin İncelenmesi. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 231-237.

Investigation of Electricity Generation Potential in RMS-A Type Natural Gas Pressure Reduction Stations

Extended Abstract

Today's where energy is extremely important, every type of energy that countries can produce using their existing facilities is of great importance especially for countries that are dependent on abroad in term of energy sources. In this respect, another method, which is as important as using renewable energy sources, is to make use of idle energy. The energy that can be generated in natural gas pressure reduction stations can be given as an example of this situation. Existing natural gas pressure reducing and measuring stations reduce the pressure of natural gas by using an expansion valve. In this study, the power generation potential that can be produced by using an expansion turbine instead of an expansion valve for the pressure reduction process of natural gas was investigated. For this, power generation potential was investigated by using one-year data taken from an A-Type pressure reduction and measurement station (RMS-A) in our country. The pressure and temperature values of the natural gas at the station entrance and the inlet flow rate to the station were used as the basic input parameters of the study. The amount of power that can be obtained was calculated by simulating these parameters in a computer software. As a result, it was evaluated that a significant level of power generation can be produced while reducing the pressure of natural gas at pressure reduction and measuring stations.

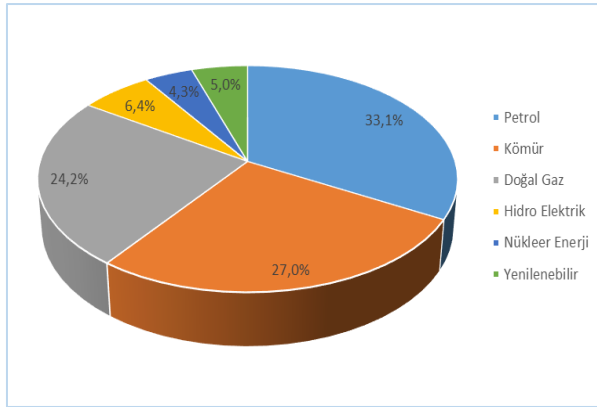
Keywords – Pressure reducing and measuring stations; Expansion valve; Expansion turbine; Energy; Natural Gas

Citation: Karabiber, Y., Yağlı, H., Baydar, C., Mert, İ. (2022). Investigation of Electricity Generation Potential in RMS-A Type Natural Gas Pressure Reduction Stations. International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, 6(2): 231-237.

I. Giriş

Gelişmekte olan teknolojinin bir sonucu olarak sanayileşme oranı gün geçtikçe artmakta ve dünya nüfusu da her geçen gün çoğalmaktadır. Bu durumların bir sonucu olarak enerjiye olan talep artmakta ve artan talebin doğal bir sonucu olarak enerji tüketimleri de yükselmektedir. Bu nedenle enerji hem günlük hayatımız için vazgeçilmez bir ihtiyaç hem de hizmet ve mal üretiminde en önemli girdilerden biri haline gelmiştir. Örneğin; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre Türkiye'nin elektrik tüketimi 2021 yılında 332,9 milyar kWh olarak gerçekleşmiş ve bir önceki yıla göre %8,74 artmıştır. Benzer şekilde elektrik üretim miktarı da 2021 yılında 2020 yılına göre %9,14 oranında yükselmiş ve 337,4 milyar kWh olarak kayıtlara geçmiştir. Yapılan değerlendirmelere göre 2025 yılında elektrik tüketiminin 370 milyar kWh ve 2040 yılında ise 591 milyar kWh seviyelerine ulaşması beklenmektedir [1].

İnsanların yaşamını sürdürebilmesi için hayati öneme sahip olan enerji; konut, sanayi, ticarethane ve ulaştırma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. İhtiyacımız olan bu enerjiyi çok sayıda kaynaktan elde edebilirken içerisinde petrol, kömür ve doğal gazın yer aldığı fosil yakıtlar grubu bugün hala önemini korumaktadır. Küresel anlamda 2019 yılında dünyada üretilen enerjinin kaynaklara göre dağılımını gösteren grafik Şekil 1 ile verilmiştir [2].

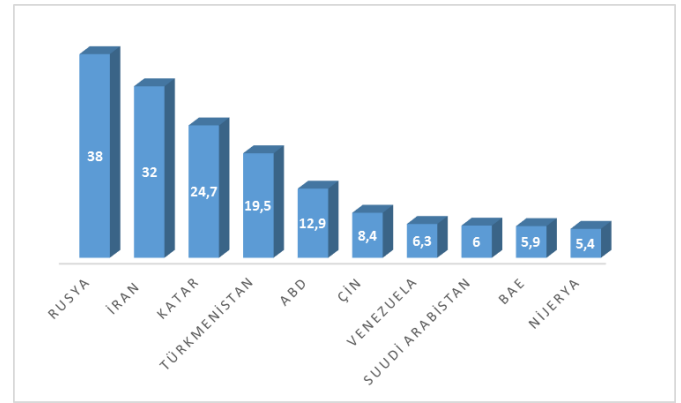


Şekil 1. 2019 yılı dünyada birincil enerji üretim kaynaklarının payları

Şekil 1'deki grafik incelendiğinde dünyada hala en çok tüketilen enerji kaynağının petrol olduğu görülmektedir. Petrolün payı %33,1 iken, kömür %27'lik ve doğal gaz ise %24,2'lik oranlara sahiptir. Hidroelektrik enerjisi, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payları ise %10'un altında yer almaktadır. Ayrıca aralarında IEA, EIA, BP, ExxonMobil'in olduğu çeşitli uluslararası kurum ve kuruluşların yaptıkları projeksiyonlar da petrol ve doğal gazın birincil enerji tüketimindeki paylarını uzun dönemler boyunca koruyacakları öngörülmektedir [3].

Fosil kökenli yakıtların enerji üretiminde bu denli önemli olmasına rağmen iki büyük sorunu da beraberinde getirdiği unutulmamalıdır. Bunlardan birincisi bu enerji kaynaklarının çevre dostu olmamalarıdır. Fosil kaynaklar enerji üretiminde kullandıklarında atmosfere salınan CO₂ nedeniyle sera

etkisine neden olmakta ve dolayısıyla dünyamızın ortalama sıcaklığı normalden daha çok artmaktadır. Diğer sorun ise her ülkede bu kaynaklardan yeteri kadar bulunamamasıdır. Bu nedenle ülkeler ihtiyaç duyduğu fosil kaynakları dışarıdan temin etmek durumunda kalmakta ve bu da ithalat yapan ülkelerin ekonomisinde ciddi bir ekonomik yüke neden olmaktadır. Örnek vermek gerekirse 2019 yılı sonu itibarıyla dünya doğal gaz rezerv miktarı 198,8 trilyon m³ olup bu miktarın %80'inden fazlası 10 ülkede bulunmaktadır. 2019 yılı itibarıyla en fazla doğal gaz rezervine sahip 10 ülkenin sahip olduğu rezerv miktarları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Ülkelerin trilyon metreküp cinsinden rezerv miktarları [2]

Şekil 2'de verilen grafik 2019 yılı itibarıyla dünyanın en çok doğal gaza sahip ilk üç ülkesinin 38 trilyon m³ ile Rusya Federasyonu, 32 trilyon m³ ile İran ve 24,7 trilyon m³ ile Katar olduğunu göstermektedir. Bu ülkeleri sırasıyla Türkmenistan, ABD, Çin, Venezuela, Suudi Arabistan, BAE ve Nijerya izlemektedir.

Fosil kaynaklı yakıtların bu olumsuz yönlerini ortadan kaldırmak amacıyla ülkeler enerji anlamında yeni yöntemler üzerinde durmuşlardır. Bu yöntemler arasında örneğin yenilenebilir enerji kaynakları gibi farklı kaynakları kullanarak enerji üretmek olduğu gibi enerjiyi kullanarak tasarrufu artırmak, üretirken verimi artırmak ve atıl enerjiden yararlanmak gibi yöntemler de vardır. Bu yöntemlere örnek olarak; kazanlarda hava yakıt oranının optimize edilerek verimin artırılması, mevcut makinelerin yerine yüksek verimli makinelerin kullanılması, enerji kaçaklarını önleyecek sistemlerin kullanılması ve kompresör istasyonlarında baca gazı ısısından elektrik üretilmesi verilebilir. Son yıllarda üzerinde durulan bir diğer yöntem ise doğal gaz basınç düşürme ve ölçüm istasyonları (Gas Pressure Regulation & Metering Station - RMS) kullanılarak elektrik üretilmesidir. Amerika Birleşik Devletleri, İngiltere, Rusya, İtalya gibi birçok ülkede çeşitli çalışmalar yapılmış ve San Diego (California), Memphis (Tennessee) ve Hamilton (New Jersey) şehirlerinde ilk uygulamalar gerçekleştirilmiştir [4]. Yapılan çeşitli araştırma ve çalışmalar, basınç düşürme istasyonlarındaki basınç düşürme proseslerinin, genişleme valfleri yerine genişleme türbinleriyle yapılması halinde, bu istasyonlarda basınç düşürme işleminin yanında elektrik üretiminin de yapılabileceğini göstermektedir [5]. Nitekim

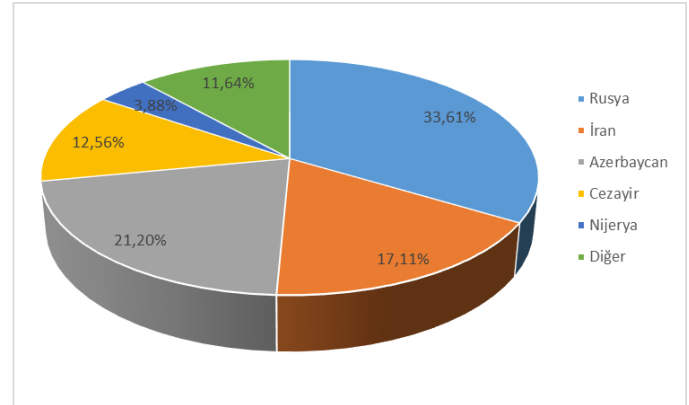
Farzaneh-Gord ve çalışma arkadaşları, İran'ın Horasan bölgesinde bulunan basınç düşürme istasyonları için enerji analizi yapmışlardır. İlgili istasyonlarda yıllık ortalama doğalgaz akış debisinin 90,5 kg/s olduğunu belirterek 9.930 kW elektrik enerjisi üretilebileceğini ve İran'ın tamamında 762 MW gücünde elektrik üretim potansiyelinin olabileceği sonucuna varmışlardır [6]. Yine bir başka çalışmada, Ebrahim K. Ardali ve Esmail Heybatian İran'ın Shahrekord şehrinde bulunan maksimum 120.000 Sm³/h debiyeye sahip şehir girişi istasyonunda gaz kısımla vanası yerine bir jeneratörü çalıştıran %85 verime sahip 1,8 MW genişleme türbini kullanıldığında 6000 MWs elektrik üretilebileceği sonucuna ulaşmışlardır [7]. Bu çalışmaların bize gösterdiği üzere RMS istasyonları basınç düşürme işlemini gerçekleştirilirken aynı zamanda azımsanamayacak miktarda elektrik üretim potansiyeli de taşımaktadırlar. Bu istasyonlarda üretilebilecek olan elektrik istasyonun kendi ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlamada kullanılabilirliği gibi suyun elektroliz edilerek hidrojen elde edilmesinde de kullanılabilir.

Yukarıda da bahsedildiği gibi doğal gaz taşıma işlemi sırasında, doğal gaz düzenleme istasyonlarında gaz akış basıncı düşürülmektedir. Bununla beraber gaz akışında geri döndürülemez ekserji kayıpları ortaya çıkmaktadır. Enerji kaybı, giriş ve çıkış gazı basınç düzenleme ve ölçüm istasyonlarındaki doğal gaz akışının termodinamik parametrelerine bağlıdır. Kuczyński ve arkd. (2019) bu atık enerjiyi elektrik enerjisi üretimine yönlendirmek için basınç regülatörünün bir genişletici (expander) ile değiştirildiğinde elektrik üretimi için kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir. Ve bu amaçla gaz genişleme prosesinin verimini etkileyen doğal gaz düzenleme istasyonu çalışma parametrelerini araştırmak ve seçilen doğal gaz düzenleme istasyonlarında basınç regülatörleri yerine turbo genişleticilerin uygun maliyetli bir şekilde uygulanması için seçim kriterlerini belirlemişlerdir [8].

Doğal gaz basınç düşürme istasyonları; doğal gazın sahip olduğu yüksek basıncın, nihai tüketicinin kullanacağı basınç değerine düşürüldüğü ve gerekli ölçüm işlemlerinin yapıldığı istasyonlardır. Tüm dünyada ve ülkemizde son derece yoğun olarak kullanılan ve kullanım miktarı da her geçen gün artan doğal gaz nedeniyle RMS'lerin sayıları artmaktadır. Türkiye'deki RMS istasyonlarının durumunu değerlendirdiğimizde ise yaklaşık olarak aktif durumda olan önemli sayıda adet RMS-A tipi istasyonun var olduğu tahmin edilmektedir. Bu durumda, mevcut RMS istasyonları ve bu istasyonlardan üretilebilecek elektriksel güç birlikte ele alındığında, ortaya kayda değer bir enerji kaynağı çıkabileceği apaçık ortadadır. Özellikle enerji üretiminin ve tüketiminin çok önemli olduğu son yıllarda böyle bir potansiyelin dikkate alınması gerektiği değerlendirilmektedir. Bu çalışmada bir RMS-A tipi istasyonun gerçek işletme verileri kullanılarak, bu istasyondan üretilebilecek elektriksel güç potansiyeli araştırılmaktadır. Türkiye yüksek nüfusu ve gelişmiş altyapısı ile önemli bir doğal gaz tüketicisi konumundadır. Ancak ülkemiz petrolde olduğu gibi doğal gaz yönünden de üretimin tüketimi karşılamadığı bir konumda bulunmaktadır. Bu nedenle ülkemiz tükettiği doğal gazın büyük bir kısmını ithal etmektedir.

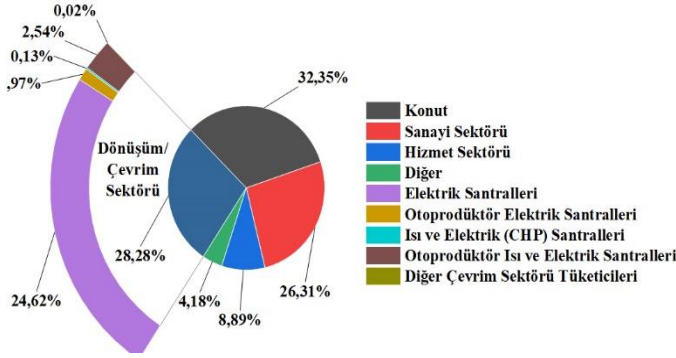
Türkiye 2019 yılında toplam 473,87 milyon Sm³ doğal gaz üretmiştir ve bu miktar 2018 yılına göre %10,62 oranında

artmıştır. En fazla üretim yapılan iller İstanbul, Tekirdağ ve Kırklareli olup bunun dışında Çanakkale, Düzce, Edirne, Adıyaman ve Adana illerinde de üretim yapılmaktadır. Türkiye boru hatları vasıtasıyla doğal gaz ithal ettiği gibi aynı zamanda LNG kargo gemileri ile de sıvılaştırılmış doğal gaz ithal etmektedir. Boru hattı ile doğal gaz giriş noktaları; Malkoçlar, Durusu, Türkgözü, Gürbulak, ve TANAP Seyitgazi'dir. LNG olarak doğal gaz giriş noktaları ise; Marmara Ereğlisi LNG Terminali, Egegaz Aliğa LNG Terminali, Etki LNG Terminali ve Dörtyol FSRU Terminali'dir. Türkiye 2019 yılında 2018 yılına göre %10,08'lik azalışla 45.211,47 milyon Sm³ doğal gaz ithal etmiştir. Bu ithalatın 32.517,4 milyon Sm³'lük kısmı boru gazı ile 12.694,07 Sm³ lük kısmı LNG olarak gerçekleşmiştir. LNG ithalatının %40,49'lük kısmı spot LNG ithalatı şeklinde yapılmış olup, %59,51'lik kısmı uzun dönemli sözleşmelerle Cezayir ve Nijerya'dan ithal edilen LNG kargolarından oluşmaktadır. Boru gazı ile doğal gaz ithal edilen ülkeler; Rusya, İran ve Azerbaycan'dır. 2019 yılı içinde en fazla doğal gaz ithalatı yapılan ülke 15.196 milyon Sm³ ile Rusya olurken, Rusya'yı 9.585 milyon Sm³ ile Azerbaycan ve 7.736 milyon Sm³ İran takip etmiştir. En fazla LNG ithalatı yapılan ülke olan Cezayir 5.678 milyon Sm³ miktar ile en fazla ithalat yapılan dördüncü ülke olmuştur. Diğer bir LNG ithalatı yapılan ülke konumunda olan Nijerya'dan ise 1.756 milyon Sm³ doğal gaz ithal edilmiştir [9]. Uzun dönemli sözleşmesi olan bu ülkelerin dışında kalan ülkelere ise toplam 5.260 milyon Sm³ doğal gaz ithal edilmiştir. Şekil 3'de en fazla doğal gaz ithal edilen ülkelerin yüzdesel dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 3. Doğal Gaz İthal Edilen Ülkeler [9]

Ülkemiz doğal gaz ithalatının yanında 2019 yılında toplam 762,68 milyon Sm³ de doğal gaz ihracatı gerçekleştirmiştir. Bu ihracatın 762,63 milyon Sm³ lük kısmı Yunanistan'a geriye kalan 0,05 milyon Sm³ lük kısmı Bulgaristan'a yapılmıştır. 2019 yılı toplam ihracatı 2018 yılına göre %13,28 oranında daha fazla gerçekleşmiştir [9]. Ülkemizdeki 2020 yılına ait doğalgaz tüketiminin sektörel dağılımına baktığımızda da konut tüketiminden sonra en çok tüketimin, doğalgaz dönüşüm santrallerinde gerçekleştiği Şekil 4'teki grafikte görülmektedir.



Şekil 4. 2020 Yılı Doğal Gaz Sektörel Tüketim Dağılımı [9]

II. MATERYAL VE METODLAR

A. Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonları

Doğal gazın üretim alanlarından tüketim alanlarına ulaşımı sağlandıktan sonra artık tüketim bölgesinde iletim aşaması başlar. Yüksek basınca sahip olan doğal gaz uzun mesafelere boru hatları ile iletimi esnasında çeşitli nedenlerden dolayı basınç kaybına uğrar ve kompresör istasyonları kullanılarak kaybettiği basınç telafi edilir. Kompresör istasyonlarında basıncı artırılan doğal gaz kullanılacağı yerin işletme koşullarına uygun hale getirilebilmek için basınç düşürme istasyonlarına teslim edilir. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonları kısaca RMS olarak adlandırılırlar. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonları en genel tanımıyla gazın basıncının istenilen işletme şartlarına düşürüldüğü ve ticari sözleşmelere konu olan parametrelerin ölçümünün yapıldığı istasyonlardır. Bu istasyonlar doğal gazın istasyona giriş – çıkış basınç değerine göre A tipi, B tipi ve C tipi basınç düşürme ve ölçüm istasyonları olmak üzere üçe ayrılırlar. Bu durum Tablo 1’de gösterilmektedir [10]:

Tablo 1. Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarının sınıflandırılması

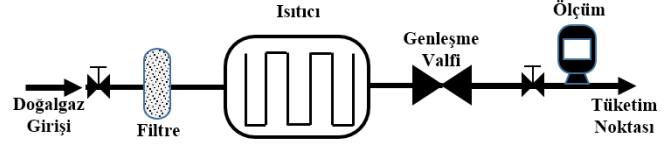
Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonu Tipi	Doğal Gaz Giriş Basınç Değeri [bar]	Doğal Gaz Çıkış Basınç Değeri [bar]
A Tipi	35 -75	12 -25
B Tipi	12 -25	4
C Tipi	4	0,3 – 0,021

Tablodan da görüleceği üzere en yüksek doğalgaz girdi-çıkış basıncı A tipi istasyonlarda olup en düşük girdi-çıkış basıncı ise C tipi istasyonlardadır. Genel olarak A tipi istasyonlar şehirlerin ve büyük endüstriyel tesislerin, B tipi istasyonlar orta ölçekli sanayi tesislerinin ve C tipi istasyonlar ise bina ve küçük ölçekli tesislerin doğal gaz kullanımını için kurulmaktadır.

B. A Tipi Basınç Düşürme İstasyonları

RMS-A tipi istasyonları, yaklaşık 35-75 bar arasında arz edilen doğalgazın basıncını, nihai kullanım noktasındaki

ihtiyaç duyulan basınç değerine düşüren ve doğal gazın çeşitli parametrelerinin ölçümünü gerçekleştiren, işlevleri gereği de çok sayıda kullanım yeri olan basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarıdır [11] RMS-A tipi istasyonda bu işlemlerin yapılması için kullanılan ekipmanlar genel olarak 5 farklı grupta toplanabilirler. Bu gruplar; vanalar, filtreler, ısıtıcılar, basınç düşürücüler ve ölçüm cihazlarıdır. RMS-A tipi bir istasyonun akış şeması Şekil 5 ile verilmiştir.



Şekil 5. RMS-A tipi istasyonun akış şeması

Vanalar ile kastedilen istasyon girişinde ve çıkışında bulunan küresel vanalardır. Bu vanalar istasyon içerisindeki doğal gazın iletiminde kullanılan boru sistemleri ile en önemli elemanlardır. Ayrıca istasyon içerisindeki debiyi kontrol etmek için de kullanılırlar.

Filtreler doğal gazı içerisindeki partiküllerden temizlemek (arındırmak) için kullanılırlar. Bu partiküller katı veya sıvı halde bulunabilirler. Kullanılan filtreler genellikle 1 m³ doğal gaz içinde bulunan katı partiküllerden 1 miligramını sıvı partiküllerden ise 200 miligramını tutabilecek kapasitededirler.

Isıtıcılar, doğal gazın basınç düşürme işleminden önce ısıtılmasında kullanılırlar. Gaz kanunları gereği doğal gazın basıncı düştüğünde sıcaklığı da düşmektedir. Doğal gazın basıncındaki her 1 barlık düşme doğal gazın sıcaklığını da yaklaşık olarak 0,4 – 0,6 °C düşürmektedir. Bu sıcaklık düşüşü özellikle doğal gazın içerisinde bulunan partiküllerin çığırma doktasının altına indiğinde hidrant oluşumuna neden olabilir [12]. Bu istenmeyen bir durum olduğundan doğal gaz basınç düşürme elemanına girmeden önce ısıtılır. Bu aynı zamanda istasyon için bir gider oluşturmaktadır.

Basınç düşürücüler RMS-A tipi istasyonlarının asıl görevi olan basınç düşürme işlemi gerçekleştirmede kullanılırlar. Doğal gaz A tipi istasyona yüksek basınçla girer ve istasyondan daha düşük basınçla çıkar. Bu işlem için regülatör adı verilen kısılma vanası olan basınç düşürücüler kullanılmaktadır. Regülatörler değişik basınç ve debi değerlerinde gelen doğal gazın istenilen standartlara getirilmesinde oldukça başarılı olmakla beraber herhangi bir güç üretmeden çalışırlar.

Ölçüm cihazları ile doğal gaz istasyondan çıkmadan önce parametreleri ölçülür. Bu parametreler arasında doğal gazın basıncı, sıcaklığı, debisi, bileşimi gibi özellikleri yer almaktadır. Bu nedenle ölçüm grubunda ilgili parametreyi ölçecek elemanlar bulunmaktadır. Basınç ölçümü için manometreler, sıcaklık ölçümü için termometreler ve debi ölçümü için orifisetreler bu grup içerisinde yer alır.

Tüm bu elemanlar birlikte bir uyum içinde çalışarak doğal gazın istenilen şartlara getirilmesini sağlarlar ve böylece güvenli bir şekilde doğal gaz kullanıma hazır hale gelir. Doğal gaz RMS-A tipi istasyona girişte bulunan küresel vana grubundan kontrollü olarak girer. Daha sonra içerisinde bulunan katı ve sıvı partiküllerden temizlenmesi amacıyla filtrelerle iletilir ve burada temizlendikten sonra ısıtıcılara

iletilir. Regülasyondan önce doğal gaz, regülasyon sonrası sıcaklığının istenen seviyede olması için ısıtılır ve basıncı düşürülmek üzere regülatörlere iletilir. Regülatörlerde basıncı düşürülün doğal gaz gerekli ölçüm işlemleri gerçekleştirildikten sonra çıkışta bulunan küresel vana grubundan geçerek güvenli bir şekilde kullanım yerine iletilmiş olur.

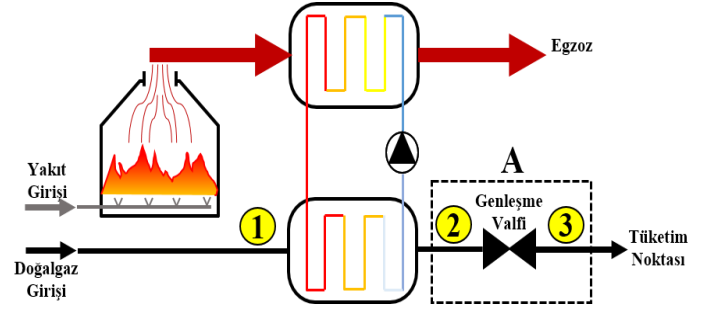
RMS-A tipi istasyonlar diğer istasyonlara göre çok daha yüksek doğal gaz giriş – çıkış basıncı seviyesine sahiptir. Aynı zamanda istasyondan geçen doğal gazın debileri kıyaslandığında da RMS-A istasyonlardan geçen doğal gazın debileri diğer istasyonlara göre çok daha yüksek olmaktadır. Bu çalışmada anlatılan regülatörlerin yerine turbo expanderlerin kullanılması ile basıncı düşürme işleminden elektrik üretimi için en önemli parametrelerden birisi de doğal gazın debi miktarıdır. Yani debi miktarı ne kadar fazla olursa üretilen elektrik gücü de o kadar fazla olacaktır. Bu nedenle bu sistemlerin kurulması için en uygun istasyonlar RMS-A tipi istasyonları olarak değerlendirilmektedir.

C. Fark Basıncından Elektrik Üretimi

RMS istasyonları basıncı düşürme işlemlerini regülatör adı verilen elemanlarını kullanarak yaparlar. Regülatörler ile basıncı düşürme işlemi yapıldığında Joule – Thompson etkisinden dolayı sıcaklık düşmekte ve sabit entalpi bu işlem gerçekleştiği için güç üretilmemektedir [13]. Oysa basıncı düşürme işlemi için regülatörler yerine turbo expander adı verilen genişleme türbinleri kullanılırsa, doğal gazın basıncı düşürme işleminden güç üretilmekte ve üretilen bu güç bir jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Yapılan çalışmalar bize elde edilecek gücün miktarının; doğal gazın istasyon girişi ve çıkışındaki basıncı oranıyla ve istasyondan geçen doğal gazın debisiyle doğru orantılı olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda türbinin kullanılabilirliğini artırmak için istasyondan geçen doğal gazın debisinin süreklilik arz etmesi diğer bir önemli konudur. Tüm bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda RMS-A tipi istasyonlarının böyle bir çalışma için en uygun istasyonlar olduğu düşünülmektedir.

D. RMS-A Tipi İstasyonun İncelenmesi

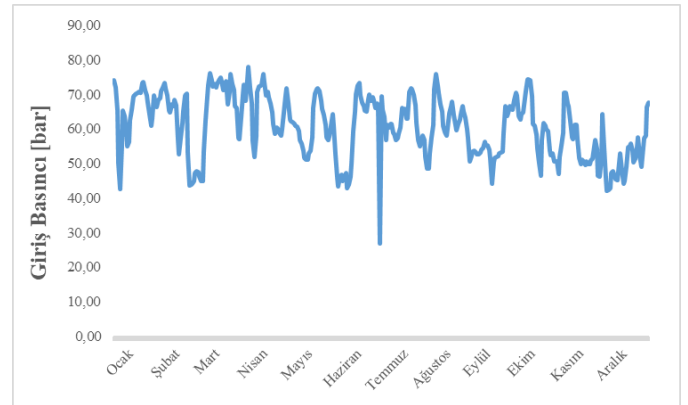
RMS-A tipi istasyonun şematik görünümü Şekil 6'da verilmektedir. Şekilde; 1 numaralı durum ile gösterildiği üzere istasyona giren doğal gaz filtre edildikten sonra ısıtıcılara girer. Yanma odasında gerçekleştirilen yanma işleminden elde edilen egzoz gazının yardımıyla doğal gaz ısıtılır ve egzoz gazı sistemden uzaklaştırılır. Doğal gazın ısıtılmasının nedeni daha önce bahsedildiği üzere regülasyon işleminden dolayı sıcaklığın düşmesiyle oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçmektir. 2 numaralı durumda ısıtılan doğal gazın ısıtıcılardan çıkıp genişleme valfine girmesi gösterilmektedir. Genişleme valfinden basıncı düşürülen doğal gaz 3 numaralı durum ile gösterildiği üzere tüketim noktasına teslim edilir.



Şekil 6. Türkiye'de bulunan RMS A tipi istasyonun şematik görünümü

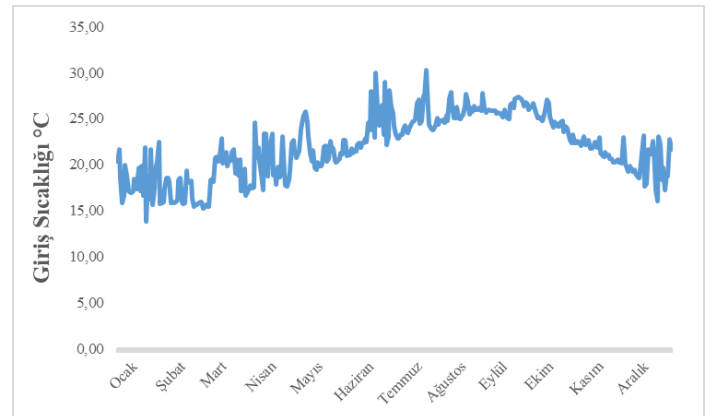
III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, RMS-A tipi istasyondan geçen doğal gazın giriş parametrelerine ait 1 yıllık veriler kullanılmıştır. Bu parametreler; doğal gazın istasyon girişindeki basıncı, sıcaklığı ve debisidir. Bu parametrelere ait günlük veriler Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir.



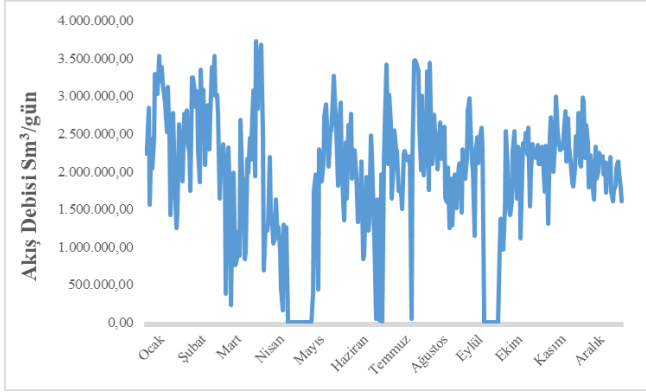
Şekil 7. RMS girişindeki doğal gaz basıncı değerleri

Şekil 7'de doğal gazın RMS-A tipi istasyonu girişindeki basıncı verileri gösterilmektedir. Grafığe bakıldığında doğal gazın girişteki basıncı yaklaşık olarak 25 – 80 bar arasında değerler almaktadır. Bu bağlamda doğal gaz en yüksek giriş basıncı değerini Nisan ayı içerisinde yaklaşık 78 bar ile alırken en düşük giriş basıncı değerini Haziran ayı içerisinde yaklaşık 26,5 bar ile almaktadır. Genel olarak bakıldığında ise yıllık ortalama basıncı değeri yaklaşık olarak 60,5 bar olup en yüksek ortalama basınca Mart ayında ulaşılırken en düşük ortalama basınca Aralık ayında görülmüştür.



Şekil 8. RMS-A girişindeki doğal gaz sıcaklık değerleri

Şekil 8’de doğal gazın RMS-A tipi istasyon girişindeki sıcaklık verileri gösterilmektedir. Grafığe göre, doğal gazın istasyon girişindeki sıcaklığı yaklaşık olarak 13 – 31 °C arasında değerler almaktadır. Doğal gaz en yüksek sıcaklık değerini Temmuz ayı içerisinde yaklaşık 30,5 °C ile alırken en düşük değerini Ocak ayı içerisinde yaklaşık 13,5 °C ile almaktadır. Bu veriler bize doğal gazın sıcaklığının mevsimsel değişikliklerden etkilendiğini göstermektedir. Genel olarak bakıldığında ise ortalama sıcaklık değeri yaklaşık olarak 22 °C olup en yüksek ortalama sıcaklığa Eylül ayında en düşük ortalama sıcaklığa Şubat ayında sahiptir.

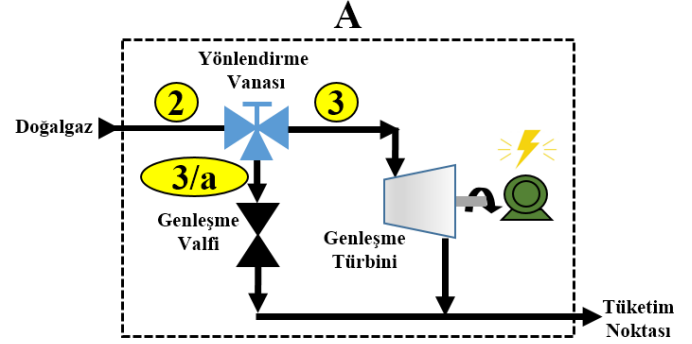


Şekil 9. Doğal gaz giriş debi değerleri

Şekil 9’da doğal gazın RMS-A tipi istasyona giriş debi verileri gösterilmektedir. Grafikten görüldüğü üzere, doğal gazın giriş debisi yaklaşık olarak 0 – 3.800.000 Sm³/gün arasında değerler almaktadır. En yüksek değerini Mart ayı içerisinde yaklaşık 3.750.000 Sm³/gün ile alırken yılın belirli günlerinde 0 değerini almaktadır. Debi değerinin 0 olması o günlerde istasyona doğal gaz girişi olmadığı anlamına gelmektedir. Genel olarak bakıldığında ise doğal gazın ortalama debi değeri yaklaşık olarak 2.137.320 Sm³/gün olup en yüksek ortalama debiye Şubat ayında en düşük ortalama debiye Nisan ayında sahip olmaktadır.

Doğal gaz basınç düşürme istasyonlarında doğal gazın basıncını düşürürken elektrik üretimini sağlamak için daha önce de ifade edildiği gibi basınç düşürme işleminin genişleme valfleri yerine genişleme türbinleri ile yapılması gerekmektedir.

Ancak RMS istasyonlarının temel işlevlerinden biri doğal gazın basıncını düşürmek olduğundan doğal gazın basınç düşürme işleminin aksamaması için bu iki eleman birlikte bulunmalı ve çalışma koşulları göz önüne alınarak uygun olan eleman kullanılmalıdır. Bu iki elemanın bir arada bulunabilmesi için RMS istasyonlarında revizyon yapılması gerekmektedir. Revizyon yapılmış sistemin akış şemasının şematik görünümü Şekil 10 ile verilmiştir.



Şekil 10. Türkiye’de bulunan bir RMS-A tipi İstasyonun revizyon akış şemasının şematik görünümü

RMS-A tipi istasyonda genişleme valfi ile yapılan basınç düşürme işleminde güç üretilemezken bu basınç düşürme işleminin sekteye uğramaması için genişleme türbininin çalışmadığı anlarda basınç düşürme işleminin genişleme vanasına paralel halde monte edildiği görülmüştür. Şekil 10’da 2 numaralı durum ile gösterildiği üzere ısıtıcıdan çıkan doğal gaz yönlendirme vanasına girmektedir. Doğal gazın basınç düşürme işlemi genişleme türbinini kullanarak gerçekleştirilecekse 3 numara ile gösterilen yol, genişleme valfi ile gerçekleştirilecekse 3/a numara ile gösterilen yol ile doğal gazın basıncı düşürülerek tüketim noktasına teslim edilir. Bu çalışmada, kütsel akış debisi esas alınarak kullanılacak doğal gaz giriş parametrelerinin değerleri belirlenmiş ve tasarlanan sistem Epsilon yazılımında simüle edilmiştir [14]. Simülasyon sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 2 ile verilmiştir.

Tablo 2. Genleşme türbinini kullanılması ile güç üretim potansiyeli

Doğal Gazın RMS-A Tipi İstasyonuna Giriş Verileri			Güç Üretim Verileri	
Giriş Basıncı (bar)	Giriş Sıcaklığı (bar)	Kütsel Akış Debisi (kg/s)	Verim (%)	Üretilen Güç (kW)
61,8	25,86	19,79	90	3489

Tablo 2’de verilen doğal gazın RMS-A tipi istasyona giriş verilerinin belirlenmesinde; yıllık ortalama kütsel akış debisi değeri tespit edilmiş ve diğer parametreler bu kullanılan kütsel akış debisi baz alınarak belirlenmiştir. Burada kütsel akış debisinin baz alınmasının temel nedeni, doğal gazın kütsel akış debisinin, üretilecek elektriksel güç üzerinde doğrudan ve önemli bir etkiye sahip olmasıdır. Seçilen bu giriş verileri doğrultusunda yapılan simülasyon sonucunda önerilen sistemden, %90 verimle 3.489 kW güç elde edilmiştir. Ayrıca, genişleme türbininin yılda 7000 saat çalışacağı kabulüyle, önerilen bu sistem sayesinde yıllık 24.423.000 kWh elektrik enerjisi üretilebileceği hesaplanmıştır.

IV.SONUÇLAR

Bu çalışmada doğal gazın RMS-A tipi istasyonda genişleme vanası kullanılarak basıncının düşürülmesi yerine genişleme türbini kullanılarak basıncının düşürülmesi sonucunda güç üretim potansiyeli araştırılmıştır. Bunun için öncelikle mevcut bir RMS-A tipi istasyonda doğal gazın istasyona girişinden tüketim noktasına teslimine kadar geçen süreç şematik gösterimi ile açıklanmıştır. Daha sonra Türkiye’de bulunan mevcut bir RMS-A tipi istasyondan alınan doğal gazın istasyon girişindeki basıncı, doğal gazın istasyon girişindeki sıcaklığı ve doğal gazın istasyona giriş debisi verileri irdelenmiştir. Bu verilerin irdelenmesinden çıkan en önemli sonuçlardan bir tanesi doğal gazın sıcaklığının mevsimsel değişikliklerden etkilenmesinin tespitidir. Doğal gazın istasyon girişindeki sıcaklığı ne kadar fazla olursa ısıtma maliyetimiz o kadar düşük olacağı için bu tespit sonucunda yaz aylarında ısıtma maliyetinin kış aylarına göre daha az olması beklenir. Doğal gaz parametrelerinin incelenmesinden sonra genişleme türbini içerecek şekilde mevcut sistemde revizyon yapılmış ve önerilen sistemin şematik gösterimi verilerek sistem açıklanmıştır. Genişleme türbini içeren sistemin tasarımı yapılırken genişleme türbini genişleme vanasına paralel olarak monte edilmiş ve istasyonun iki basınç düşürme elemanını da içermesine dikkat edilmiştir. Bunun nedeni herhangi bir olumsuzluk durumunda istasyonun doğal gazın basınç düşürme işlemini sekteye uğratmadan çalışmasını sağlamaktır. Son olarak istasyondan alınan doğal gazın basınç, sıcaklık ve debi parametrelerinin verileri kullanılarak Epsilon yazılımında hazırlanan simülasyonun sonucunda üretilen güç miktarı hesaplanmıştır. Verilerin seçiminde üretilen güç üzerinde büyük etkisi olması nedeniyle yıllık ortalama değerine yakın bir kütleli akış debisi değeri seçilmiş ve diğer parametreler bu kütleli akış debisine göre belirlenmiştir. Simülasyon sonucunda önerilen bu sistemden %90 verimle 3.489 kW güç mekanik güç üretilebileceği ve genişleme türbini içeren sistemin yılda 7000 saat çalıştığı kabulüyle, bu tesisten yılda 24.423.000 kWh elektrik enerjisi üretilebileceği hesaplanmıştır. Bunun da yaklaşık olarak 7600 kişinin 1 yıllık enerji ihtiyacının tamamını (konut, sanayi, ticarethane, ulaşım vb. gibi) karşılayacağı düşünülmektedir.

Enerjinin son derece önemli olduğu ve ülkelerin enerjide dışa bağımlılığını azaltmaya çalıştığı günümüzde bir RMS-A tipi istasyondan görevini yerine getirirken yukarıda bahsi geçen gücün üretilebileceği göz önüne alındığında Türkiye’de sayılarının 1000’den fazla olduğu tahmin edilen RMS-A tipi istasyonları ile ülkemiz ekonomisine katkı sağlanabileceği değerlendirilmektedir.

REFERENCES

- [1] T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Bilgi Merkezi. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: (Erişim: 12.11.2022). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>
- [2] Statistical Review of World Energy. BP, 69th Edition. 2020. (Erişim: 12.11.2022). <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
- [3] Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu. Ankara: Türkiye Petrolleri A.O. 2020
- [4] Ö. Deniz, “Doğalgaz basınç düşürme istasyonlarından elektrik üretiminin Çorlu-Kayseri ve Talova RMS-A istasyonları için incelenmesi”. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 2014.

- [5] S. Yao, Y. Zhang, N. Deng, X. Yu, and S. Dong, “Performance research on a power generation system using twin-screw expanders for energy recovery at natural gas pressure reduction stations under off-design conditions”. *Applied Energy*, 1218-1230, 2018.
- [6] M. Farzaneh-Gord, S. Hashemi, and M. Sadi. “Energy destruction in Iran’s natural gas pipe line network”. *Energy Exploration & Exploitation*, 293-406 2007.
- [7] E. K. Ardali and E. Heybatian, “Energy Regeneration in Natural Gas Pressure Reduction Stations by Use of Gas Turbo Expander; Evaluation of Available Potential in IRAN”, Proceedings of The 24th World Gas Conference, Buenos Aires, Argentina 2009.
- [8] S. Kuczyński, M. Łaciak, A. Olijnyk, A. Szurlej, and T. Włodek, “Techno-economic assessment of turboexpander application at natural gas regulation stations”, *Energies*, 12(4), 755, 2019.
- [9] Doğal Gaz Piyasası Yıllık Sektör Raporları: Doğalgaz piyasası 2020 yılı sektör raporu. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (Erişim:12.11.2022). <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-94/dogal-gazyillik-sektor-raporu>
- [10] Product catalogue. Gemsat (Gas Equipment Industry and Trade Inc.) (Erişim:23.12.2022) <http://www.gemsat.com.tr/en/urunler>
- [11] N. Yılmaz, and Y. Demir, “Doğal Gaz Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonları”. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 20-28, 2006.
- [12] D. Grauls, “Gas hydrates: importance and applications in petroleum exploration”. *Marine and Petroleum Geology*, 18, 519-523(2001).
- [13] A. Arabkoohsar, M. Farzaneh-Gord, M. Deymi-Dashtebayaz, L. Machado, and R. Koury, “A new design for natural gas pressure reduction points by employing a turbo expander and a solar heating set”. *Renewable Energy*, 239-250, 2015.
- [14] Steag Energy Services Epsilon@Professional 15.00. Available online: <https://www.ebsilon.com>.

SUGGESTION OF A DLP BASED STEREOLITHOGRAPHY 3D PRINTER

Mohammed Sahib ^{1*}, Güzin Tirkeş ¹

^{1*}Computer Engineering/Atılım University, Ankara, Turkey (mhmdimad@yahoo.com) (ORCID: 0000-0002-2086-5429)

¹Computer Engineering/Atılım University, Ankara, Turkey (guzin.tirkes@atilim.edu.tr) (ORCID: 0000-0003-0884-4876)

Abstract – The Digital Light Processing (DLP) 3D printer is a tool that utilizes Additive Manufacturing (AM) technology to build a 3D model straight from the CAD model. There are various 3D printing technologies that differ in many ways, including the material used, the techniques used to create the sample, the speed and accuracy, and a wide range of other factors. Choosing the best production method depends on the work at hand, ensuring that the product's material and quality meet the necessary standards. Although the DLP technology has a straightforward design, it offers an impressive array of quality and adaptability. This study offers a customized design that assures high manufacturing quality. To verify the functionality of the developed 3D printer, three distinct types of experiments using various CAD designs were conducted. Surface quality, minute details, and precise measurements have all been achieved in these trials. Additionally, two separate tests were created to confirm the desired output results.

Keywords – 3D printer, DLP 3D printer, additive manufacturing, rapid prototyping, resin printer.

I. INTRODUCTION

DLP based SLA 3D printer is apart from additive manufacturing besides the other technology like FDM and SLS etc. in general 3D printing technology starts from 1981 by Dr. Hideo Kodama with the patent, he is the first one who applied the laser beam to cure the resin as what we know now as SLA in Japan. While in France, there was a team of three people Jean-Claude André, Olivier de Witte, and Alain le Méhauté. They were trying to get the patent to make the "rapid prototyping device" in 1984, but because of the funding problem, they were forced to leave the project. In 1986 Chuck Hull had established the term Stereolithography technology and making a patent in the same year, and he released his first commercial product in 1988 (1987 [1]) and it was called SLA-1 [2].

In 1988 Carl Deckard at the University of Texas has filed a patent for SLS technology, and he used laser instead of a UV light to solidify the powder polymers layer by layer making the desired 3D object. After that, in 1989, Scott Crump from Stratasys Company filed the patent for FDM technology. After the release of the SLA-1 by Hull in a few years, the first FDM was released in 1991 by Stratasys, and in 1992 DTM Inc. released its first SLS 3D printer.

Till 2012 there was nobody able to produce and affordable SLA 3D printer in the market, this changed after 2012 by B9Creator company, they started from Kickstarter to produce a similar technology to SLA called DLP; also a startup company called Formlabs used the Kickstarter, but they produce an SLA 3D printer called Form1.

In 2014 the most patents of 3D printing has been expired, and one of them was Chuck Hull's patent, and this means giving the individuals more space for innovation to process the SLA 3D printing [1], this thing allows some companies and individuals to work on different 3D printing technology including SLA and DLP. They tried to develop it and make it smaller and less costly, so it can be available in the standard market not just for industrial usage, as what can be noticed these days they become more available at some reasonable price.

The standard SLA and DLP 3D printers still cost a lot (from 3000 to 10000 USD for the basic models) in comparison to other 3D printing methods [3]. A similar issue with the speed that the SLA provides is considered a much slower option in comparison to DLP and many other affordable printing technologies [4]. Although they provide a unique quality and a wide range of materials, they still provide a limited space of flexibility, as they are limited to their manufacturer's plans. Therefore this study suggests using open-source programming software alongside altering the components to maintain a lower price and a more extensive range of experiments and adjustments.

In this study, a custom DLP 3D printer will be made and will go through a series of tests examining the replaced equipment on different levels, such as speed, quality, and durability. The test will also expand to different forms of adjustments and measurements that expose the final sample's quality and accuracy. Therefore this study will focus on designing and

developing a custom DLP based SLA 3D printer made from commercial components.

II. MATERIALS AND METHOD

Going through different 3D printing technologies and builds, DLP 3D printing has been found as the most suitable form of printing to study and develop in this study, based on the possibility to use a different mechanism for image generation and the high flexibility that allow not specialized but tweaked components to be a part of the project.

For hardware component they are projector Dell 2400MP, The lens, The resin vat, and The Actuator for Z-axis linear movement, they were assembly in a square aluminum profile 40x40 mm.

SolidWorks is used for designing the desired 3D parts and Creation Workshop software to control the Arduino Uno card to control the Z-axis stepper motor through the A4988 driver with the projection synchronization.

A. DLP Projector Dell 2400MP

The core element in this DLP 3D printer is the curing device that can convert the liquid resin to a solid form according to the CAD model. In this study a regular digital image projector has been used as a UV image producer that will reflect the due model slice as a light image to cure the resin precisely, mimicking the required layer underneath the previous one which will eventually form the required structure alongside the supporting elements that holds the fragile elements of the structure during the printing process.

This model was chosen depending on some feature that makes it one of the compatible devices for this work because it usually works as a video projector, not for 3D printers. Therefore, better results have been achieved by modifying the device.

Some parts need to be modified during the curing process of the resin to make the projector work efficiently. Each projector has UV filter in front of the lamp, as shown in Figure 2 to reduce the UV light from reflecting on the human eye in normal usage, while the UV light is what we want from the projector for curing purpose; therefore this filter need to be removed from the projector, the UV filter in this projector is made from rectangle glass with diameters about 1.5x1.5 cm [5, 6].

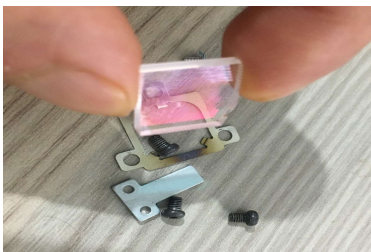


Fig. 1. The UV filter

The second thing that has been improved is removing the color wheel (see Figure 2) that is placed in front of the lamp to prevent the color during projecting. The result of this improvement is that the final light came out from the projector is in black and white to prevent the disruption while curing and also reduce the UV filtering [5,6,7].



Fig. 2. The color wheel

The third thing that the same built-in lens has been used that came with the projector (dell 2400mp), but this lens was designed for long-distance projection the minimum distance is 1.2 m [8], and to make it fit our needs some changes were made to make it fully compatible with this 3D printer with a distance of 20 cm between the lens and the building platform.

B. The Resin Vat

The vat (resin tank) was custom designed. It was made from a 4 mm transparent acrylic plastic cut with a laser machine to achieve the fine assembling details. It consists of two parts; the base is plane acrylic with a square canal of 2 mm depth in the outer size of cubic (see Figure 3 A), the second part is square 40 mm height with base and 8 round hols, the second part was designed to go inside the 2 mm canal depth in the base (see Figure 3 B) to make the FEP film more tension, with the eight screws to hold the two parts as given in Figure 3 C.

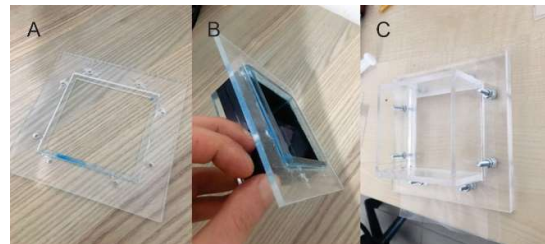


Fig. 3. The resin vat

C. Working Principles and Methodology

The process starting from making the desired 3D object (part) in CAD software like SolidWorks or any other software can produce STL format files, after that, transferring the designed object to another software in my study an open-source program Creation Workshop has been used, through this program slicing process can be managed depending on the desired part resolution, even 0.001 mm can be achieved, by the help of the same software each layer can be projected to the building platform (as shown in Figure 4) which is in the lowest point of the resin vat to cure the first layer and it will be the first attached layer on the building platform after that Z-axis will move one step up to let the uncured resin collect under the first cured layer so the projector can cure the second layer and so on until the part is reaching the last layer that's mean the part is completed, then the building platform will move up to easily remove the part, and cleaning the part by apply isopropyl alcohol mixture and water.

In this setup, four parameters play the primary role in 3D printing: the Z-axis speed and lens focus, light intensity, and resin composition. An experimental study has been made to find the optimum parameters for the linear speed of the Z-axis and light intensity.

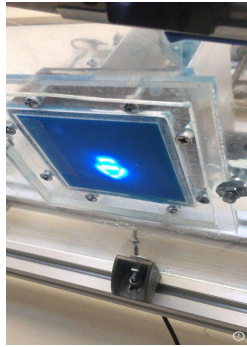


Fig. 4. Light under resin vat (curing)

III. THE EXPERIMENT, VALIDATION AND RESULTS

Complete results have been obtained in the first set of experiments. Before that, there were several failed experiments before the resin vat, and the building platform has been changed.

A. The first experiment

In this experiment, almost exceptional results are obtained, as given in Table 1. The 3D CAD model was chosen as given in Figure 5; it is a cubic with two supporting legs from the bottom.

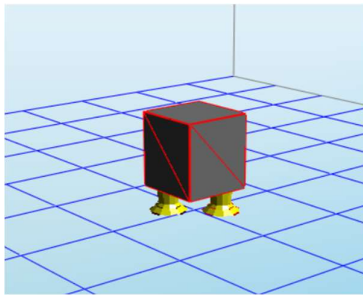


Fig. 5. The CAD model for the first experiment.

Table 1. The first experiment

No	Z speed in mm/m (millimeter / meter)	Slice thickness In mm	Exposure time in ms (milliseconds)	Bottom exposure in ms	Bottom layers	Z lift distance mm	picture
1	80	0.100	1100	8000	3	4	Figure 6 A
2	80	0.100	1300	10000	3	4	Figure 6 B
3	80	0.050	900	10000	3	4	Figure 6 C
4	30	0.050	900	10000	3	5	Figure 6 D

In Table 1, 2 and 3, “No” column represents the number of experiments. Column “Z speed” represents the speed of the Z-axis axes movement, up and back down. Column “Exposure time” represents the time for each normal layer to be cured. Bottom exposure column represents the time for the few bottom layers for the base of the object. Z lift distance column represents how much mm the building platform will move up after each cured layer.

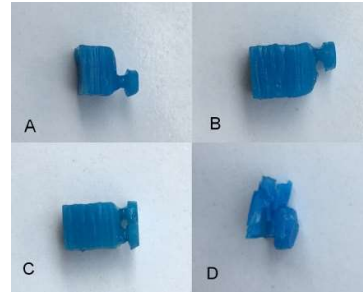


Fig. 6. The first experiment samples (A, B, C, D)

In the first try, the object did not complete because of the few exposure time, and one of the supporting legs was lost, in the second try, a completed object is printed by increasing the exposure time and bottom exposure time. In the third try, trying to decrease the layer thickness from 100 um to 50 um, a better result has been achieved compared to the second try with 900 ms. In the fourth try, trying to reach a better result by decreasing the Z-axis speed from 80 to 30 mm/m, but the worst result has been got, from this result, it was clear that the more speed that has been implemented on the z-axis movements the best result will obtain with some limits that will be discovered later on.

B. The second experiment

In this second experiment, a Benchy 3D model (see Figure 7) was tested with three parameters, relying on the first experience in some parameters. Each experiment is explained in the following sections.

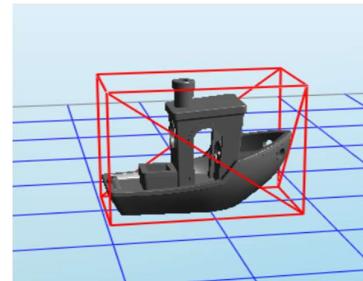


Fig. 7. The Benchy CAD model

Table 2. The second experiment

No	Z speed in mm/m	Slice thickness In mm	Exposure time in ms	Bottom exposure in ms	Bottom layers	Z lift distance mm	picture
1	160	0.200	2500	10000	3	4	Figure 8 A
2	160	0.200	2600	10000	3	4	Figure 8 B
3	160	0.200	2800	10000	3	4	Figure 8 C

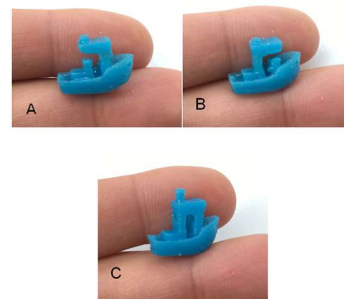


Fig. 8. The second experiment (A, B, C)

The first try entirely printed, but it has some failure in the small details; however, the outline shape was clear with 2500 ms for exposure time. The second try and exposure time has been increased with 100 ms to see if it will go better or worse. It became 2600 ms for the standard layers, a better result has been obtained in comparison to the first try but still has some missing parts, but there was an improvement. For the third try, by increasing the exposure time with 200 ms and it became 2800 ms, the delighted result has been got for the printed object without any missing parts or merging between small details like holes.

C. The third experiment

In this third experiment, a much detailed model needs to be printed to ensure the printer's ability to print any desired shape. Therefore a custom design has been made by using SolidWorks 2019(as shown in Figure 9), to make a hole cubic with 2 cm diameters with a wall thickness of 1.5 mm, with bricks of 0.5 mm thickness as a texture on the wall from outside.

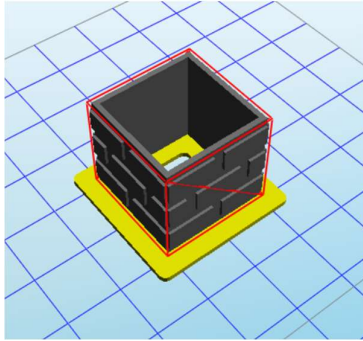


Fig. 9. The cubic CAD model

Table 3. The third experiment

No	Z speed in mm/m	Slice thickness In mm	Exposure time in ms	Bottom exposure in ms	Bottom layers	Z lift distance mm	picture
1	160	0.200	3000	10000	3	5	Figure 10 A
2	160	0.200	3200	12000	3	5	Figure 10 B
3	160	0.200	3200	12000	4	5	Figure 10 C

In the first try, the object is fully completed with good quality, but there was a problem there was the missing part in the first 3 mm from the platform to the object body like a hole, almost the same problem that happened in the second experiment.

With the Benchy model, therefore the exposure time should be increased as happened in the previous experiment and it has been solved the problem, in the second try the normal layers exposure time and the bottom layer has been increased but also the same problem has been got, also missing part next to the building platform, in the third try a 1 mm solid base has been implemented in the bottom of the cubic with the same parameter with the previous try, a perfect 3D model has been obtained without any missing parts with a perfect surface finish.

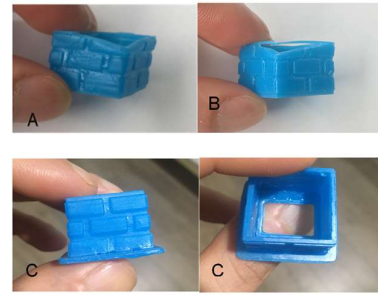


Fig. 10. The third experiment (A, B, C)

After getting very good results in the third experiment with nice surface finish, while the CAD model design was a flat cubic with Bricks and it successfully printed, a more detailed CAD design was aiming to produce for further check about the printer abilities for different 3D models, this shape has been chosen as shown in Figure 11.

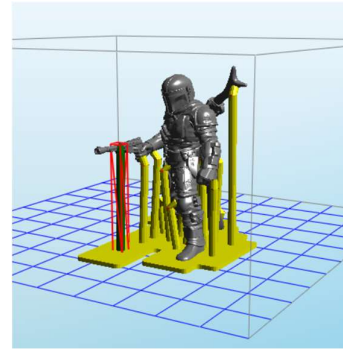


Fig. 11. The CAD model

It was successfully printed out from the first try with the same parameter in the last try of the third experiment as previously explained, the printed model given in Figure 12.



Fig. 12. The printed model

D. Test and validation

To ensure the validation of the printer, for the printed samples, two tests were performed. The first one was about the Repetition while the second one was about positioning in the building platform.

The repetition test

In this test, ten samples were printed in almost the same weather condition and time, the weather was changing from 30 to 24 centigrade degrees, and the time was from 1:30 PM till 1

AM. The printed sample consists of a solid cylinder over a solid cubic (see Figure 13).

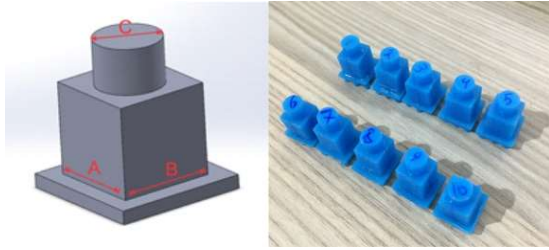


Fig. 13. Test CAD model and printed ten samples

Where A is represent the height and B represent the width for the cubic, and C is representing the Diameter for the cylinder.

The test results are given in Table 4, and the location of the parameters shown in Figure 13. The test was made using a micrometer with the accuracy of one micro (see Figure 14). Data analysis is performed using SPSS (version 21; IBM Corporation, New York, USA) within a 95% confidence level. A, B, and C differences are analyzed using descriptive statistics (see Table 5).

Table 4. The result of the repetition test

No	A (mm)	B (mm)	C (mm)
1	10.004	9.988	7.000
2	10.004	9.988	6.995
3	10.001	9.987	6.998
4	10.005	9.988	6.997
5	10.006	9.990	7.002
6	10.008	9.992	7.000
7	10.000	9.983	6.992
8	10.000	9.982	6.994
9	10.001	9.983	6.995
10	10.001	9.982	6.988

In Table 4; considering A, B, and C for 10 samples (N), a mean of M=10,0030 is calculated for A, a mean of M=9,9863 for B and M=6,9961 for C with standard deviations SD=.002789, .003561, .004202 respectively.

Table 5. Descriptive results for A, B, C

	N	Mean	Std. Deviation
A	10	10,00300	,002789
B	10	9,98630	,003561
C	10	6,99610	,004202
Valid N (listwise)	10		



Fig. 14. The micrometer instrument

Positioning in the building platform test

In this test, five samples were printed and tested under the same circumstances with the previous experiment. The same shape has been implemented under this test. The only difference was the position of every one of the five samples; they were distributed in a 3x3 matrix (see Figure 15 and Figure 16).

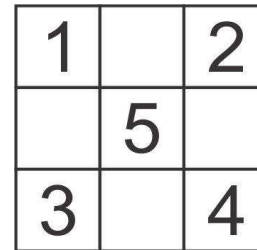


Fig. 15. 3x3 matrix of the samples



Fig. 16. Separated samples in the building platform

The test results are given in Table 6, and the location of each sample is represented in Figure 15. The test was made by the use of a micrometer with the accuracy of one micro (as given in Figure 14).

Table 6. Result of the Positioning test

Position	A (mm)	B (mm)	C (mm)
1	10.018	9.985	6.993
2	10.002	9.981	6.994
3	10.011	9.985	6.990
4	10.009	10.006	7.008
5	10.000	9.983	6.992

As seen in Table 7; considering A, B, and C for 5 samples (N), a mean of M=10,0080 is calculated for A, a mean of M=9,9880 for B and M=6,9954 for C with standard deviations SD=.007246, .010198, .007197 respectively.

Table 7. Descriptive statistics for different positions

	N	Mean	Std. Deviation
A	5	10,00800	,007246
B	5	9,98800	,010198
C	5	6,99540	,007197
Valid N (listwise)	5		

IV. DISCUSSION

After doing the three experiments, the output results seem to be acceptable after which was mentioned in Previous sections. One of the most effective parameter was the exposure time both for the normal layers and the base layers (normally they are first layers attached to the building platform from 3 to 5 layers), and the exposure time can be fixed for each printed layer thickness. For example, if the desired printed part in 50 micro it will be 900 ms and for 100 micro it will be 1450 ms and for 200 micro it will be 3200 ms and so on. The time increasing when the layer thickness is increasing (these numbers has been extracted throw many experiments). On the other hand, for the based layers, 12000 ms is needed to let the object fully attached to the building platform. The second parameter was the speed of the Z-axis. It is proved that, 160 mm/s is the ideal speed for it, also low speed does not give better results. The other important point was the lifting distance for Z- axis during printing to let the cured layer separate from the FEP film and letting the fresh resin to gathering again underneath the printing part.

This printer is based on the simplicity in usage, so any one can use it. However there are some recommendations that should be followed before using it. The place where this printer will work must have an air circulation mechanism because the curing mechanism can produce smell emission and it may be harmful for health. The person who use the printer should wear a mask for filtering the air and also should wear gloves during working with resin. Furthermore user should avoid looking directly to the light source for the eye safety.

V. CONCLUSION

In this study, a DLP 3D printer based on SLA technology has been successfully made, with an available component in the market with several self-made components, together they assemble this printer with the lowest costs. One of the aims of this research is to make this technology more spreaded in the future for the academic students and for the manufacturers to benefit from this technology along with the other AM technologies.

Different 3D models and self-made 3D designed models ensure the printing quality in different sizes and shapes and have been printed using this DLP printer with satisfactory surface quality and dimension measurements using the commercial 3D printing resin. The printing procedure was so easy from the beginning until the end of the 3D model that even the post-process mechanism was simple, and anyone can use it without any previous knowledge by just following some steps. However, it still has the problem that after the printing process is finished some cleaning process has to be made to ensure there is no resin remain in the resin vat or the building platform unlike the other AM technology like FDM is not require any cleaning process.

There is still more room for improvement of this DLP 3D printer; as given in the previous chapters, the printed 3D

models' surface is not very soft. It has some obstacles, and it appears in some shapes in some parts of the model.

The next step to get a good surface is to use a more specific projector for this purpose with UV light, not a regular light as it was used in this study.

The aim after this study is to implement this technology in the medical production to produce a biocompatible material that can be implemented in the human body such as dental implants, dental coverage, and fillings. These products can help the dentist to produce more accurate shapes with much lower time

REFERENCES

- [1] 3D sourced, "The Complete History of 3D Printing: From 1980 to 2020" Internet: <https://3Dsourced.com/guides/history-of-3d-printing/>, February 13, 2020 [Nov. 29, 2022].
- [2] Leo Greguric, "History of 3D Printing: When Was 3D Printing Invented?" Internet: <https://all3Dp.com/2/history-of-3d-printing-when-was-3d-printing-invented/>, Dec10,2018 [Nov. 29, 2022].
- [3] Matthew Mensley, "2020 Best Resin 3D Printers" Internet: <https://all3Dp.com/1/best-resin-dlp-sla-3d-printer-kit-sterolithography/>, Mar15,2020 [Nov. 29, 2022].
- [4] Hironori Kondo, "SLA vs FDM: Is Resin 3D Printing Faster?" Internet: <https://all3Dp.com/2/sla-vs-fdm-is-resin-3d-printing-faster/> Apr 7,2020 [Nov. 29, 2022]
- [5] Vice, "How to remove a DLP color wheel (and in my case also destroy the projector)." Internet: <https://packet39.com/blog/2016/03/19/how-to-remove-a-dlp-color-wheel-and-in-my-case-also-destroy-the-projector/>, March 19, 2016 [Nov. 29, 2022].
- [6] Demetris Zavorotnitsienko "11 - Projector Modifications." Internet: <http://www.os-rc.com/en/ilios-documentation-page/37-11-projector-modifications>, [Nov. 29, 2022].
- [7] Philip Le Riche "Acer S1210 DLP Projector Colour Wheel Replacement" Internet: <https://www.ifixit.com/Guide/Acer+S1210+DLP+Projector+Colour+Wheel+Replacement/95071>, [Nov. 29, 2022].
- [8] "Dell 2400MP Key Specifications :," no. March, p. 78682, 2006.

TRANSFERRING VULCANIZING PRESS DATA TO THE ERP SYSTEM ON THE CLOUD

Elif Demir ^{1*}, Birol Arifoğlu ^{2*}

^{1*} Kocaeli University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Electricity, Kocaeli, Turkey
(e.demir1705@gmail.com) (ORCID: 0000-0002-5622-3663)

^{2*} Kocaeli University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Electricity, Kocaeli, Turkey (barif@kocaeli.edu.tr)
(ORCID: 0000-0003-0323-5860)

Abstract – Industrial systems have experienced four major revolutions from the past to the present. In light of these revolutions, mechanical systems have replaced human power for the first time. Over time, starting from the steam in mechanical systems, a mass production system has been started, which has reached the present day with electrical energy. Automatic studies have been carried out using electronic relays and control units in systems that have emerged as the concept of automation. Today, controllers have begun to collect the data they receive from the system and need to enable the system to run a process without the need for a human. Thanks to these developments, the importance of collecting and processing data in production facilities are increasing day by day. In line with these collected data, many improvements and reports can be made in production with the support of artificial intelligence. Within the scope of this study, it is aimed to transfer the data obtained from the vulcanization presses in the facility or on the site to the ERP (Enterprise Resource Planning) system. It is aimed to provide faster and ubiquitous access to the requested data by selecting cloud ERP, not physical ERP, as the source of the ERP system. The data are processed primarily in PLCs (Programmable Logic Controller) located over the presses. The processed data is recorded by connecting to a database through the KEPServerEX program based on the OPC (Open Communication Platform). The Node-RED development tool is used for the connection of the database and cloud ERP system, as well as for urgent field maintenance and process preparation stages. Thanks to this program, it is easy to connect multiple applications that are different from each other. Thanks to a node located in the system, the data determined can be sent to authorized persons via e-mail or SMS notification. In this way, the user is notified quickly to prepare the production line for the anomalies that occur or for the different product types in the queue. In line with the collected data, failures that may occur in the future can be prevented, maintenance periods can be deducted with predictive maintenance and other problems that may occur can be prevented. Out of this, production capacity can be determined, the working performances of the working operators can be deduced and planning works can be carried out healthily.

Keywords – Cloud Computing, Enterprise Resource Planning, KepsServerEx, MSSQL, Microsoft Azure, Node-RED, OPC, PLC

I. INTRODUCTION

There have been four industrial revolutions from the past to the present. The first industrial revolution, known as Industry 1.0, started with the use of mechanical systems that use water and steam power instead of human power. The second industrial revolution, known as Industry 2.0, is the period when mass production lines were created and electrical energy was used. The third industrial revolution, known as Industry 3.0, is the period when programmable logic controllers (PLC) emerged, where digital technologies were used in production. Industry 4.0, known as the last industrial revolution, refers to the system in which production technologies, automation systems, and the technologies that make up this system exchange data with each other. This new system consists of high-tech components such as cyber security, cyber-physical systems, cloud technologies, smart factories, the Internet of things, internet services, learning robots, big data, virtual reality, and 3D printers. With the development of industrial systems, new needs have emerged. One of these needs is the collection and processing of data, and the other is to provide easy access to the collected data. In line with the data collected

from industrial systems at regular intervals, the efficiency of production can be calculated, maintenance periods can be calculated with predictive maintenance, and life tests of the materials used can be performed. The collected data can be moved to a cloud system and stored online. Access to the recorded data can be easily provided by people who have internet access and access to the cloud system.

Vulcanization is the process of applying sulfur or equivalent sulphurize to make raw rubber and similar materials more durable. Vulcanization presses provide the process of shaping durable rubber according to the desired molds. As seen in Figure 1, the press consists of three parts: the upper core, the die, and the lower core. First, it provides an upward movement to the lower core. On the bottom core, which enables its movement in the upward direction, the rubber, which is wrapped with certain angles according to its type, is placed by the personnel. The upper core provides a downward movement to exert pressure on the placed rubber. After completing the upper core movement, the mold moves downwards and takes the rubber inside. Steam is given to the system for the cooking process of the rubber surrounded by the mold. When the steam injection process is completed, nitrogen should be introduced

into the press to ensure that the rubber and the mold fully adhere to each other. When the cooking process is finished, the product is divided into three groups with the control of the operator. These groups are given agency, repair, and scrap names. The agent is the nomenclature that corresponds to the available product. Repair is the nomenclature denoting the rework of the product. The products in the repair group are subjected to the re-cooking process. Scrap is the nomenclature that corresponds to the unusable product.

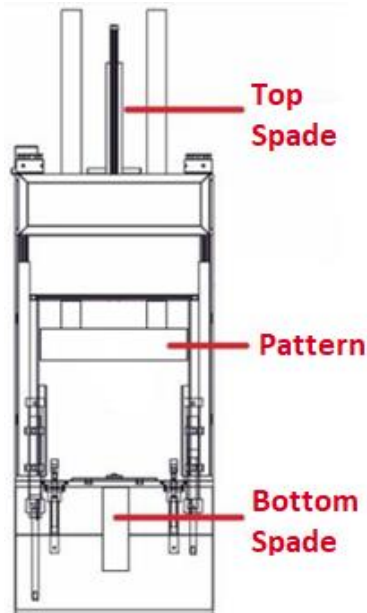


Fig. 1. Vulcanization press working principal diagram

This study aims to transfer the data received from the vulcanization presses to the ERP system. The data read from the PLCs on the presses are transferred to the MSSQL database by using the KepsServerEX program. The transferred data is connected to the Microsoft Azure Cloud system through the Node-RED program. Production data can be sent to authorized persons via e-mail thanks to the trigger function created in the Node-RED program. The trigger is created by the code written in the function node. In the production data, firstly, the number of products processed in the presses and how many of these products are processed successfully are selected. Thus, the efficiency of the machine can be analyzed. As another data, it is possible to obtain data on which personnel produce how much product in which shift. In this way, the success percentage of the personnel can also be calculated.

II. OPC PLATFORM

Each device used in industrial systems has a unique communication protocol. Fieldbus, Profibus, Modbus, and CANbus protocols can be given as examples. It is quite difficult to link these protocols together. It is possible to perform operations with the OPC (OLE for Process Control) open communication platform. OLE (Object Linking and Embedding) is a structure that Microsoft has fulfilled due to the low bandwidth of the DDE (Dynamic Data Exchange) object, which enables data transfer between different applications. The importance of OLE/COM integration for automation solutions is recognized by software providers. OPC is a communication standard based on OLE and allows for more efficient and easier communication between different

automation levels. This situation is shown in the OPC connection template in Figure-2. Using the OLE technology described above, OPC defines methods and objects to enable communication between different software applications, regardless of whether they reside on a PC or process control equipment in the process management environment [1].

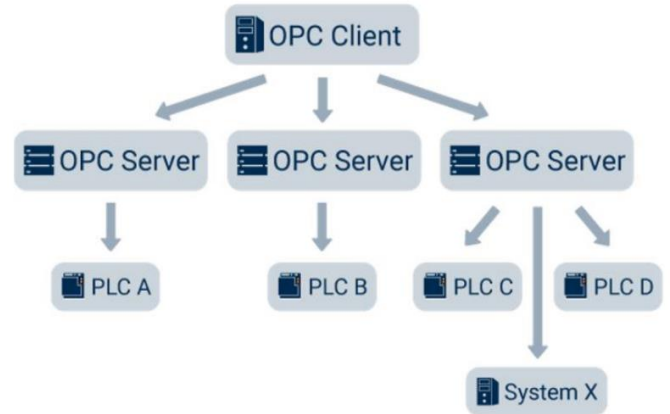


Fig. 2. OPC connection template

OPC standards can be examined under six headings.

1. OPC Data Access: Allows reading and writing data from the system in real-time.
2. OPC Alarm & Events: Allows monitoring of events taking place in the system.
3. OPC Historical Data Access: Allows reading data found in the past.
4. OPC Security: It ensures the security of the connections created on the interfaces.
5. OPC Data Exchange: Provides direct connection between OPC servers.
6. OPC Unified Architecture: It is the standard that uses all OPC standards and web services together. For security in OPC UA, the certificate model has been applied to the computers that will be used to exchange data. According to the certificate model, instead of allowing all kinds of connections, applications with a certain identity are allowed to access through certain ports. Thus, data security is maximized.

III. KEPSERVEREX PLATFORM

KepsServerEx is a communication platform that enables connection to different automation devices and software from a single source. It provides the opportunity to control, monitor, and manage the drivers in its system by connecting from a single interface. The above explanation is shown in Figure-3. KepsServerEx; It has many drivers such as ABB Totalflow, Allen Bradley ControlLogix Ethernet, Analog Devices, BACnet/IP, Fanuc Focas Ethernet, Mitsubishi Ethernet, Modbus Serial, Omron Host Link, OPC UA Client, WAGO Ethernet, Yokogawa DX Ethernet. It uses OPC and IT communication protocols to present industrial data from a single source.

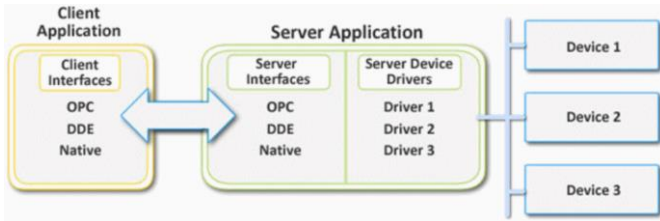


Fig. 3. KepsServerEx connection type

This software-based server is designed for accurate communication, rapid deployment, industrial devices, and unmatched interoperability between client applications and systems. The server provides a wide variety of plug-ins and device drivers, and components suitable for most communication needs. The plug-in design and single-user interface provide consistent access from standards-based applications and non-standards-based applications with native interfaces [2].

IV. MSSQL DATABASE

MSSQL (Microsoft SQL Server) is a relational database developed by Microsoft to store data. Relational database management (Relational Database Management System) is called the system that enables the construction of the database by connecting the tables in which the related data are recorded. MSSQL is a corporate system that allows data to be stored securely as well as used by multiple users at the same time. It supports data processing and storage, data indexing and querying, database management, data flow optimization, data reporting, and policy-based data access.

V. NODE-RED INFRASTRUCTURE

Developed by IBM (International Business Machines), Node-RED helps intelligently combine hardware, API (Application Programming Interface), and other online services. It is a browser-based stream editor [3]. The visual of the explanation in Figure-4 has been created. Programs run by connecting more than one node and creating a flow. Node-RED runs on an engine developed by Google called NodeJS and is programmed in JavaScript infrastructure.

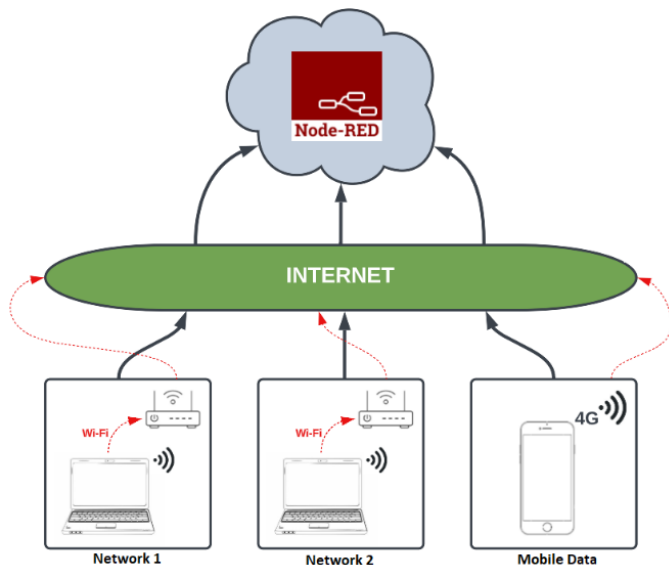


Fig. 4. Node-RED connection type

VI. CLOUD PLATFORM

Cloud computing enables services such as processing, transferring, and storing data over the Internet. They can work independently of hardware and operating systems. They provide a common platform on different hardware and different operating systems and enable applications to run on this common platform. The Cloud computing service model is divided into three models Infrastructure service (IaaS), Software service (SaaS), and Platform service (PaaS) [4]. The Cloud computing service model is created in Figure 5.

Infrastructure as a service (IaaS) is a type of cloud computing service that provides basic computing, storage, and networking resources. Software service (SaaS) enables users to connect and use cloud-based applications over the Internet. Platform as a service (PaaS) is a complete cloud environment for development and deployment with resources to enable the deployment of anything from cloud-based applications to advanced cloud-enabled enterprise applications.

Amazon Web Service (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud, IBM Cloud, and Oracle Cloud are examples of top cloud computing companies [10]. Microsoft Azure has been chosen as the cloud computing system in this article.

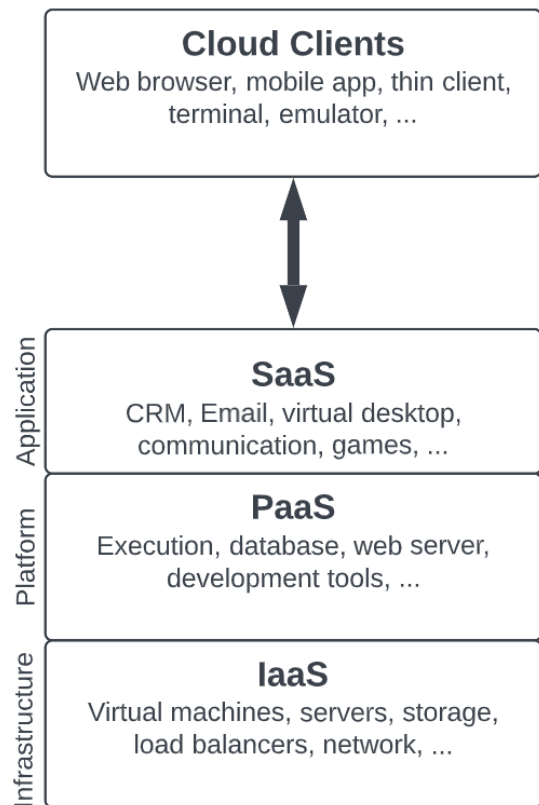


Fig. 5. Cloud platform service model

Microsoft Azure is a cloud platform that can host existing applications and facilitate new application development. Can develop on-premises applications with Azure. Azure allows the integration of cloud services needed to create, test, deploy and manage applications while taking advantage of the efficiency of cloud computing [5].

Three different cloud systems are compared in Table-1. In a situation where the user is interested in analytics such as data visualization, data storage, data log monitoring, and device-cloud messaging, Microsoft Azure is preferred because it has more options than AWS and Google Cloud [7].

Table 1. List of analytics services for the IoT cloud platform

Microsoft Azure	AWS	Google Cloud
Azure Monitor	Cloud Watch	BigQuery
PowerBI	Quicksight	Stackdriver
Azure Storage	Amazon Kinesis	App Engine
Azure Events Hubs	IoT Analytics	Compute Engine
Stream Analytics		

VII. ERP SYSTEM

Enterprise Resource Planning (ERP) or business resource planning is the general name given to integrated management systems that enable the efficient use of resources such as labor, machinery, and materials required for the production of goods and services in enterprises. Enterprise resource planning (ERP) systems are systems that are generally simple to use and try to bring together or help bring together all the data and processes of a business [6]. Figure-6 shows the relationship between the departments covering the ERP system.

Dia, SAP, Canias, Workcube, IFS, Uyumsoft, Logo, Netsis Bilişim, and Akinsoft programs can be given as examples of some of the ERP programs used in Turkey.

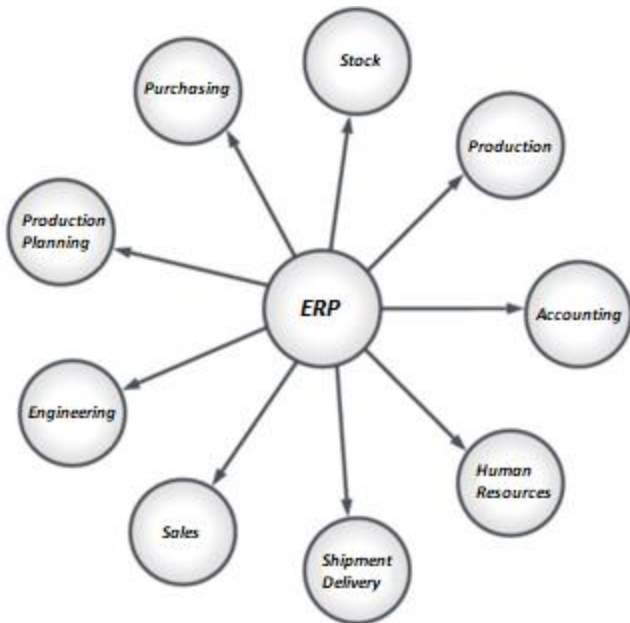


Fig. 6. ERP system

ERP system is divided into two physical ERP and cloud ERP. Hardware and software setups are required for physical ERP systems. There is no need for hardware and software installations for cloud ERP systems. The advantages of the cloud ERP system over the physical ERP system are as listed below;

- Low upfront cost
- Low operating costs
- Fast application
- Scalability
- Ability to focus on core competencies
- Quick updates and upgrades
- Improved accessibility, mobility, and usability

- Easier integration with cloud services
- Enhanced system availability and instant disaster recovery
- Cost transparency
- Sales automation
- Establishment of safety standards
- Free testing opportunity

The cloud ERP system has made it easy to access the desired information from anywhere and at any time when the Internet is available. Payment is made according to the space used on the server. Thanks to this feature, unnecessary payments within the company are prevented. In line with the reasons explained, a cloud ERP system was chosen instead of the physical ERP system in this study. In this way, information is provided through Node-RED in line with the answers from the cloud ERP system.

In this article, we are using Canias ERP system which is one of the most compatible ERP System with Automotive and Energy system. So, this system is able to develop custom scripts with their own programming language. This language name is Troya. For validate this article, I developed small scripts with Troya. These scripts are actually connect data and previous calculations which we gather from Node-Red and database. For instance, The Node-Red service is sending staff shift working performance data, and the script compare their performance with another shift staff data. Another script is saving this data to human resource table with real-time salary calculation. Besides of these, another script is measuring staff’s production quality with previous his work shifts. All these personnel scripts are running simultaneously in ERP cloud.

For conclusion, the data performance is totally related with ERP’s modularity and database’s performance. According to my research, Canias’s Troya and Sap’s ABAP are best flexible languages for processing big data. With this language, you do not need any high-level programming information such as C#, Java etc.

VIII. TRANSFERRING FIELD DATA TO THE CLOUD

PLCs are generally used to control the input and output elements in the industrial system. PLCs to be used in Vulcanization Presses have been chosen as Siemens' S7 1200 series. The transfer of data to the cloud is shown in the flowchart in Figure-7.

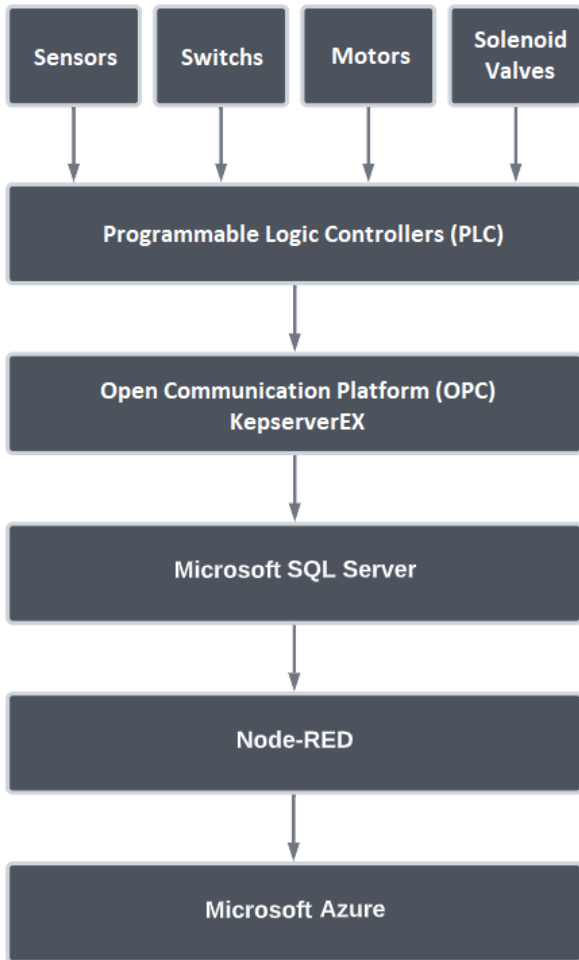


Fig. 7. System flow chart

First of all, 6 of the input and output elements such as sensors, limit switches, motors, and solenoid valves in the system were physically connected to the PLC. The programming of the equipment connected to the PLC is done using the Siemens TIA Portal program. Programming is done using ladder diagrams. The inputs/outputs for which data are requested are defined by the KepserverEX program. For the KepserverEX program, first of all, the channel to be connected to the PLC must be selected. Siemens TCP/IP Ethernet was chosen as the connection channel for this study. After the identification process of the KepserverEX program was completed, the connection with the Microsoft SQL Server (MSSQL) database was made using a datalogger (data collector).

As the first operation, a new database was created in the MSSQL database. After giving the necessary permissions from the created database features, how often to record from the datalogger (data collector) section is selected. After these operations, the requested data is recorded in a new table created in MSSQL. The Node-RED program is used to provide the connection between the table where the records are kept and the cloud systems. In the Node-RED program, the nodes that are used to connect MSSQL and the Azure program, which we have chosen as the cloud system, have been selected. At the same time, feedback from this node will be provided to authorized users. In order to provide the connection between Node-RED and Microsoft Azure, the Azure IoT Hub node was chosen. Azure IoT Hub node allows to connect with four different protocols [8]. These protocols are HTTP, AMQP,

MQTT and AMQP Web Socket. MQTT, one of the most popular and reliable methods, was chosen as the connection protocol [9]. The connections of the selected nodes are shown in Figure-8.

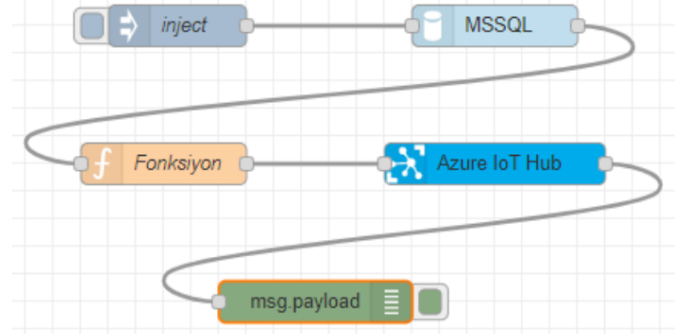


Fig. 8. Connection view of Node-RED nodes

After the data is transferred to Azure, it will be connected to the ERP system used in the company, and it will be visualized and reported in system languages.

IX. RESULTS

Thanks to its integrated structure, the ERP system easily provides information sharing with all units within the company. Thanks to this study, using the data obtained from the vulcanization presses, it has become easier to get reports with certain periods such as daily, weekly, and monthly. In line with the reports received, it facilitated the access of units such as stock, sales, purchasing, or accounting to the number of products produced in the presses, the number of faulty products, or the data generated in the production unit such as malfunctions, increasing communication between units within the company, and a healthy operation was ensured.

Within the scope of this study, the data obtained from the vulcanization presses in the facility or the field were transferred to the ERP system. By choosing the cloud, not physical, as the source of the ERP system, the desired data is accessed faster and from anywhere. The data was first processed in PLCs located on the presses. The processed data was recorded by connecting it to a database through the KepserverEX OPC program. The Node-RED program was used for database and cloud ERP system connection. With this program, two different applications are connected. Data determined by a node used in the Node-RED program could be sent to authorized persons via e-mail. In line with the collected data, future problems were prevented, the production capacity of the facility was determined, and the planning works were carried out healthily. As a result of these processes, it has been ensured that the employees throughout the company, regardless of their business unit or location, can work with the desired data and make decisions in a faster and more reliable way.

REFERENCES

- [1] Hadlich, T., & Szczepanski, T., OPC-Making the Fieldbus Interface Transparent. 1999 (s. 256-266). https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-7091-6421-1_34
- [2] Kepware, "KEPServerEx V6", Erişim: 06 Ocak 2022, <https://www.kepware.com/getattachment/e1943820-ef3c-4932-b055-4ef2a80ab863/kepservermanual.pdf>
- [3] Node-RED, "Node-RED Programming Guide", Erişim: 16 Mart 2022, <http://noderedguide.com/>

- [4] Microsoft, "Cloud Computing Terms" Accessed: 19 June 2022, <https://azure.microsoft.com/tr-tr/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-iaas>
- [5] Microsoft, "What is Azure?", Accessed: 18 April 2022, <https://docs.microsoft.com/trtr/azure/guides/developer/azure-developer-guide>
- [6] Yang, J.-B., Wu, C.-T., & Tsai, C.-H. (2007). Selection of an ERP system for a construction firm in Taiwan: A case study. *Automation in Construction*, 787-796.
- [7] Ucuz, D., & Muhammed, A.S. (2020). Comparison of the IoT Platform Vendors, Microsoft Azure, Amazon Web Services, and Google Cloud, from Users' Perspectives. *International Symposium on Digital Forensic and Security (ISDFS)* (s. 1-4). Beirut, Lebanon: IEEE.
- [8] CB Gemirter, Ç. Şenturca ve Ş. Baydere, "A Comparative Evaluation of AMQP, MQTT and HTTP Protocols using Real-Time Public Smart City Data," 2021 6th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK), 2021, s. 542-547, doi: 10.1109/UBMK52708.2021.9559032.
- [9] E. Longo, A. E. C. Redondi, M. Cesana, A. Arcia-Moret and P. Manzoni, "MQTT-ST: a Spanning Tree Protocol for Distributed MQTT Brokers," ICC 2020 - 2020 IEEE International Conference on Communications (ICC), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICC40277.2020.9149046.
- [10] G M Martinov et al 2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 709 044063