



ISSN 2564-7377 (Online)



**GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Giresun University Institute of Natural Sciences

The Black Sea Journal of Sciences

**KARADENİZ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
KARADENİZ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**

Cilt 10 Sayı 1

2020

Volume 10 Issue 1



K F B D

<http://www.dergipark.gov.tr/kfbd>



Cilt 10 Sayı 1
Volume 10 Issue 1 2020

ISSN 2564-7377 (Online)



KARADENİZ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
THE BLACK SEA JOURNAL OF SCIENCES

Giresun Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Giresun University
Institute of Natural Sciences

Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi
The Black Sea Journal of Sciences

Cilt 10, Sayı 1, Haziran 2020
Volume 10, Issue 1, June 2020

ISSN: 2564-7377 (Online)

Dergi Hakkında

Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Karadeniz Fen Bilimleri dergisi 2010 yılından itibaren yılda iki kez yayınlanan hakemli ve akademik bir dergidir. Dergimizde mühendislik ve temel bilimler alanlarındaki bilimsel makaleler yayınlanır. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi Haziran ve Aralık aylarında olmak üzere yılda iki kez (Haziran - Aralık) yayınlanan hakemli akademik bir dergidir. Gönderilecek eserlerde; alanında bir boşluğu dolduracak özgün bir araştırma makalesi olması şartı aranır. Dergimizde hakemlerin ve yazarların birbirlerine karşı kimliklerinin gizli tutulduğu çift taraflı kör hakem sistemi kullanılır. Yayın Kurulu, dergiye gönderilen eserlerin öncelikle yayın ilkeleri ile dergi kapsamı, bilimsel içerik ve şekil açısından inceler. Ön incelemeden geçen eserler değerlendirilmesi amacıyla en az 2 hakeme gönderilir. Eserin dergiye kabul edilebilmesi için 2 hakemden de olumlu değerlendirme alması gerekir. Gerekli durumlarda 3. hakemden de değerlendirme sürecine katkı sağlaması istenebilir. Son karar editöre aittir. Yayınlanmak üzere gönderilen makaleler ayrıca intihal tespitinde kullanılan özel bir program aracılığıyla makalelerin daha önce yayınlanmamış olduğu ve intihal içermediği teyit edilir. Kabul edilen eserin yayınlanma süreci, eserin alındığı tarihten itibaren 2-6 ay sürmektedir. Dergiye makale gönderimi ücretsizdir. Yayına kabul edilen makaleden de hiç bir ücret talep edilmez. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi açık erişim politikasını benimsemiş bir dergidir.

About The Journal

The Black Sea Journal of Sciences is an international peer reviewed journal published by Giresun University's Institute of Science and Technology. The Black Sea Journal of Sciences peer-reviewed academic journal that has been biannually published since 2010. Our journal publish papers within engineering and the basic sciences. The Black Sea Journal of Sciences is a peer-reviewed academic journal that is published biannually in June and December (June, December). Prospective papers are expected to fill a gap in their respective field through innovative research. Our journal employs a bilateral blind review system in which the personal identities of the reviewers and authors are kept confidentially from one another, and whereby the parties involved are expected not to reveal themselves. The publishing team first examines (the) prospective papers in accordance with the criteria of the journal's scope, as well as for scientific content and format. After the pre-review step, the papers are forwarded to at least two reviewers for evaluation. In order for a paper to be accepted, it must receive positive evaluations from both reviewers. Papers can be requested to be reviewed again if needed and evaluation of a third reviewer should necessity warrant it. The final decision is made by the editor. Papers that are to be submitted for publishing are first controlled using special detection software in order to verify that they have not been previously published elsewhere, as well as to ensure that they do not include any plagiarized content. Publishing takes between 2 to 6 months from the acceptance date. The publishing or evaluation of manuscripts are free of charge. The Black Sea Journal of Sciences has an open access policy.

Sahibi / Owner

Prof. Dr. Yılmaz CAN

Giresun Üniversitesi Adına (Rektör)

Baş Editör / Editor in Chief

Doç. Dr. Bahadır KOZ
Giresun Üniversitesi (Enstitü Müdürü)

Yardımcı Editörler / Assistant Editors

Dr. Öğr. Üyesi Selin KALKAN
Giresun Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin HACIOĞLU
Giresun Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Kenan YANMAZ
Giresun Üniversitesi

Uluslararası Editörler / Regional Editors

Ricardo Perez Enriquez
Kuzeybatı Biyolojik Araştırma Merkezi, Meksika
Dr. Salar ALİ
Baltistan Skardu University, Pakistan
Dr. Stephan KOVALYSHYN
Lviv National Agrarian University, Ukraine
Dr. Anca Nicoleta SUTAN
Pitesti University, Romania
Dr. Muhammad Fahad Sardar
Ziraat Bilimleri Akademisi, Çin
Dr. Shinji UEHARA
National Research Inst. of Fisheries Sci., Japan

Alan Editörleri / Field Editors

Doç. Dr. Bahadır KOZ
Doç. Dr. Seydahmet ÇAY
Doç. Dr. Mehmet Soner ENGİN
Doç. Dr. Onur Özdal MENGİ
Doç. Dr. Fulya AYDIN TEMEL
Dr. Öğr. Üyesi Kenan YANMAZ
Dr. Öğr. Üyesi Selin KALKAN
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin HACIOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Serdar SOYLU
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇELİK
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk ATASOY
Dr. Öğr. Üyesi Serdal KAYA
Dr. Öğr. Üyesi Volkan BAŞER
Dr. Öğr. Üyesi Murat GÜL

Mizanpaj Editörleri / Manuscript Editors

Doç. Dr. Arzu AYDIN UNCUMUSAOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Kenan YANMAZ

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Giresun Üniversitesi
Fen Bilimlerle Enstitüsü
Güre Yerleşkesi 28200 / Giresun
Tel: 0 (454) 310 10 87
E-mail: kfbd@giresun.edu.tr
Web: <http://dergipark.gov.tr/kfbd>

İngilizce Editörleri / English Editors

Öğr. Gör. Öznur GÜLER
Öğr. Gör. Yasin BİÇER

İstatistik Editörleri / Statistical Editors

Prof. Dr. Erol EĞRİOĞLU
Doç. Dr. Eren BAŞ

Editör Kurulu / Editorial Board

Prof. Dr. Alp Yalçın TEPE
Prof. Dr. Birol ERTUĞRAL
Prof. Dr. Birsen Şengül OKSAL
Prof. Dr. Temel ÖZTÜRK
Prof. Dr. Elif Neyran SOYLU
Doç. Dr. Cengiz MUTLU
Doç. Dr. Hakan BEKTAŞ
Doç. Dr. Saim TOPÇU
Doç. Dr. Hasan Hüseyin AKSU
Doç. Dr. Hakan ADATEPE
Doç. Dr. İmdat İŞCAN
Doç. Dr. Mustafa Recep KAÇAL
Dr. Öğr. Üyesi Murat YOLCU
Dr. Öğr. Üyesi Şerif Ali DEĞİRMENÇAY
Dr. Öğr. Üyesi Zuhul YOLCU

Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. Mustafa TÜRKMEN (Giresun Üniversitesi)
Prof. Dr. Baki HAZER (Bülent Ecevit Üniversitesi)
Prof. Dr. Telhat ÖZDOĞAN (Amasya Üniversitesi)
Prof. Dr. Hümeysra BATI (Ondokuzmayıs Üniversitesi)
Prof. Dr. Metin H. ACAR (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Zeki AYTAÇ (Gazi Üniversitesi)
Prof. Dr. İsmail Hakkı ALTAŞ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Yusuf AYYAZ (Yıldız Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Dursun SARAYDIN (Cumhuriyet Üniversitesi)
Prof. Dr. Emin KASAP (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)
Prof. Dr. Okan Zafer YEŞİLEL (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi)
Prof. Dr. Mithat KAYA (Marmara Üniversitesi)
Prof. Dr. Mustafa KURT (Ahi Evran Üniversitesi)
Prof. Dr. Nazmi POLAT (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)
Prof. Dr. Nezihe ÇALIŞKAN (Gazi Üniversitesi)
Prof. Dr. Veysel Turan YILMAZ (Uludağ Üniversitesi)
Prof. Dr. Halil İbrahim OKUMUŞ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)

Yazı İşleri Müdürü / Editorial Manager

Dr. Öğr. Üyesi Kenan YANMAZ

Grafik-Tasarım / Graphic-Design

Dr. Öğr. Üyesi Erkan GÜLER

Redaksiyon / Redaction

Dr. Öğr. Üyesi Fikret USLUCAN

Bu dergi, aşağıda listelenen veri tabanları tarafından taranmaktadır / This journal is indexed by the following abstracting and indexing databases.

BASE, idealonline, Google Scholar, Index Copernicus, InfoBase Index, ResearchBib, SIS (Scientific Indexing Services), Akademik Dizin, Directory of Research Journals Indexing (DRJI), Directory of Open Access Journals (DOAJ) .

İçindekiler/Contents

Araştırma Makaleleri / Research Articles

Sayfa/Page

- Rakım Farklılığı Nedeniyle Oluşan Meteorolojik Değişimlerin Su Kalitesine Olan Etkilerinin CBS ile Değerlendirilmesi: Morfolojik Olarak Farklı İki Göl için Bir Karşılaştırma**
Evaluation of the Impacts on Water Quality from Meteorological Changes Due to Differences in Altitude by GIS: A Comparison for Two Morphologically Different Lakes
Hüseyin CÜCE, Erkan KALIPCI, Beyhan TAŞ, Muhammet YILMAZ **1-26**
- A Study on Determination of Anatomical and Micromorphological Properties of *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (Brassicaceae) in Turkey**
Capsella bursa-pastoris (L.) Medik'in (Brassicaceae) Anatomik ve Mikromorfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma
Sibel ULCA, Gülcan ŞENEL **27-35**
- Klebsiella* spp.'ye Karşı Bazı Antibiyotiklerin Aktivitelerinin Box-Behnken Modeli Kullanılarak İstatistiksel Optimizasyonu**
Statistical Optimization of Activities of Some Antibiotics to *Klebsiella* spp. by Using Box-Behnken Design
Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI, Pemra BAKIRHAN, Hüseyin KAYRAN, Kardelen BÜLBÜL **36-47**
- Tüketicilerin Gıda Güvenliği Konusunda Bilinç ve Davranış Düzeylerinin Belirlenmesi: Denizli İli Örneği**
Determination Leves of Consumers' Consciousness and Behavior on Food Safety: The Case of Denizli Province
İlyas ÇELİK, Tansu ÇELİK **48-59**
- Applications of Measure of Noncompactness in the Series Spaces of Generalized Absolute Cesàro Means**
Genelleştirilmiş Mutlak Cesàro Seri Uzaylarında Nonkompaktlık Ölçüsünün Uygulamaları
G. Canan HAZAR GÜLEÇ **60-73**
- Otomatik Gerilim Regülatörü için Evrimsel Algoritma Tabanlı Filtreli PID Denetleyici Tasarımı**
Design of Evolutionary Algorithm Based PID Controller with filter for an Automatic Voltage Regulator
Büşra ÖZGENÇ, Mustafa Şinasi AYAS, İsmail Hakkı ALTAŞ **74-90**
- Tasarım- Uygulama Birlikteliğinin Kurgulanmasında Uyarlanabilirliği Sağlayan Mimari Detay Tasarımına Yönelik Bir Analiz Yöntemi**
A Method of Analysis for Architectural Detail Design Providing Adaptability in Construction of Design- Application Unity
Onur KILIÇ, Didem BAŞ **91-110**
- Genel Amaçlı Kübik Bir Robot Tasarımı ve Uygulaması**
Design and Implementation of a General Purpose Cubic Robot
Halil GÖK, Ömür AKYAZI, Erdinç ŞAHİN **111-120**
- Botanic Origin and Antioxidant Activity of Some Bitlis Honeys**
Bitlis'ten alınan bazı balların Botanik Orijini ve Antioksidan Aktivitesi
İlginç KIZILPINAR TEMİZER, Aytaç GÜDER, Birol BAŞER **121-130**
- Güvenlik Seviyesi Arttırılmış Akıllı Otopark Sistemi**
Smart Vehicle Parking System with Increased Security Level
Ayşegül ÖZDEMİR, Onur Özdal MENGİ **131-149**
- Delocalized $\pi-\pi^*$ Orbital Interactions and Stabilization Energies of Phenyltrichlorosilane**
Feniltriklorosilanın Delokalize Olmuş $\pi-\pi^*$ Orbital Etkileşimleri ve Stabilizasyon Enerjileri
Nihal KUS, Saliha ILICAN **150-161**
- $A_w(p, q)(G)$ Banach Cebirinin İdealleri**
Ideals Of $A_w(p, q)(G)$ Banach Algebra
Selim NUMAN **162-177**

Sabit Yataklı Kurutucu ile Fındık Kavurma Prosesinde Kurutma Kinetiği Analizi Drying Kinetics Analysis in Hazelnut Roasting Process with Fixed Bed Dryer Mükrimin Şevket GÜNEY	178-188
An Application For Solid Waste Site Selection in Kars Province Katı Atık Yer Seçimi İçin Kars İlinde Bir Uygulama Selçuk KORUCUK, Salih MEMİŞ, Mustafa ERGÜN	189-204
Robotik Uygulamalar İçin Derin Öğrenme Tabanlı Nesne Tespiti ve Sınıflandırması Deep Learning Based Object Detection and Classification for Robotic Applications Ferdi ÖZBİLGİN, Cengiz TEPE	205-213
Kömür Kaynaklı CO₂ Emisyonlarının Tahminine Yönelik Model Geliştirilmesi: BRICS-T Ülkeleri Örneği Development of Models for the Estimation of Coal-related CO ₂ Emissions: The Case of BRICS-T Countries İzzet KARAKURT, Gökhan AYDIN	214-229
Au/CuPc/n-Si/In Schottky Diyotunun Üretilmesi ve Akım-Gerilim Karakteristiklerinden Diyot Parametrelerinin Araştırılması Fabrication of Au/CuPc/n-Si/In Schottky Diode and Investigation of Diode Parameters from Current-Voltage Characteristics Serkan EYMUR, Nihat TUĞLUOĞLU	230-242

Rakım Farklılığı Nedeniyle Oluşan Meteorolojik Değişimlerin Su Kalitesine Olan Etkilerinin CBS ile Değerlendirilmesi: Morfolojik Olarak Farklı İki Göl için Bir Karşılaştırma

Hüseyin CÜCE^{1*}, Erkan KALIPCI², Beyhan TAŞ³, Muhammet YILMAZ⁴

^{1,2}Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Giresun

³Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Ordu

⁴Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Nevşehir

Geliş Tarihi: 20.11.2019

Kabul Tarihi: 12.12.2019

*Sorumlu Yazar: huseyin.cuce@giresun.edu.tr

Öz

Bu çalışmada doğal ve yapay su kaynaklarının su kalitesini etkileyen etkenlerden birisi olarak saptanan deniz seviyesine olan yükseklikten kaynaklı meteorolojik değişimlerin CBS ortamında bir değerlendirmesi yapılmıştır. Ordu İli sınırları içerisinde 68 m rakıma sahip Gaga Gölü Sulak Alanı'nın ve 1732 m rakıma sahip Çambaşı Göleti'nin fiziksel ve kimyasal su kalitesi değerlerinin karşılaştırılması ve iki çalışma noktası arasındaki rakım farkının bu su ekosistemlerinin su kaliteleri üzerindeki etkileri mekânsal olarak analiz edilmiştir. Göllerdeki yüzey suyu kalitesinde oluşabilecek etkilerin daha iyi anlaşılabilmesi için 3 mevsim sürdürülen ölçüm çalışmalarından elde edilen bulgular dağılım haritaları vasıtasıyla karşılaştırılmıştır. Tüm veri analizi sonuçlarıyla beraber her iki su ekosisteminin bulunduğu bölge arasındaki meteorolojik, ekolojik ve sosyolojik farklılıklar göz önüne alınarak çevre kalite standartlarında görülen etkilerin değerlendirilmesi yapılmış ve bölgeye özgü yoğun mevsimsel geçişler yaşanması nedeniyle bazı fiziko-kimyasal parametrelerin olumsuz yönde etkilendiği görülmüştür. Çalışmanın son bölümünde arazi kullanım farkı, noktasal ve yayılı kirletici kaynaklara olan yakınlığın oluşturduğu trofik düzeydeki değişimlerin sonuçları tartışılmış ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği çerçevesinde sınıflandırma kriterleri göz önüne alınarak bu su kaynaklarının daha verimli kullanımı, korunması ve sürdürülebilir yönetimi konusunda bazı öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Su kalitesi, Göl, Sulak alan, CBS, Konumsal analiz

Evaluation of the Impacts on Water Quality from Meteorological Changes Due to Differences in Altitude by GIS: A Comparison for Two Morphologically Different Lakes

Abstract

In this study, an assessment of the meteorological changes of natural and artificial water resources due to elevation to sea level, which is determined as one of the factors affecting water quality, is made in GIS environment. The comparison of physical and chemical water quality values of Gaga Lake Wetland with 68 m altitude and Çambaşı Pond with 1732 m altitude in Ordu province and the effects of altitude difference between two study points on water quality of these ecosystems were spatially analyzed. In order to better understand the effects of surface water quality in the lakes, the results obtained from the 3 seasons measurement studies were compared with the distribution maps. With all data analysis results, assessment of environmental quality standarts was made by considering the meteorological, ecological and sociological differences between of the regions where both water ecosystems are located and it was found that some physico-chemical parameters were negatively affected due to the intense seasonal transitions. In the last part of the study, results of differences in land use, trophic changes caused by proximity to point and diffuse pollutant sources are discussed. And also some suggestions have been developed for the sustainable management, protection and more efficient use of these water resources by taking into consideration the classification criteria within the framework of the Regulation on Surface Water Quality.

Keywords: Water quality, Lake, Wetland, GIS, Spatial analyst

¹<http://orcid.org/0000-0002-3590-681X>

²<http://orcid.org/0000-0002-1908-5468>

³<http://orcid.org/0000-0001-6421-2561>

⁴<http://orcid.org/0000-0002-7014-1111>

1. Giriş

Dünyanın % 70'i sularla kaplıyken bu miktarın çok az bir kısmını tatlı sular oluşturmaktadır. İçme ve kullanma suyu olarak tatlı sulardan yararlanılmakta ve bu durum kullanılabilir su kaynaklarının hızla azalmasına neden olmaktadır. Dünyada hızla artan nüfus, endüstrileşme, bilinçsiz tüketim vb. nedenden dolayı su tüketimi hızla artmaktadır. Su tüketiminin çoğu doğal göllerden, yapay göl ve göletlerden sağlanmakta ancak yetersiz kalınan durumlarda nehir, ırmak ve dere gibi yerüstü sularından ve sulak alanlardan karşılanmaktadır. Doğal göller veya sulak alanlar gibi yapay göller, göletler veya sulak alanlar da oluşumlarından itibaren kendi ekosistemlerini kurmakta ve yaşam döngüsünü sağlamaktadır. Göller, sulak alanlar veya göletler ister yapay olsun ister doğal, yaşam döngüsünü sağlamak ve ekosistemin sürdürülebilirliği için su kalitesinin istenilen ve döngüye yetebilen miktarda madde ve parametreleri sağlaması gerekmektedir.

Günümüzde, yüzey su kalitesinin bozulması ve göl ötrofikasyonunun kontrolü kritik bir problemdir. (Raicevic vd., 2011). Ülkemizdeki doğal göller ve sulak alanlarda karşılaşılan başlıca sorunlar; su miktarındaki azalmalar, biyolojik çeşitliliklerin tehdit altında olması ve su kaynaklarına olan aşırı nutrient girişi vb. gösterilebilir. Özellikle sulak alan ve sığ göllere nutrient artışına olan ekolojik tepkilerin (ötrofikasyon gibi) büyüklüğünün ve yöneliminin tahmin edilmesi dolayısıyla bu kaynakların yönetilmesi zordur (Pusceddu, 2007). Genellikle, ötrofikasyon yüzey suyunda doğal bir proses olarak görünse de, su havzalarından ve diğer insan kökenli kaynaklardan gelen dışsal girdiler bu önemli sorunun başlıca etkenleridir (Tsagli, 2006).

Doğal su kaynaklarının, hızla artan nüfus ve endüstrileşme sonucunda azalması hatta kirletilerek kontrolsüz bir şekilde doğaya deşarj edilmesi var olan sucul ekosistemlerinin de kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır. Buna bağlı olarak su ve sedimanda biriken kirleticiler fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerin bir sonucu olarak besin zincirinde depolanabilir veya serbest kalarak üzerindeki su kolonuna geçerek kalitesini bozabilir (Bakan, 1995; EC,2000). Göllerin; sürdürülebilir su kaynakları yönetimindeki boşlukların olması, göl havzalarında insan faaliyetleri, kentsel, tarımsal ve sanayi atıklarından kaynaklanan sebepler dolayısıyla su kalitesinin bozulmasının kontrol altına alınması gerekmektedir (OSİB, 2017). Su kaynaklarının hızlı bir şekilde kirletilmesi ve azalması insanları yeni su kaynakları bulmaya yöneltmiştir. Dolayısıyla, pek çok akarsu havzalarına yapay göletler inşa ederek gerek yüzeysel akışlardan gerekse atmosferik su döngüsünden yağmurlardan yararlanılarak gölet doldurulmaya çalışılmaktadır, ancak inşa edilen bu yapay göletlerin içme-kullanma veya sulamaya yönelik su kalitesini de sağlaması gerekmektedir. Göl ve/veya gölet gibi su kaynaklarının kontrolü ve yönetimi, su kütlesi ve onu çevreleyen bölge arasındaki karışık etkileşimlerin (rakım farkı,

meteorolojik faktörler, arazi kullanımındaki değişiklikler, kirletici kaynaklara olan yakınlık gibi) analiz edilmesini gerektirir (Christophoros ve Fytianos, 2006).

Göllerin veya sulak alanların su kalitesini belirleyen pek çok organik ve inorganik kirleticilerden kaynaklı parametreler bulunmaktadır. Bu kirletici parametrelerin göllere veya sulak alanlara karışımının birçok yolu bulunmakta ve bu kirleticilerin sucul ortama geçişini etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Kirleticilerin kaynağından çıkış ve sucul ortama geçişine kadar olan süreçte bölgenin iklimsel (sıcaklık, yağışlar vb.), coğrafik (bitki örtüsü, yeryüzü şekli vb.), jeolojik (toprakta bulunan maddeler, toprağın cinsi, toprağın sızdırma ve çözünme özelliği vb.), atmosferik (basınç değişimi, havadaki gazların taşınım oranı vb.) özellikleri kirleticilerin sucul ortama geçişini artırma veya azaltma yönünde etkilemektedir. Bu özelliklerin hepsinin ortak paydada bulunduğu ve bu özelliklerin değişim göstermesini sağlayan faktörlerden biri yükseklik yani bölgenin deniz seviyesine olan mesafesidir.

Deniz seviyesinden yüksek (dağlık alanlar gibi) sistemlerde, karmaşık topoğrafya, sert iklim koşulları ve kısa süren büyüme sezonları vb. hakim koşullar olduğundan özellikle bu alanlardaki toprağın ve yüzey su kaynaklarının fiziko-kimyasal yapılarının muhafaza edilmesi ve biyolojik toplulukları etkileyen süreçlere karşı korunması güçleşir. Yüksek rakım iklimsel değişimler yanında dış kaynaklı kirletici ve nütrient girdilerine karşı savunmasız bir ekosistem oluşturur (Baron ve ark., 2009). Yine, bozulmamış, referans nokta özelliği taşıyan dağ göllerinin ekolojik özelliklerinin belirlenmesi, gelecekte ne tür değişimin olduğunu görmek açısından oldukça önemlidir (Taş, 2016). Deniz seviyesinden yüksek bölgelere çıkıldıkça birçok alanda (iklimsel, oksijen miktarı, atmosfer basıncı, ekolojik farklılık, insan yaşamı) değişimler gözlenmektedir. Bu değişimler kalitatif ve kantitatif olarak gözlemlenebilir ve fark edilebilir sonuçlar ortaya konulabilmektedir. Rakım yükseldikçe iklim koşulları farklılaşır. Bunun sebebi artan rakımın sıcaklık, nem, yağış, radyasyon ve rüzgar gibi iklim elemanları üzerindeki etkileridir. Aynı enlemde bulunan farklı yükseklikteki alanlarda farklı sıcaklıklar görülmekte olup deniz seviyesinden yükseğe çıktıkça her 100 m kuru havada sıcaklık 1°C , nemli havada 0.6°C düşmektedir. Yüksek rakımda gece gündüz arası sıcaklık farkları yüksektir. Her yüz metrelik rakım artışında atmosfer sıcaklığında 0.6°C azalma gözlenmektedir. Ilıman iklim kuşağında, her hangi bir ekolojide rakımın artması sonucu atmosfer sıcaklığı azalmakta ve yağış miktarı artmaktadır. Hava akımı yüksek rakımlı bölgelerden geçerken taşınmış olduğu nemin büyük bir kısmını yağış şeklinde bırakmaktadır. Işık göl ekosistemi için önemli bir yere sahip olup göl içerisindeki canlı yaşamını etkileyen bir faktördür. Yüksek rakımlı yerlerde ışık yoğunluğu ve güneş radyasyonu artar. Küçük ve yumuşak pigmentsiz canlılar ışıktan korunmak için suyun alt tabakalarına göç ederler. Çünkü dip ortamda yaşayan canlıların yumurtaları ışık, UV, floresans ile direkt etkilenir. Yüksek rakımda gece sıcaklıklarının düşük olması sonucunda bitkiler gündüz ürettikleri fotosentez ürünlerini, gece uygun sıcaklık olmadığı

için daha az tüketirler. Gece sıcaklığının yüksek olduğu yerlerde gündüz üretilen fotosentez ürünlerinin büyük bir kısmı gece tüketilmektedir (Güner, 2011; KUDAKA, 2016).

Bu çalışmada rakım farkının etkilediği çevresel, iklimsel ve coğrafik şartların, ekolojik olarak önemli yüzey suları olan farklı morfolojik yapıdaki iki lentik sistemin çeşitli su kalite parametrelerinin göstermiş olduğu farklılıklar incelenerek ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında tematik haritalandırma yöntemiyle verilerin karşılaştırılması yapılmıştır. Böylelikle, yüksek rakımlı veya düşük rakımlı bölgelerde hava ve toprak kirliliğinin basınç, sıcaklık gibi meteorolojik etkenlerin altında göllerin su kalitesini nasıl etkilediği incelenmiştir. Örnek çalışma alanı olarak Ordu ili Fatsa ilçesinde bulunan Gaga Gölü Sulak Alanı (rakım 68 m) ve Ordu ili Kabadüz ilçesinde Çambaşı Yaylası mevkiinde bulunan Çambaşı Göleti (rakım 1732 m) seçilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma iki aşamadan meydana gelmektedir. Birinci aşamada, çalışma alanları olarak seçilen aynı bölgede fakat farklı rakımlarda yer alan iki gölde; Gaga Gölü Sulak Alanı ve Çambaşı Göleti coğrafik özellikleri hakkında genel bir araştırma yapılmış ve literatürde yer alan bilgiler derlenmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen Gaga Gölü Sulak Alanı ve Çambaşı Göleti; Karadeniz Bölgesi Ordu il sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şekil 1a). İki göl arasındaki rakım farkı 1664 m'dir (Şekil 1b). Gaga Gölü Sulak Alanı su kalitesi parametreleri analiz sonuçları için Candan (2011) tarafından sonuçlandırılmış tez araştırma bulguları, Çambaşı Göleti su kalitesi parametreleri analiz verileri ise Topkara'nın 2011 yılında yapmış olduğu tez çalışması bulgularından elde edilmiştir. İki gölde kalite karşılaştırması yapabilmek ve sucul ortamda meydana gelen değişimleri ortaya koyabilmek için bu çalışmada kullanılan tüm veriler mevsimsel olarak (ilkbahar karışım sezonu, yaz büyüme dönemi ve sonbahar karışım sezonu) derlenmiştir. Örneklem noktalarının koordinatları, rutin parametre analizleri; sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, iletkenlik, TÇM, toplam sertlik, sülfat (SO_4), amonyum (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), fosfat (PO_4), kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}) ve klorofil-a analiz sonuçları bilgisayar ortamına aktararak maksimum, minimum ve ortalama değerler saptanmıştır. İkinci aşamada ise, ArcGis 10.5 paket programında her bir parametre için ortalama değer bazında tematik haritalandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki göl için *Shapefile* dosyası Google Earth Pro programından alınan maksimum çözünürlükteki uydu görüntülerinin ArcMap ortamında işlenmesi ile hazırlanmıştır. Göllerin su kalitesi parametreleri (sıcaklık, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, pH, iletkenlik, TÇM, toplam sertlik, amonyum, nitrit, nitrat, sülfat, fosfor, kalsiyum, magnezyum) için tematik haritalar oluşturulmuştur. Tüm mekânsal analizler, *Spatial Analyst* modülü yardımıyla IDW-Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniği ile kullanılarak yapılmış ve meteorolojik değişimlerin göllerin su kalitesi üzerinde yol açtığı



Şekil 2. Gaga Gölü Sulak Alanı'nın uydu görüntüsü

Gaga Gölü Sulak Alanı deniz seviyesine olan yüksekliğinin (68 m) az olması nedeniyle ılıman ve dört mevsim yağış alan Karadeniz ikliminin etkisi altındadır. Bu nedenle sulak alan bol miktarda yağış alırken, yaz aylarının serin geçmesinden dolayı buharlaşma miktarı az olmaktadır. Genel anlamda sulak alan su seviyesini korumakta ancak çevresindeki tarım arazileri ve beşeri unsurlar nedeniyle ekolojik yapısı zamanla bozunuma uğramaktadır (Candan, 2011).

Gaga Gölü Sulak Alanı jeolojik yapısı: Üst Kretase-Paleosen; volkanitler, klastiklerden oluşan bir yapısal alan içerisinde bulunduğu görülmüştür (Şenel ve ark., 2001). Sulak alan, Fatsa-Çamaş Karayolunun 6. kilometresinde olup kara yoluna olan uzaklığı 150 m ve çevredeki yerleşim alanlarına olan mesafesi 200-450 m arasındadır.

Gaga Gölü Sulak Alanı çevresinde yoğun olarak fındık tarım arazileri bulunmaktadır. Sulak alanı çevreleyen bu tarım arazileri doğal ve güzel bir yeşil alan görünümünde ancak bu güzel alanın diğer yüzünde, sulak alanın sucul ekosistemini ve su kalitesini kirleten zirai tarım ilaçları bulunmaktadır. Sulak alanın çevresinden gelen zirai temelli atıklar sucul ortamın azot ve fosfor dengesini bozma ve toksik madde bulunabilme veya miktarını artırabilme eğilimde olabilmektedir (Taş, 2012). Yerleşim alanları ve hayvancılık kaynaklı diğer bölgesel atıklar, yağışlar etkisiyle sızıntı ve/veya doğrudan sulak alanlara karışarak su kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir.

2.1.2. Çambaşı Göleti

40°38'26.7" Kuzey - 37°56'23.7" Doğu Orta Karadeniz Bölgesi Ordu ili Kabadüz ilçesi Çambaşı Yaylası mevkiinde bulunan Çambaşı Göleti, Kabalak Deresi üzerindedir (Şekil 3). Göletin çevresi 810 m, yüzey alanı ise 20581 m²'dir. DSİ tarafından sulama amaçlı olarak gövdesi harç kargir betondan inşa edilmiş ve aktif göl hacmi yaklaşık 0,080 hm³ olan bir gölettir (ÇŞB, 2017). Göletin bulunduğu bölgede 2010 yılında yapım çalışmaları başlayan ve 2017 yılında bir kısım sosyal tesisleriyle hizmete açılan Çambaşı Kayak Merkezi bulunmaktadır.



Şekil 3. Çambaşı Göleti'nin uydu görüntüsü

Çambaşı Göleti Karadeniz ikliminin hakim olduğu bir bölgede olduğundan dört mevsim yağış alır. Göletin deniz seviyesine olan yüksekliği 1732 m'dir. Bu nedenle yaz ve kış aylarındaki iklim özellikleri denize yakın mesafede olan bölgelerden farklılık gösterebilmektedir.

Çambaşı Göleti'nin kıyı şeridinde göre daha yüksek olması nedeniyle kış mevsimleri daha soğuk geçmektedir. Yağışlar genelde kış ve ilkbahar aylarında etkili olmaktadır. Yükseltinin fazla olmasından dolayı yaz ayları serin geçmektedir. Kasım aylarının sonundan şubat ayının sonuna kadar yer yer kar yağışları gözlemlenmektedir. Aralık, ocak ve şubat aylarında göl ve çevresi karlarla kaplıdır. İlçenin iklimi, yüksekliği 2000 metreyi geçen Giresun Dağları'nın etkisinde kalmaktadır (Topkara, 2011).

Ordu ilinde hayvancılık yapanlar için mera alanı önemli bir sorundur. Ordu ilinde ana geçim kaynağının fındık olması nedeniyle arazilerin çoğunluğu fındık tarım arazisidir. Bu da mera alanı sorununu ortaya çıkarmaktadır. Çambaşı Göleti'nin bulunduğu yaylada yapılması planlanan mera alanı tahsis çalışmaları sonucunda bu alanlardan yüzeysel akışla gölete farklı özellikte kirleticilerin karışması muhtemeldir. Mera ıslah çalışmaları sonucu toprağa uygulanacak zirai ilaçlar ve suni gübre kaynaklı organik ve inorganik kirletici maddelerin yağışlarla birlikte göleti besleyen Kabalak ve Oba derelerine karışarak göletin kirlilik yükünü arttırması öngörülen bir sonuçtur.

Gaga Gölü Sulak Alanı su kalitesini tespit için yapılan önceki çalışmalar mevsimsel olarak bazı parametreler için artış olmakla birlikte her üç dönem için (ilkbahar, yaz ve sonbahar) ortalama değerler bazında önemli bir değişim göstermemektedir. Fakat mevsimsel olarak yaşanan bazı parametrelerdeki artışların nedeninin hem değişen iklim koşulları hem de sulak alanı çevreleyen fındık tarım arazilerindeki mevsimsel bakım ve hasat çalışmalarının olduğu düşünülmektedir.

Çambaşı Göleti su kalitesi parametre analiz sonuçları, mevsimsel olarak çok büyük bir değişimin olmadığını göstermiştir. Çambaşı Göleti'nin su kalite analizinde bazı parametrelerin çok düşük çıkmasının nedeni gölün deniz seviyesinden 1732 m yüksekte olması ve bu durumun da göletin bulunduğu bölgenin iklim koşullarını, atmosfer basıncını, havada bulunan oksijen miktarını etkilemesidir. Bu durumun gölün su kalitesini de olumlu etkilediği görülmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Rakımsal Fark Etkisinin Karşılaştırılması

Gaga Gölü Sulak Alanı ve Çambaşı Göleti'nin bulunduğu bölgeler arasındaki rakım farkı 1664 m olup bu farktan dolayı bölgesel değişimler gözlenmektedir. Bazı fiziksel ve kimyasal su kalitesi parametreleri (sıcaklık, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, pH, iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde (TÇM), toplam sertlik, amonyum-azotu, nitrit-azotu, nitrat-azotu, sülfat, orto-fosfat, toplam fosfat, kalsiyum, magnezyum ve klorofil-a) üzerinde oluşan atmosferik ve ekolojik etkiler mevsimsel ve yıllık ortalama analiz sonuçlarının değişmesine neden olmaktadır.

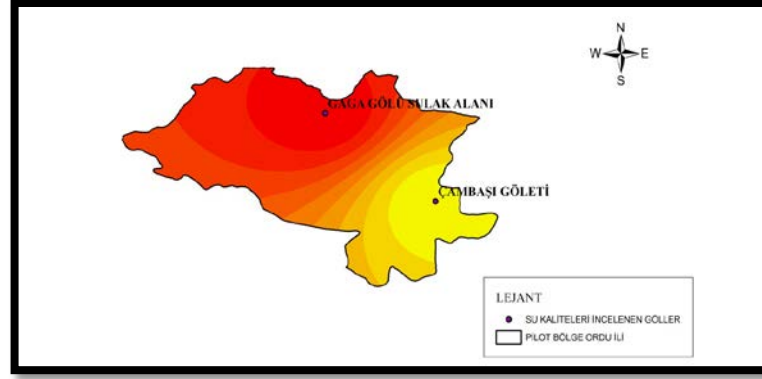
3.1.1. Sıcaklık Değeri

Sıcaklık değeri göllerin ve sulak alanların yaşamsal döngülerine olan etkisinin yanında, fiziksel ve kimyasal birçok parametresini de doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemektedir. Sıcaklık değeri nasıl zincirleme reaksiyon başlatarak etkiler gösteriyorsa sıcaklık değerini de etkileyen bazı durumlar vardır.

Çalışma alanlarının buldukları rakım farkı oldukça fazladır ve bu durumun göllerin sıcaklık değerlerini mevsimsel olarak etkilediği görülmüştür (Tablo 1). Gaga Gölü Sulak Alanı yüzey suyu yıllık ortalama sıcaklık değerinin 20.8°C (maksimum 30°C ile Temmuz ayı-yaz döneminde), Çambaşı Göleti yüzey suyu sıcaklığı ise 14.9°C (maksimum 21°C ile Ağustos ayı-yaz mevsiminde) olduğu görülürken, en düşük sıcaklıkların ise her iki gölde de ilkbahar başında, Mart ayında 8.3°C olduğu tespit edilmiştir. Yüksek kotta bulunan Çambaşı Göleti'nin tüm dönemlerde daha soğuk bir yüzey suyuna sahip olduğu söylenebilir. Çambaşı Göleti Turnasuyu Havzası'nın yukarısında bulunan ve havzayı besleyen bir lokalitede yer alır. Aşağı havzada yapılan bir çalışmada, subtropikal iklim kuşağında bulunan Türkiye'de son yıllarda yeterli yağışın düşmemesinin yerüstü sularının ekolojik yapısını olumsuz yönde etkilediği bildirilmiştir. Bununla birlikte, tarımsal ve evsel kaynaklı antropojenik etkilerin ilerleyen zamanda su kalitesini olumsuz yönde etkileyebileceği belirtilmiştir (Taş ve ark., 2019). Bu durum hem deniz seviyesinde hem de yüksek rakımlarda bulunan su kütleleri için geçerlidir. Çalışma alanlarında sıcaklık değişimi için oluşturulan dağılım haritası Şekil 4'te verilmiştir

Tablo 1. Çalışma alanlarında mevsimsel sıcaklık değişiminin ort., min. ve maks. değerleri

<i>Sıcaklık [°C]</i>	<i>GAGA GÖLÜ SULAK ALANI (rakım: 68 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>	<i>ÇAMBAŞI GÖLETİ (rakım: 1732 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>
<i>İlkbahar</i>	16.97	25.7	8.3	10.13	12.6	8.3
<i>Yaz</i>	25.93	30	23.3	19.23	21	18.1
<i>Sonbahar</i>	19.50	26.1	11.2	15.40	17.8	13.4

**Şekil 4.** Göllerde rakımsal farkın oluşturduğu sıcaklık dağılım haritası

Rakım farkı 1664 m olan bu iki çalışma alanının su sıcaklığı değerleri aylar bazında ölçülmüş ve mevsimsel olarak ortalama değerler saptanarak çalışma alanlarının mevsimsel sıcaklık farklarının ortalama 4°C ile 6°C arasında değişim gösterdiği gözlemlenmiştir. Göl suyunun sıcaklığı gölün coğrafi konumuna, derinliğine, alanına, erimiş madde miktarına, mevsimlere ve soğurulan enerjiye bağlı olarak değişir (Taş ve ark., 2010). Yine, suyun ısınmasına etki eden faktörler arasında; doğrudan güneş ışıması ve absorpsiyon, atmosferin ısı iletkenliği, su yüzeyindeki su buharının yoğunlaşması, gel-git olayları ve yüzeyden esen rüzgârlar gösterilebilir.

3.1.2. Çözünmüş Oksijen Değeri

Göllerin ve sulak alanların su kalitesinde belirleyici parametrelerden birisi olan çözünmüş oksijen (ÇO) miktarı sucul ekosistem içerisinde yaşayan canlıların yaşamlarını devam ettirmesi için önemli bir yere sahiptir. Ayrıca su içerisinde bulunan organik maddeleri parçalayan aerobik mikroorganizmaların faaliyetlerini stabil düzeyde tutmak ve devam ettirmek ve suyun organik madde yükünü azaltmak için de önemlidir. ÇO miktarı suyun ekolojik kararlılığının çok önemli bir ölçütüdür (Taş ve Kolören, 2017). Göller ve sulak alanların ÇO miktarını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bunlar genel olarak; su sıcaklığı (ters orantılı), su yüzeyinde atmosferik gazın kısmi basıncı (yükseklik ya da derinlik; doğru orantılı), suda çözünmüş tuz yoğunluğu (ters orantılı), su içinde gerçekleşen biyolojik olaylardır (Taş, 2006; Güner, 2011).

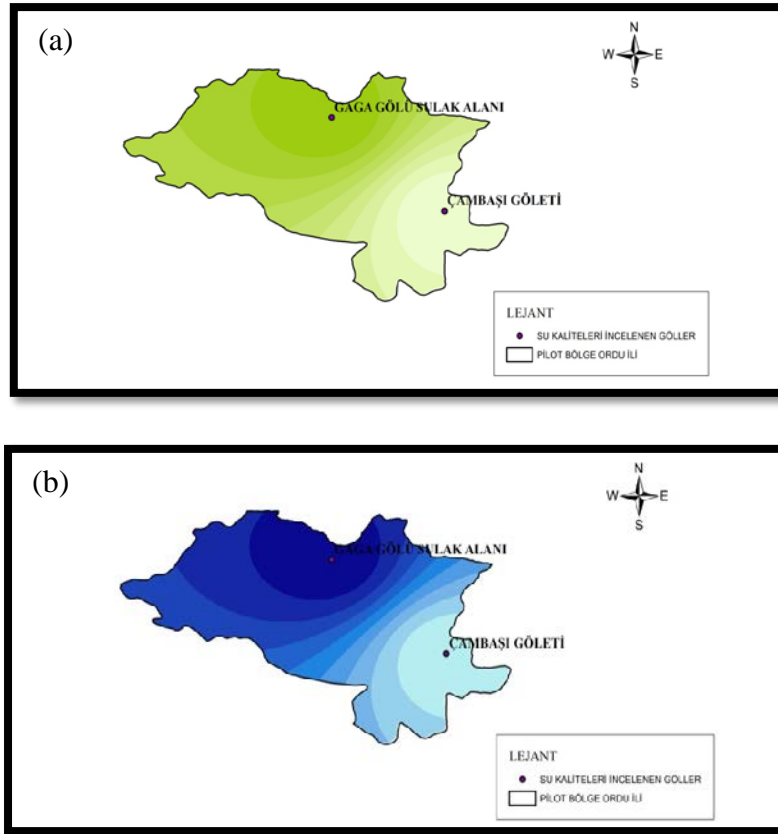
Deniz seviyesinden yüksek rakımlı bölgelere çıkıldıkça basıncın azalması, havadaki oksijen miktarının azalması ve sıcaklığın azalması gibi etkenler sucul ortam içerisindeki ÇO miktarında dolaylı olarak yükseklik faktörünün de etkili olduğunu göstermektedir. Gaz çözünürlüğü sıcaklık ile önemli ölçüde değişir. Tatlı sularda çözünmüş oksijenin doygunluk değeri 1 atm hava basıncında ve 0°C'de 14.6 mg/L'den 35°C'de 7 mg/L'ye kadar düşer. Doymunluk, atmosferik oksijen ile su ortamındaki çözünmüş oksijenin dengede olduğu konsantrasyondur. Başka bir ifade ile su ortamında bulunabilecek maksimum çözünmüş oksijen konsantrasyonudur. Doğal su ortamlarında çözünmüş oksijen doygunluk konsantrasyonunu etkileyen parametreler; suyun saflığı, suyun sıcaklığı ve açık hava basıncıdır (su ortamının rakımı) (Günay, 2018).

Gaga Gölü Sulak Alanı, diğer çalışma alanı olan Çambaşı Göleti'ne göre diğer etkenlerin yanı sıra deniz seviyesine yakın mesafede olduğu için su sıcaklığı daha yüksek olmasına rağmen rakım farkından kaynaklı basınç değeri ve havadaki oksijen miktarının bölgede daha fazla olabileceği söylenebilir. Gaga Gölü Sulak Alanı'nın mevsimsel analiz bazında ÇO değeri yıllık ortalamasının (9.1 mg/L O₂) Çambaşı Göleti'ne (6.38 mg/L O₂) nazaran daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 2). Bunda sulak alanın su bitkilerince zengin olması da etkilidir. Göllerde ÇO değişimini yansıtan dağılım haritası Şekil 5a'da verilmiştir.

Tablo 2. Çalışma alanlarında mevsimsel çözünmüş oksijen değişiminin ort., min. ve maks. değerleri

Çözünmüş Oksijen [mg/L]	GAGA GÖLÜ SULAK ALANI (rakım: 68 m)	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>	ÇAMBAŞI GÖLETİ (rakım: 1732 m)	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>
<i>İlkbahar</i>	9.40 (%99)	11.8	6.1	7.2 (%69)	7.7	6.6
<i>Yaz</i>	9.23 (%116)	10.6	8.1	5.9 (%73)	6.3	5.6
<i>Sonbahar</i>	10.20 (%115)	11.3	8.3	6.1 (%72)	6.3	5.8

Gaga Gölü Sulak Alanı'nın oksijen doygunluk değerinin Çambaşı Göleti'nin oksijen doygunluk değerinden yüksek olduğu mevsimsel analiz sonuçlarının ortalamasındaki farktan görülmektedir (Tablo 2).



Şekil. 5. Göllerde (a) çözülmüş oksijen (b) doygunluk değişiminin mekansal analizi (yıllık ortalama olarak)

Çambaşı Göleti deniz seviyesine olan yüksekliğinden kaynaklı sıcaklığın az olduğu bir bölgede bulunmasından dolayı ÇO değerinin Gaga Gölü Sulak Alanı'na kıyasla daha yüksek olması gerekirken, bölgenin deniz seviyesine yakın diğer bölgeye kıyasla havanın oksijen miktarının az olması ve basıncın düşük değerde olmasından dolayı ÇO değerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenler dışında çevresel diğer faktörlerin de bulunduğu göz ardı edilmemelidir.

Gaga Gölü Sulak Alanı'ndaki oksijen doygunluk değerinin yüksek olmasının nedenlerinden biri, deniz seviyesine olan yüksekliğinin diğer çalışma alanına kıyasla yakın olması nedeniyle bu bölgedeki atmosferik basıncın yüksek olması gazların çözünürlüğünü arttırdığı için oksijen doygunluğunun da arttığı görülmektedir (Şekil 5b).

Deniz seviyesine yakın olan bölgedeki sulak alanın, uzak olan bölgedeki gölete kıyasla oksijen doygunluğunun fazla olmasının diğer bir nedeni de güneş ışığının yüksek rakımlı yerlerde yoğun bir şekilde gelmesi sonucu su bitkilerinin daha fazla fotosentez olayı gerçekleştirmesi ve bununla beraber solunum olayının da artması anlamına gelmektedir. Ayrıca diğer fiziksel ve kimyasal parametrelerin veya çevresel etkilerin göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Sığ sularda alglerin aşırı gelişmesi ya da diğer su bitkileri fotosentez yoluyla oksijen üreterek çözülmüş oksijenin doygunluğunun üzerine çıkması sonucu su ortamı aşırı doygun hale gelebilir.

Diğer taraftan, bitkiler solunum yoluyla oksijen harcadıklarında atmosferden kazanılan oksijenden daha fazlası tüketilir ve çözülmüş oksijen eksikliği ortaya çıkar (Günay, 2018).

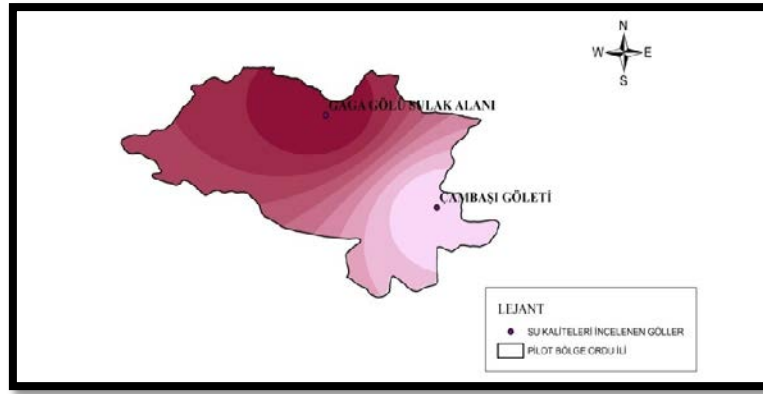
3.1.3. pH Değeri

Yer üstü su kaynaklarının kimyasal parametrelerinden biri de pH'dır. Bu parametre suyun asitlik veya bazlık derecesini ifade ettiğinden sucul ekosistemdeki canlıların yaşamlarını sürdürmesi açısından önemli bir rol oynamaktadır. Göl ve sulak alanlardaki pH değerini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen çok sayıda değişken bulunmaktadır. Bu değişkenler; jeolojik yapı (gölde), tuzluluk, biyolojik faaliyetler, atmosferik CO₂, asit yağmuru, fosil yakıtların yanmasıdır. Düşük pH özellikle ağır metallerin toksik etkilerini de önemli ölçüde etkiler; cıva ve alüminyum gibi ağır metaller toprağın asidifikasyonu sonucu çözümlenir ve sucul ekosisteme taşınırlar. Göl suyu içinde pH'ın düşmesi alüminyum gibi ağır metallerin sedimandaki çözünürlüğünü artırır. Yaz aylarında gözlenen yüksek fotosentez oranı suda pH'ın yükselmesine neden olur. Yaz aylarındaki aşırı buharlaşma nedeniyle de pH 12'ye kadar çıkabilir (alkali madde birikmesiyle). Göllerdeki veya sulak alanlardaki mevsimsel değişimler, bitki örtüsü, deniz seviyesine olan yükseklikten kaynaklı basınç dalgalanması ve atmosferde bulunan gazların çökmesi gibi olayların dolaylı olarak pH değerini etkilediği bilinmektedir (Güner, 2011).

Atmosferik çökmenin su ortamı ve canlılara etkileri de oldukça önemlidir. Yüzeysel suya atmosferik çökme yoluyla giren kirleticiler genelde partiküllerin yüzeyine tutunurlar veya çözünerek suda kalırlar. Ayrıca, atmosferik çökmeyle tatlı su göllerinde asidite artmakta, bunun neticesi canlı türlerinde azalmalar ve yok olmalar gözlenmektedir (Bayraktar ve Turalioğlu, 2004). Deniz seviyesine olan yükseklik arttıkça açık hava basıncındaki azalma nedeniyle sudaki gazların çözünürlüğünün azalması, yükseklere çıkıldıkça sıcaklığın değişim göstermesi ve bitki örtüsünün değişim göstererek karbondioksitin tutulma miktarındaki değişimler pH değerini etkilemektedir. Bu etkilerin araştırma alanları olan Gaga Gölü Sulak Alanı ve Çambaşı Göleti'nin pH değeri analiz sonuçlarının mevsimsel ortalama değerlerinde de birbirinden farklılık gösterdiği görülmektedir (Tablo 3). Göllerdeki pH değişimi mekânsal analizi Şekil 6'da haritalandırılmıştır.

Tablo 3. Çalışma alanlarında mevsimsel pH değişiminin ort., min. ve maks. değerleri

<i>pH</i>	<i>GAGA GÖLÜ SULAK ALANI (rakım: 68 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>	<i>ÇAMBAŞI GÖLETİ (rakım: 1732 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>
<i>İlkbahar</i>	7.9	8.0	7.6	6.8	6.9	6.6
<i>Yaz</i>	8.5	9.0	7.7	6.8	7.0	6.7
<i>Sonbahar</i>	7.8	8.7	7.3	6.7	6.8	6.7



Şekil 6. Göllerde pH değişiminin mekansal analizi (yıllık ortalama olarak)

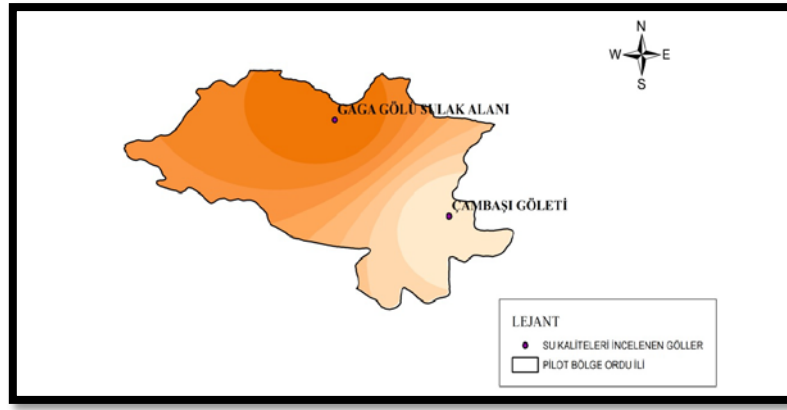
3.1.4. İletkenlik ve Toplam Çözünmüş Katı Madde (TÇM) Miktarı

Göllerde veya sulak alanlarda iletkenlik; yağışlar sonucu oluşan yüzeysel akışlardan, bağlantılı olan su kollarının geçtiği alanlardan taşımış olduğu alüvyonlardan, sucul ortam içerisinde dış etkenlerden kaynaklı oluşmuş çözeltilerden gelen iyonlardan oluşur. İletkenlik değerini etkileyen faktörler; sıcaklık, iyon konsantrasyonu, tuzluluk vb. olarak sıralanabilir, ancak bu faktörler üzerinde dolaylı yoldan etki ederek iletkenliği de etkileyebilecek nedenler bulunmaktadır. Yükseklik arttıkça sıcaklığın azalması, dolayısıyla buharlaşmanın azalması, su içerisindeki hem tuzluluk miktarının hem de iyon konsantrasyonunun seyreltik kalması, aynı zamanda yüksek bölgelerde basıncın azalması gazların çözünürlüğünü de etkilemektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı deniz seviyesine olan yükseklik faktörü de iletkenlik değerini dolaylı olarak etkileyen bir faktördür.

Denizden 68 m yükseklikte yer alan Gaga Gölü Sulak Alanı iletkenlik değerinin, 1732 m rakıma sahip Çambaşı Göleti iletkenlik değerinden oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 4). Aradaki bu fark deniz seviyesine olan yüksekliğin dolaylı yoldan (deniz üstü atmosferik etkilerin denize daha yakın olan göl yüzeyine daha fazla nüfuz etmesi) iletkenlik değerini etkilemiş olduğunun bir göstergesidir. Çambaşı Göleti suyunun Gaga Gölü Sulak Alanı suyuna göre daha az iyon içeriğine sahip bir su olduğunu gösterir mekânsal analiz Şekil 7’de verilmiştir.

Tablo 4. Çalışma alanlarında mevsimsel iletkenlik değişiminin ort., min. ve maks. değerleri

<i>İletkenlik</i> ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<i>GAGA GÖLÜ</i> <i>SULAK ALANI</i> (rakım: 68 m)	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>	<i>ÇAMBAŞI</i> <i>GÖLETİ (rakım:</i> <i>1732 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>
<i>İlkbahar</i>	483	552	397	33	36	30
<i>Yaz</i>	296	434	190	34	35	30
<i>Sonbahar</i>	429	521	253	33	35	32

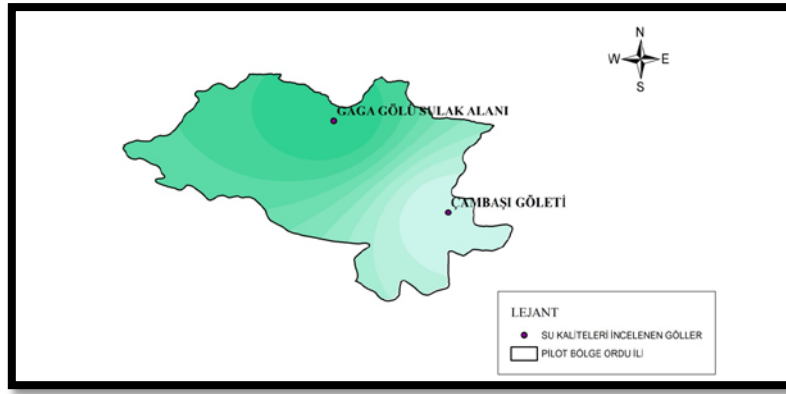


Şekil 7. Göllerde iletkenlik değışiminin mekansal analizi (yıllık ortalama olarak)

Suyun tadını etkileyen en önemli etken, sudaki çözünmüş maddelerdir. Örneğin tuz, kireç, demir, alüminyum vs. suda çözünen maddelerdir. Sudaki çözünmüş maddeler ne kadar çok ise suyun kendi doğal tadı o kadar bozular. Jeolojik yapıya, sıcaklık ve yağış miktarına bağlı olarak değışen suyun elektriksel iletkenliği aynı zamanda sudaki toplam çözünmüş madde miktarının da bir göstergesidir (Taş, 2006; Taş ve Kolören, 2017). Tabiatta sular, kaynaklarına göre, TÇM değeri açısından farklılıklar gösterir. 1500 mg/L TÇM değeri “Tatlı Su” kaynakları için üst limittir. 1000 ~ 5000 mg/L TÇM’ye sahip sular genel olarak “Acı Su” olarak tabir edilirken, 5000~15 000 mg/L TÇM’ye sahip sular “Çok Acı Su” ve daha yüksek konsantrasyonlarda TÇM içeren sular, “Tuzlu Su” olarak tanımlanır (Royal, 2016). Gaga Gölü Sulak Alanı ve Çambaşı Göleti kimyasal su kalite parametrelerinden biri olan TÇM değeri, iletkenlik değeri gibi çözünmüş maddelerden kaynaklı bir değerdir. Bu nedenle iletkenlik değeri doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen faktörler büyük ölçüde TÇM değeri de etkilemektedir. İki sucul ortam arasındaki farkın mevsimsel analiz sonuçlarının istatistiksel ortalamaları ve rakıma bağlı olarak mekânsal analizleri Tablo 5 ve Şekil 8’de gösterilmiştir.

Tablo 5. Çalışma alanlarında mevsimsel TÇM değışiminin ort., min. ve maks. değeri

TÇM (mg/L)	GAGA GÖLÜ SULAK ALANI (rakım: 68 m)	En Yüksek	En Düşük	ÇAMBAŞI GÖLETİ (rakım: 1732 m)	En Yüksek	En Düşük
İlkbahar	242	277	200	16	18	14
Yaz	148	217	95	17	18	15
Sonbahar	214	260	126	17	17	16



Şekil 8. Göllerde TÇM değişiminin mekansal analizi (yıllık ortalama olarak)

Gaga Gölü Sulak Alanı'nın TÇM miktarının Çambaşı Göleti'ne göre daha fazla olmasında, su yollarıyla bağlı bulunduğu Gagaga Gölü'nün oluşum şekli ve çevresindeki tarım arazilerinden karışan atıklar başlıca unsurlardır. Göl, heyelan enkazının oluşturduğu çukurluğun sularla dolması sonucunda oluşmuştur. Oluşum şekliyle Gagaga Gölü, Karadeniz Bölgesi'nde örnekleri görülen tipik heyelan setti göllerinden farklıdır (Akkan ve Gürgen, 1993; Taş, 2012).

3.1.5. Amonyum-Azotu, Nitrit-Azotu ve Nitrat-Azotu Değerleri

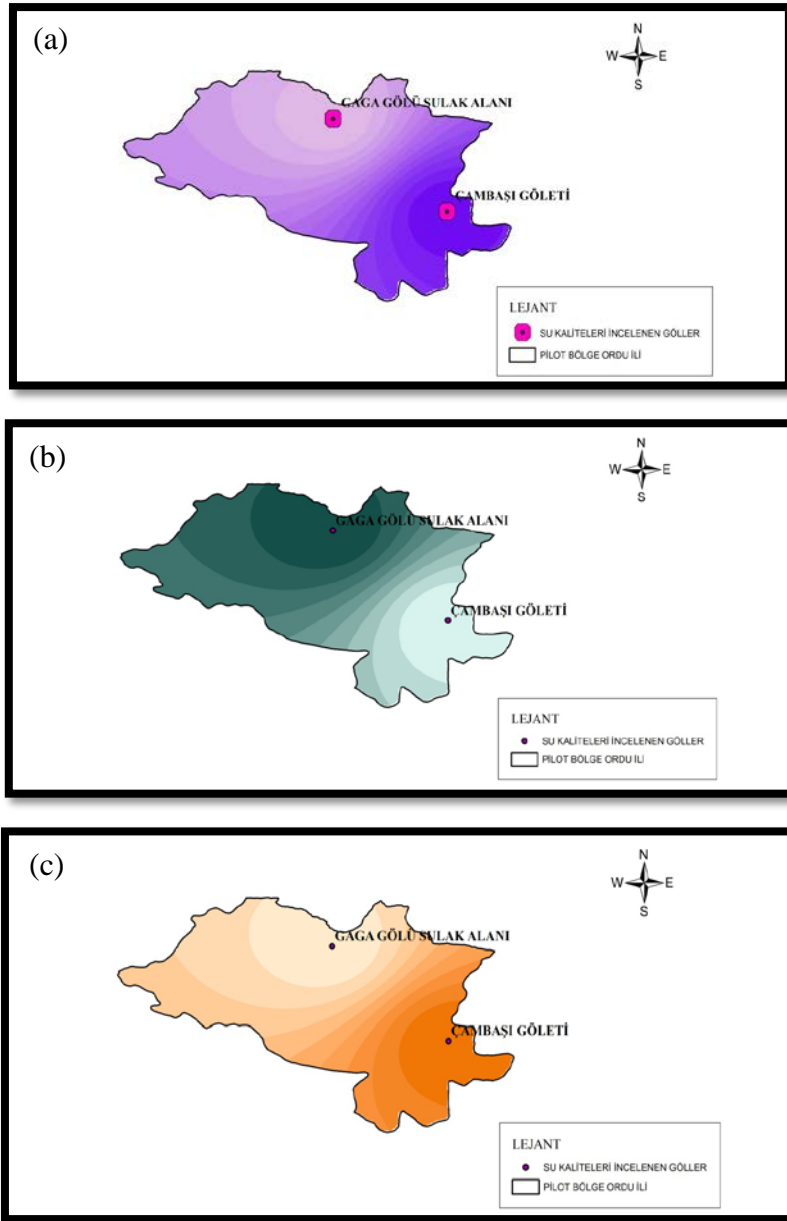
Azot su ekosistemi için önemli bir kimyasal parametre olup aynı zamanda sınırlayıcı bir besin maddesi olarak kabul edilir. Azot canlıların yaşamları içerisinde bulunduğundan canlılardan doğaya karışan organik maddelerin de yapısında bulunmaktadır. Azot atmosfer içerisinde gerçekleşen olaylarda, canlı kalıntılarından doğal olarak su ekosistemine karışabildiği gibi suni işlemler sonucu yani inorganik gübreleme sonucu da yağışlar ve yüzeysel akışlar nedeniyle su ekosistemine karışmaktadır. Dünya genelinde, azot ve fosforun aşırı şekilde girişiyle meydana gelen göl ötrofikasyonu, su kalitesinin kötüleşmesine ve biyoçeşitliliğin önemli ölçüde azalmasına neden olmaktadır (Kristensen ve Hansen, 1994; Dodson ve ark., 2000). Azotlu bileşikler suyun kalitesi hakkında bilgi verebilen parametrelerdendir (Taş ve Kolören, 2017).

Doğada gerçekleşen azot döngüsünde oksitleyici olarak oksijen kullanıldığından bu durum su ekosisteminde oksijen eksikliği de yaratmaktadır. Nitrifikasyon bakterilerinin etkinliği sıcaklık ile doğru orantılı olmasından dolayı deniz seviyesinden yükseklere çıkıldıkça azalan sıcaklık, nitrifikasyon bakterilerinin etkinliğini azaltma yönünde etki edebileceği gibi azot ve türevlerinin miktarlarını da etkileyebilecektir. Ancak araştırma alanları arasındaki rakım kaynaklı sıcaklık değişimleri ve sonucundaki amonyum, nitrit ve nitrat değerlerindeki farklılıkların çok belirgin olmadığı görülmektedir (Tablo 6). Bunun nedeni olarak, hem Gagaga Gölü Sulak Alanı hem de Çambaşı Göleti için bu değerler arasındaki farkı dengeleyebilecek ortam koşullarının etkin olması

gösterilebilir. Rakıma bağlı olarak her iki göldeki azot kaynaklı kirliliğin mekânsal analizleri Şekil 9(a), (b) ve (c)'de gösterilmiştir.

Tablo 6. Çalışma alanlarında mevsimsel amonyum, nitrit ve nitrat azotu değişiminin ort., min. ve maks. değerleri

<i>Parametre</i>	<i>GAGA GÖLÜ SULAK ALANI (rakım: 68 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>	<i>ÇAMBAŞI GÖLETİ (rakım: 1732 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>
<i>Amonyum Azotu</i> <i>(mg/L NH₄-N)</i>						
<i>İlkbahar</i>	0.07	0.12	0.01	0.10	0.11	0.09
<i>Yaz</i>	0.38	0.62	0.11	0.73	1.15	0.14
<i>Sonbahar</i>	0.65	0.67	0.62	1.31	1.35	1.27
<i>Nitrit Azotu</i> <i>(mg/L NO₂-N)</i>						
<i>İlkbahar</i>	0.013	0.02	0.001	0.003	0.004	0.002
<i>Yaz</i>	0.013	0.02	0.001	0.009	0.013	0.002
<i>Sonbahar</i>	0.213	0.32	0.03	0.016	0.018	0.014
<i>Nitrat Azotu</i> <i>(mg/L NO₃-N)</i>						
<i>İlkbahar</i>	0.70	1.1	0.2	0.40	0.5	0.3
<i>Yaz</i>	0.17	0.2	0.1	0.93	1.3	0.3
<i>Sonbahar</i>	0.30	0.3	0.3	1.50	1.7	1.3



Şekil 9. Göllerde (a) amonyum, (b) nitrit ve (c) nitrat azotu değişiminin mekânsal analizi

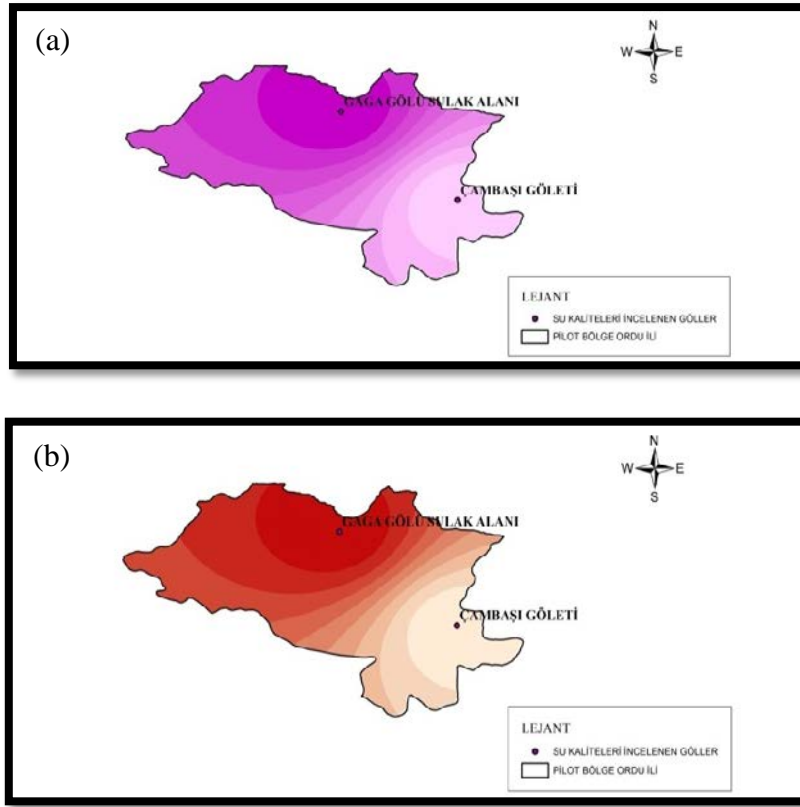
3.1.6. Orto ve Toplam Fosfor Değerleri

Fosfat göllerde ve sulak alanlar gibi durgun sularda azotla birlikte ötrofikasyona neden olan en temel besin tuzudur. Ancak, fosfat anahtar bir rol oynar, fazla olması durumunda algler ve makrofitler hızla çoğalmaya başlar. Fosfat; azot ve türevleri gibi doğal süreçlerle su ortamına karışabileceği gibi inorganik gübreler vb. yapay yollar ile de sucul ekosistemlere aşırı miktarlarda giriş yapabilir. Göllerde nütrientlerin birikmesi de su kalitesi için ciddi bir tehdit olarak görülmektedir (Beklioğlu ve ark., 2003). Kirlenmemiş doğal sularda oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunan fosfat ortamın verimliliği hakkında bilgi verir (Tepe ve Boyd, 2003).

Gaga Gölü Sulak Alanı ve Çambaşı Göleti kimyasal su kalitesi parametreleri olan fosfat değerlerinin mevsimsel analiz sonuçlarının karşılaştırılması yapıldığında, genel anlamda sonbahar döneminde her iki araştırma alanı için de artış gösterdiği, en yüksek değerlerin ise yaz mevsiminde ortaya çıktığı görülmektedir (Tablo 7). Özellikle deniz seviyesinde yer alan göllerde azot ve fosfor konsantrasyonlarının değişiminde mevsimlerin istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturduğu ve yaz mevsiminde organik karbon içeriğindeki artışa paralel olarak nütrient seviyelerinin de arttığı yapılan çalışmalarda da açıkça gözlemlenmiştir (Cüce ve Bakan, 2017a ve 2017b). Bunun nedeni sonbahar döneminde bölgenin fazla miktarda yağış alarak bitkisel, hayvansal atıkların veya kalıntıların çürümeye elverişli bir ortamın oluşmasıdır. Ayrıca Gaga Gölü Sulak Alanı'nın fosfat değerlerinin Çambaşı Göleti fosfat değerlerinden yüksek olmasının sebebi, gölete göre nispeten çok küçük yüzey alanı ve sığ olmasına rağmen sulak alanı çevreleyen bölgeden nütrient akışına izin veren kaynakların (findık bahçelerinin bulunması) olmasıdır (Şekil 10(a) ve (b)).

Tablo 7. Çalışma alanlarında mevsimsel orto-fosfat ve toplam fosfor değişiminin ort., min. ve maks. değerleri

<i>Parametre</i>	<i>GAGA GÖLÜ SULAK ALANI (rakım: 68 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>	<i>ÇAMBAŞI GÖLETİ (rakım: 1732 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>
<i>Orto-Fosfat</i> (mg/L PO ₄ -P)						
<i>İlkbahar</i>	0.44	0.54	0.34	0.32	0.33	0.30
<i>Yaz</i>	0.49	0.56	0.37	0.37	0.48	0.19
<i>Sonbahar</i>	0.53	0.54	0.52	0.51	0.52	0.49
<i>Toplam Fosfor</i> (mg/L P)						
<i>İlkbahar</i>	1.41	1.63	1.05	1.00	1.02	0.98
<i>Yaz</i>	1.50	1.75	1.13	1.32	1.35	1.29
<i>Sonbahar</i>	1.63	1.65	1.61	1.43	1.49	1.38



Şekil 10. Göllerde (a) orto-fosfat ve (b) toplam-fosfat değişiminin mekânsal analizi (yıllık ortalama olarak)

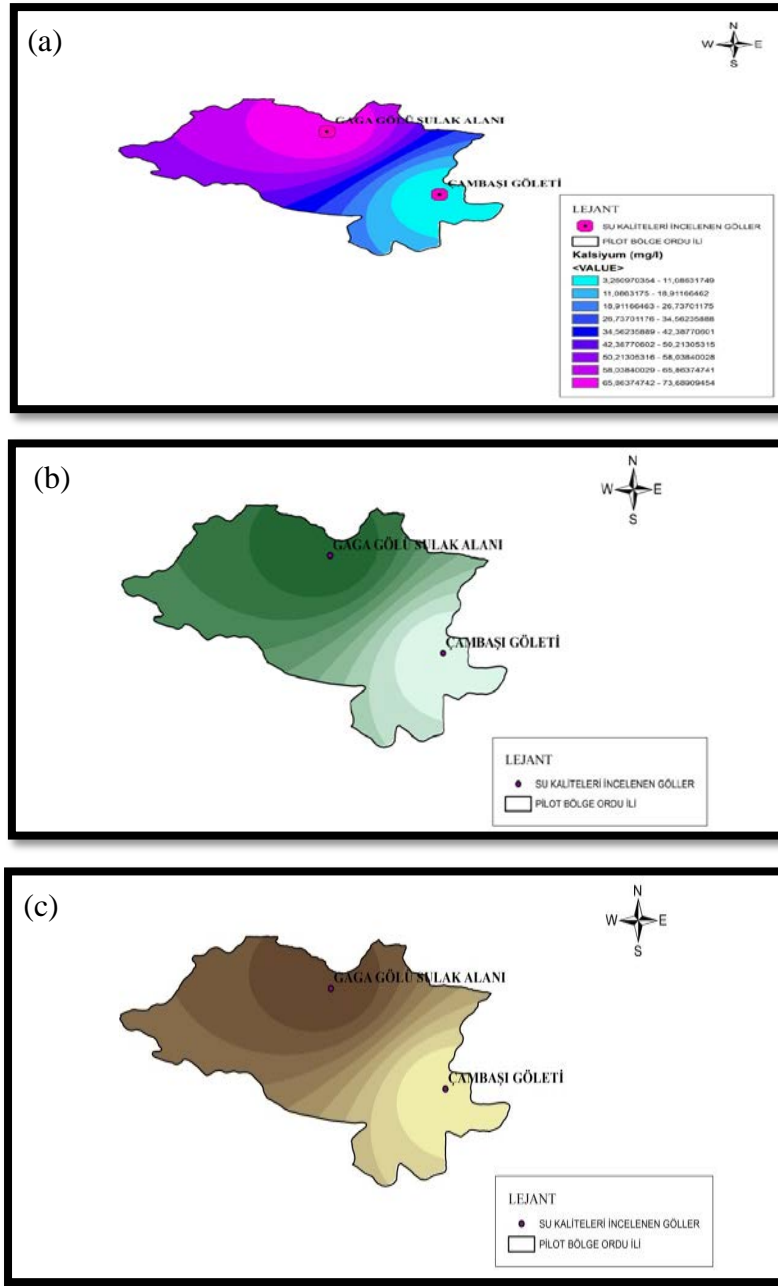
3.1.7. Kalsiyum, Magnezyum ve Toplam Sertlik (CaCO₃) Değeri

Kalsiyum ve bileşikleri suya sertlik özelliği veren en önemli iyonlardan olduğundan çok değişik konsantrasyonlarda sucul sistemlerde bulunabilirler. Genellikle sudaki kalsiyum iyonu kaynağını karbonatlı ve sülfatlı kalsiyum mineralleri teşkil eder (Taş, 2011). Bitkiler topraktan aldıkları mineralleri belirli kısımlarında depo ederler, ancak yaprak kısmında biriken kalsiyumun bitkinin mevsimsel yaprak dökümü zamanında tekrar toprağa dönmesi toprağın mevsimsel olarak kalsiyum miktarının artmasına olanak sağlamaktadır. Gaga Gölü Sulak Alanı çevresinde bulunan fındık tarım arazilerinin, kışın yaşanabilecek don olaylarına veya gelişim zamanındaki topraktaki haşerelere karşı korunabilmesi için bahçelere atılan kireç, toprağın kalsiyum minerali açısından zenginleşmesine ve yüzeysel akışlar ile yıkanarak sulak alana karışmasıyla da suyun sertlik derecesinin artmasına yol açmaktadır. Çambaşı Göleti yakın çevresinde fındık tarım arazisinin bulunmaması mevsimsel değişimlere göre sertlik değerinin Gaga Gölü Sulak Alanı'na kıyasla daha düşük değerlerde olmasının nedenleri arasında yer almaktadır (Tablo 8).

Tablo 8. Çalışma alanlarında mevsimsel toplam sertlik değişiminin ort., min. ve maks. Değerleri

<i>Parametre</i>	<i>GAGA GÖLÜ SULAK ALANI (rakım: 68 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>	<i>ÇAMBAŞI GÖLETİ (rakım: 1732 m)</i>	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>
<i>Kalsiyum</i> (mg/L Ca ⁺²)						
<i>İlkbahar</i>	80.74	98.88	64.68		0.33	0.30
<i>Yaz</i>	55.08	85.65	34.34	0.37	0.48	0.19
<i>Sonbahar</i>	85.26	95.52	68.73	0.51	0.52	0.49
<i>Magnezyum</i> (mg/L Mg ⁺²)						
<i>İlkbahar</i>	7.06	10.76	3.25	0.73	0.75	0.68
<i>Yaz</i>	7.52	9.53	6.18	1.13	1.32	0.77
<i>Sonbahar</i>	6.03	10.21	3.56	1.39	1.41	1.39
<i>T. Sertlik</i> (mg/L CaCO ₃)						
<i>İlkbahar</i>	260	315	206	9	8	9
<i>Yaz</i>	215	382	111	14	12	16
<i>Sonbahar</i>	237	251	218	16	15	16

Gaga Gölü Sulak Alanı'nın ve Çambaşı Göleti'nin kimyasal su kalitesi parametrelerinden toplam sertlik miktarını incelerken değindiğimiz gibi magnezyum ve kalsiyum sularda sertliğe neden olurlar. Göllerde magnezyum oranının düşük olması gölün fitoplankton verimliliğini önemli ölçüde etkiler, bunun sonucunda göl oligotrofik özellik kazanır (Egemen, 2006). Ayrıca toplam çözünmüş madde miktarını da etkilemektedir. Bu değerlerin araştırma alanlarına göre karşılaştırmasını yaptığımızda, toplam sertlikteki mevsimsel analiz sonuçlarına göre oluşan fark kalsiyum ve magnezyum değerlerinde de gözlemlenmiştir (Tablo 8). Dağlardan gelen sular sert değildir, bu bölgelerde yeraltı suları derinlikleri yüzeye yakındır. Yağmur suları da yüksek kesimlerde çok fazla kayaçla karşılaşmaz, böylece az miktarda taş çözer ve yerüstü sularına karışır. Kireç problemiyle fazla karşılaşmaz (Kırımker, 2014). Bu nedenlerden dolayı deniz seviyesinden yüksekliğe bağlı olarak, araştırma alanlarındaki su kalite değerlerinden toplam sertlik değerinin fark edilir düzeylerde olduğu mekânsal analiz sonucundan da görülmektedir (Şekil 11(a), (b) ve (c)).



Şekil 11. Göllerde (a) kalsiyum, (b) magnezyum ve (c) toplam sertlik değişiminin mekânsal analizi

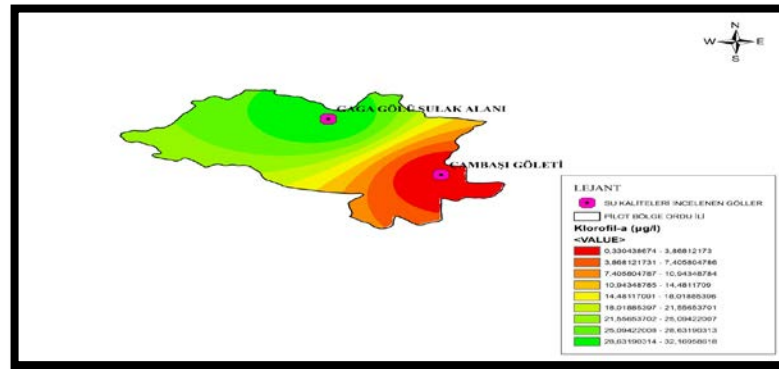
3.1.8. Klorofil-a Değeri

Tüm pigmentli alglerde bulunan klorofil-*a* yüzey suyundaki planktonik alg biyoması hakkında bilgi verir. Sucul ekosistemde biyolojik bir gösterge olarak klorofil-*a* pigmenti aynı zamanda suyun prodüktivitesini ve verimliliğini de gösterir (Taş ve ark., 2019). Gaga Gölü Sulak Alanı'nın klorofil-*a* değerinin Çambaşı Göleti'ne kıyasla her dönem oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun temel nedeni olarak her iki gölün morfolojik yapısının farklı olması ve meteorolojik olarak farklı etkenlere maruz kalmaları gösterilebilir. Sulak alanın doğal oluşumlarla meydana gelmesi nedeniyle dip kısmı tamamen yerel toprak yüzeyle etkileşim halindedir ve bentik

tabakanın daha yaşlı olması sebebiyle oksijen ihtiyacı ve nütrient salım hızları yüksektir. Sulak alanlar genel olarak yüksek oranda fotosentetik aktiviteye sahiptir. Göletler ise kaplama malzemeleriyle (jeomembran) yapay olarak oluşturulmalarından dolayı sudaki fotosentetik aktiviteler kısıtlı seviyede gelişim gösterir. Araştırma yapılan gölete bağlı irili ufaklı derelerin getirmiş olduğu alüvyonlar ve rüzgâr vb. etkenlerden dolayı gölet içerisine taşınarak birikmiş organik kökenli diğer tortulardan kaynaklanan bu tür aktivitelerde artış gözlenebilmektedir. Yüzey alanı sulak alana göre oldukça büyük olan yapay göletin ötrofik açıdan daha iyi kalitede olmasında rakım yüksekliğine bağlı iklim koşulları da etkindir. Keza, yüksek bölgelere çıkıldıkça noktasal kirlenme kaynaklarından mümkün olduğunca uzaklaşmakta ve oksijen doygunluğu açısından önemli olan sıcaklık değerleri gibi bazı fiziko-kimyasal faktörler de değişmektedir. Bu nedenle iki araştırma alanı arasında dönemsel olarak fotosentetik aktivite farkı oluşmaktadır (Tablo 9 ve Şekil 12). Bununla birlikte diğer etkenlerin de (sıcaklık, çözülmüş oksijen, karbondioksit, ışık, derinlik, sucul flora vb.) göz ardı edilmemesi gerekir.

Tablo 9. Çalışma alanlarında mevsimsel klorofil-a değişiminin ort., min. ve maks. değerleri

<i>Klorofil-a</i> [µg/L]	<i>GAGA GÖLÜ</i> <i>SULAK ALANI</i> (rakım: 68 m)	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>	<i>ÇAMBAŞI</i> <i>GÖLETİ</i> (rakım: 1732 m)	<i>En Yüksek</i>	<i>En Düşük</i>
<i>İlkbahar</i>	1.48	2.52	0.93	0.15	0.18	0.12
<i>Yaz</i>	44.98	67.2	26.43	0.47	0.65	0.38
<i>Sonbahar</i>	50.06	118.29	15.93	0.35	0.39	0.31



Şekil 12. Gölde klorofil-a değişiminin mekânsal analizi (yıllık ortalama olarak)

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (2012) EK-5 Çevresel kalite standartları uyarınca ve her iki gölün ötrofikasyon kriterlerine göre su kalite sınıfları, bu çalışmada elde edilen kimyasal parametreler bazında (ekolojik kriterler hariç) değerlendirilmiştir. Buna göre; yıllık ortalama çözülmüş oksijen açısından Gaga Gölü Sulak Alanı I. Sınıf, Çambaşı Göleti II. Sınıf iken, yıllık ortalama iletkenlik ve pH değerleri açısından her iki gölün de I. Sınıf ya da yakın özellikte, özellikle

azot içerikleri arasında yıllık ortalama amonyum azotu dikkate alındığında her iki yerüstü su kaynağının da II. Sınıf kalitede olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, fosfor içerikleri dikkate alındığında, orto-fosfat değerlerinin yaklaşık olarak her mevsim iki gölde III. Sınıf su kalitesi sergilediği fakat toplam fosfor ölçümlerinin IV. Sınıf kalite yüzey suyuna sahip su özelliği gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca aynı yönetmeliğin ötrofikasyon kriterlerine göre (Tablo 9), oksitlenmiş azotlu bileşikler (nitrit ve nitrat azotu) açısından ilkbaharda Gaga Gölü Sulak Alanı, sonbaharda ise Çambaşı Göleti'nin mezotrofik üstü duruma geçtiği söylenebilir. Yıllık ortalama toplam fosforun mevsimsel olarak üç dönemde de aşırı yüksek olması beraberinde her iki su kütlesinin hiperötrofik göl yapısına kısa süreli de olsa geçiş yaptıklarını göstermiştir. Ancak, göl yüzeylerinden alınan klorofil-*a* ölçüm sonuçlarına göre, Gaga Gölü Sulak Alanı ilkbaharda oligotrofik yapıda iken sonraki dönemlerde (özellikle sonbahar başında 118 µg/L ile pik değer) hiper-ötrofik duruma geçmektedir (çözünmüş oksijen oldukça yüksek olmasına rağmen). Çambaşı Göleti ise çözünmüş oksijen içeriğine göre her dönem mezotrofik bandın içinde yer alırken sadece klorofil-*a* parametresi söz konusu olduğunda her üç dönemde de oligotrofik durumunu (> 1µg/L) korumaktadır.

Çalışma alanlarının su kaliteleri arasındaki farklılığın tek sebebinin yükseklikten ziyade çevresel etkenler ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklı olduğu söylenebilir. Deniz seviyesine olan yükseklik iklimik faktörlerin farklı olmasına yol açar. Dolayısıyla iklimsel faktörler, özellikle sıcaklık, sucul ekosistemdeki ekolojik faktörler üzerinde doğrudan ve/veya dolaylı olarak etkili olarak bölgesel bitki florasının çeşitliliğinin artması veya azalması gibi pek çok çevresel şartlarda değişiklikler yaşanmasına yol açmaktadır. Yüksek rakımlı yerlere çıkıldıkça sıcaklık miktarının azalması 1732 m yüksekliğe sahip Çambaşı Göleti'nin de yüzey suyu sıcaklığını etkileyerek 68 m yüksekliğe sahip Gaga Gölü Sulak Alanı'nın su sıcaklığı değerinin altına düştüğü mevsimsel analiz sonuçlarının değerlendirilmesi sonucunda gözlemlenmiştir. Doğal suların yaşamsal döngülerinin en önemli kaynağı ve parametresi olan çözünmüş oksijen değeri, doğal sularda yaşayan canlıların yaşam kaynağı olmakla beraber göl veya sulak alan gibi durgun ve kirlenmeye müsait suların temizlenmesine yardımcı bir kaynaktır. Çözünmüş oksijen değeri de diğer fiziksel ve kimyasal parametreler gibi çalışma alanlarının deniz seviyesine olan yüksekliğinden etkilenmiştir. Deniz seviyelerinden yüksek bölgelere çıkıldıkça atmosferdeki oksijen seviyesindeki azalma ve yüksek bölgelerde azalan basıncın gazların çözünürlüğüne etki etmesi bu etkilenmenin muhtemel sebebidir. Yine su sıcaklığı da gazların çözünürlüğünü doğrudan etkilemektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Aynı bölgede morfolojik olarak farklı yapıdaki iki yüzey suyu kaynağında üç mevsim konumsal analizler üzerine odaklanmış bu çalışmada, rakımsal farklılığın yüzey suyu kalitesine olan etkileri değerlendirilmiştir. Fiziksel ve kimyasal su parametreleri analiz sonuçlarının genel etkiler altında karşılaştırılması sonucu Gaga Gölü Sulak Alanı'nın sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, iletkenlik, toplam çözünmüş madde miktarı gibi birçok parametresinin Çambaşı Göleti'nden daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Su kalitesindeki gözlemlenen bu farkın sebeplerinin iki su ekosisteminin bulunduğu bölge arasındaki rakım farkı göz önüne alınarak değerlendirilmesi yapılmış ve birçok parametrenin etkilendiği görülmüştür.

Gaga Gölü ve sulak alanı ile Çambaşı Yaylası ve çevresi rekreasyonel olarak değerlendirilen alanlardır. Gaga Gölü özellikle yaz aylarında, Çambaşı Göleti ise yaz ve kış aylarında oldukça fazla ziyaret edilmektedir. Yaz aylarında yaylacılık faaliyetleriyle beraber kış aylarında kayak tesisindeki faaliyetler gölet üzerinde bir baskı unsuru oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, Karadeniz bölgesinde yer alan ve deniz seviyesine olan yükseklikleri farklı iki lotik sistemin (Gaga Gölü Sulak Alanı ve Çambaşı Göleti) üç dönem su kalitesi izleme sonuçları karşılaştırılan bu çalışmada, söz konusu su kaynaklarının coğrafik ve değişken iklimsel çevresel etkilerin altında kalmış olduğu, bu su kaynaklarının korunabilmesi yönünde bazı önleyici tedbirlerin alınması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Özellikle ötrofikasyon tehdidi altına girmiş olan Gaga Gölü Sulak Alanı için dış kaynaklı nütrient (özellikle fosfor) girdisinin azaltılması yönünde bazı program ve/veya eylem planlarının hayata geçirilmesi gerekmektedir. Deniz seviyesine olan yüksekliğin doğal su kalitelerini etkilediği gözlemlenirken, su kalitelerindeki değişimlerin de kullanım amacını ya da doğal ekosistemini etkilediği unutulmamalıdır. Rakım faktörünün çevresel açıdan göstermiş olduğu etkiler sadece su kütlerinin fiziko-kimyasal kalitelerinde değil, bu su kaynaklarından doğrudan veya dolaylı olarak faydalanan bölgede yaşayan yerel halkın bireysel veya işletme bazında sürdürdüğü tarım, balıkçılık, saz kesimi gibi farklı iş alanlarında çeşitli olumsuz etkiler gösterebilmektedir. Bu konuyla ilgili denize olan rakımsal farkın tarımsal ürünlerin üretimi ve kalitesi, balık popülasyonu ve çeşitliliği vb. ekolojik konular üzerine hali hazırda araştırmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmesi, bölgedeki su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından son derece önemlidir. Su kaynaklarından verimli bir şekilde faydalanmak için, su havzasındaki kirlilik durumunu belirlemek amacıyla su kalitesinin incelenmesi ve izlenmesi, belirli zaman dilimlerinde kirlilik değişimini etkileyen önemli faktörlerin tanımlanması ve uygun tedbirlerin alınması önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Akkan, E., Gürgen, G. (1993). Gaga Gölü (Ordu). Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 2: 241–249
- Arslanoğlu, M., Özçelik M., (2005). Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.
- Baron J., Schmidt T., Hartman M. (2009). Climate-induced Changes in High Elevation Stream Nitrate Dynamics, *Global Change Biology* 15, 1777–1789, doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.01847.x
- Bakan, G. (1995). The Study of The Sapanca Lake Ecosystems: Sediment Characterization and Water Quality Modeling. A.Ph.D. Thesis. METU, Ankara.
- Bayraktar, H., Turaloğlu, F. S. (2004). Atmosferik Çökeltme Tayin Yöntemleri. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (1), 9-17.
- Beklioğlu, M., İnce, O., Tüzün, I. (2003). Restoration of the eutrophic Lake Eymir, Turkey, by manipulation after a major external nutrient control I. *Hydrobiologia*, 489: 93-105.
- Candan, A. Y. (2011). Gaga Gölü Sulak Alanı (Fatsa, Ordu) Fitoplanktonu ve Trofik Yapısı Üzerine Bir Araştırma. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisan Tezi, Ordu.
- Christophoros C. ve Fytianos K., (2006). Conditions Affecting the Release of Phosphorus from Surface Lake Sediments, *J. Of Environmental Quality*; 35:4, 1181-1192.
- Cüce H., Bakan G. (2017a). Sığ Sularda Nutrient Seviyelerine Sediman Kalitesinin Etkisinin Konumsal Olarak Değerlendirilmesi: Cernek Gölü Örneği. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(5): 546-555.
- Cüce H., Bakan G. (2017b). Sığ Bir Gölde Sediman Kalitesinin Trofik Duruma Etkisinin Değerlendirilmesi; Balık Gölü Örneği (Kızılırmak Deltası). *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Arşiv, Cilt 7, Sayı 1.
- ÇŞB, (2018) Ordu İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Ordu.
- Dodson, S. L., Arnott, S. E., Cottingham, K. L. (2000). The relationship in lake communities between primary productivity and species richness. *Ecology*, 81: 2662-2679.
- EC, (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy (Water Framework Directive).
- Egemen, Ö. (2006). Su kalitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayın no:14, 6. baskı, 150 s, Bornova-İzmir.
- Günay, P. D. (2018). Su Kimyası ve Kimyasal Temel İşlemler. Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Balıkesir.
- Güner, D. D. (2011). Limnoloji, İç Kullanımlar İçin Limnoloji Ders Notları (Derleme). Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Edirne.
- Kırımker, K. (2014). Prezi Web Sitesi: <https://Prezi.com/Lg5anwywjpyx/Sularda-Sertlik/> Erişim Tarihi: Ekim 2019.
- Kristensen, P., Hansen, H. O. (1994). European rivers and lakes, assessment of their environmental state. European Environmental Agency, EEA Environmental Monographs 1, 122 p.
- KUDAKA (2016). Yüksek Rakım Ürünlerinin Markalaşması, TRA1, Kuzeydoğu Anadolu Kalkınma Ajansı, kudaka.org.tr. Erişim Tarihi: Kasım 2019.
- OSİB (2017). Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı 2017-2023. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Pusceddu, A., Gambi C., Manini E. and Danovaro R., (2007). Trophic state, ecosystem efficiency and biodiversity of transitional aquatic ecosystems: analysis of environmental quality based on different benthic indicators, *Chemistry and Ecology*, Vol. 23, No. 6, 505–515
- Raicevic V., Bozic M., Rudic Z., Lalevic B. ve Kikovic D., (2011). The evolution of the eutrophication of the Palic Lake (Serbia), *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(10), pp. 1736-1744.

- Royal, G. (2016). Rosuarıtma. Web Sitesi: [hhttps://Rosuarıtma.com/İletkenlik-Ve-Tds-Nedir](https://Rosuarıtma.com/İletkenlik-Ve-Tds-Nedir), / Erişim Tarihi: Mayıs 2019.
- Taş, B. (2006). Derbent Baraj Gölü (Samsun) su kalitesinin incelenmesi. *Ekoloji*, 15(60): 1-6.
- Taş, B. (2016). Phytoplankton community and ecological state of a high-mountain lake within an Important Natural Area (Eastern Black Sea, Turkey). *Fundamental and Applied Limnology*, 189/1, 51-61.
- Taş, B., (2011). Gaga Gölü (Ordu, Türkiye) Su Kalitesinin İncelenmesi., *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, İlkbahar 2 Cilt, Vol: 1 Sayı: 3(1), Sayfa 43-61.
- Taş, B., (2012). Diversity of Phytoplankton and Trophic Status in the Gaga Lake, Turkey. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 30(1): 33-44.
- Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö., Topkara, S. (2010). Ulugöl (Ordu)'ün bazı fiziko-kimyasal özellikleri. *Journal of FisheriesSciences.com*, 4(3): 254-263.
- Taş, B., Kolören, Z. (2017). Evaluation of water qualities of discharging area of some running waters into Black Sea in the Central Black Sea Region of Turkey. *Review of Hydrobiology*, 10(1): 1-19.
- Taş, B., Tepe, Y., Ustaoglu, F., Alptekin, S. (2019). Benthic algal diversity and water quality evaluation by biological approach of Turnasuyu Creek, NE Turkey. *Desalination and Water Treatment*, 155: 402-415.
- Tepe, Y., Boyd, C.E. (2003). A reassessment of nitrogen fertilization for sunfish ponds. *Journal of World Aquaculture Society*, 34 (4), 505-511.
- Topkara, S. (2011). Çambaşı Göleti (Kabadüz, Ordu) Fitoplanktonu ve Trofik Yapısının İncelenmesi. T.C. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi Biyoloji Anabilim Dalı, Ordu.
- Tsagli J. A., (2006). Spatial Distribution of Water Quality and Eutrophication Levels of Wetlands; A Case Study of Lake Cuitzeo-Mexico, A Thesis for The Degree of Master's of Science (Supervisor: Vekerdy Z.) International Ins. for Geo-Information Sci. and Earth Observation, NL.

A Study on Determination of Anatomical and Micromorphological Properties of *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (Brassicaceae) in Turkey

Sibel ULCA^{1*}, Gülcan ŞENEL²

¹Kirsehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Kirsehir, Turkey

²Ondokuz Mayıs University, Faculty of Science and Literature, Department of Biology, Samsun, Turkey

Received: 17.12.2019

Accepted: 29.05.2020

*Corresponding Author: sibelulcay@gmail.com

Abstract

In this study, we aimed to reveal the anatomical features of *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., a medicinal plant. Samples of *C. pastoris* taxon were collected from Tokat and its environs in June 2018. The collected samples were placed in 70% alcohol and fixed. Transversal section sections were taken from the root, stem and petiole of the plant for anatomical research. Both transversal section and superficial sections were taken of the leaves by hand. There were 2-3 rows of periderm cells on the outermost part of the root transversal section section of the plant. In the stem transversal section, the collenchyma was in the form of a continuous ring of 7-8 rows, just below epidermis. Sclerenchyma forms an intervacular ring. The epidermis cells on the lower and upper surfaces of the leaf were single-row. The leaves were bifacial type. Palisade parenchyma cells were in 1-2 rows. The sponge parenchyma was 3-4 stratified. The epidermal cell edges of the lower surface of the leaf of *C. bursa-pastoris* were wavier than the upper surface cell edges. Stomata were anisocytic. The vascular bundle in the petiole mid-vessel region of the taxon was large and 4-5 of them. The vascular bundles were surrounded by a sclerenchymatic scabbard. The petiole epidermis was monolayer and had cuticle on the surfaces. The fruit of the taxon was heart-shaped and had a striate pattern. Seed shape was elliptical, striate- undulate cell shaped, cell wall thickening was very pronounced. Ornamentations were reticulate. Wax was observed on the abaxial and adaxial surface of the leaf. Corolla surface showed very intense longitudinal cuticular folds. Sepal surface had plenty of sail-shaped papillae. As a result, the root, stem, leaf anatomical features, and fruit, seed, leaf sepal and petal micromorphological features of *C. bursa-pastoris* had been revealed in detail.

Keywords: *Capsella bursa-pastoris*, Anatomy, Micromorphology, Medicinal plant.

Capsella bursa-pastoris (L.) Medik'in (Brassicaceae) Anatomik ve Mikromorfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma

Öz

Bu çalışmada, tıbbi bir bitki olan *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik'in anatomik özelliklerini ortaya konulması amaçlanmıştır. *C. bursa-pastoris* taksonuna ait örnekler Haziran 2018 tarihinde Tokat ve çevresinden toplanmıştır. Toplanan örnekler % 70 alkol içerisine yerleştirilmiş ve sabitlenmiştir. Anatomik araştırma için bitkinin kök, gövde ve yaprak sapından (petiyol) kesitler alınmıştır. Yaprakların hem enine hem de yüzeysel kesitleri elle alınmıştır. Bitkinin kök enine kesitinin en dış kısmındaki peridermis hücreleri 2-3 sıradır. Gövde kesitinde, kollenkima epidermisin hemen altında, 7-8 sıradan oluşan sürekli bir halka biçimindedir. Sklerenkima, intervasküler bir halka oluşturmaktadır. Yaprığın alt ve üst yüzeylerindeki epidermis hücreleri tek sıra halindedir. Yapraklar bifasial tiptedir. Palizat parankima hücreleri 1-2 sıradır. Sünger parankiması 3-4 tabakalıdır. *C. bursa-pastoris*'in yaprağının alt yüzeydeki epidermal hücre kenarları, üst yüzey hücre kenarlarına göre daha dalgalıdır. Stomalar anizositiktir. Taksonun petiyol orta damar bölgesindeki vasküler demet büyük olup vasküler demet sayısı 4-5'dir. Vasküler demetler sklerenkimatik bir kınla çevrelenmiştir. Petiyol epidermisi tek tabakalı olup kutikula tabakası bulunmaktadır. Taksonun meyvesi kalp şeklinde olup striate (çizgili) desenlidir. Tohum şekli eliptik, çizgili şekilli, hücre şeklinde, hücre duvarı kalınlaşması çok belirgindir. Süslemeler retikülate (ağsı)'dır. Yaprak abaksiyal ve adaksiyal yüzeyinde vaks gözlenmiştir. Korolla yüzeyi çok yoğun boyuna kutikular kıvrımlar göstermektedir. Sepal yüzeyde bol miktarda yelken papilla bulunmaktadır. Sonuç olarak, *C. pastoris*'in kök, gövde, yaprak anatomik özellikleri ile meyve, tohum, yaprak, sepal ve petal mikromorfolojik özellikleri ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Capsella bursa-pastoris*, Anatomi, Mikromorfoloji, Tıbbi bitki.

¹<https://orcid.org/0000-0002-2878-1721>

²<https://orcid.org/0000-0002-8967-7290>

1. Introduction

The family Brassicaceae (Cruciferae) contains 365 genera and 3250 species worldwide and contains many economically important taxa. About 61 genera, 653 species, 39 subspecies, was equipped with 18 varieties in Turkey (Mutlu and Karakus 2015; Karaismailoğlu, 2016). Two species belonging to *Capsella* were distributed in Turkey. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. was used in traditional medicine for many different purposes. For example, fruits and leaves of taxa were utilized to lower kidney stones, in Iran (Delfan et al., 2015). From this plant were benefited as diuretics and nosebleed in Turkey (Güler et al., 2016). It also shows antimicrobial, antioxidant, reproductive, anti-inflammatory, anticancer, hepatoprotective, cardiovascular, sedative and other pharmacological effects. It is very rich in chemical content. *C. bursa-pastoris* contains flavonoid, polypeptide, choline, acetylcholine, histamine, tyramine, fatty acid, sterol, organic acid amino acid, sulforaphane, trace elements, vitamins and many different compounds (Al-Snafi, 2015).

Anatomical and micromorphological studies were used to unravel some taxonomic problems. Anatomical and micromorphological features were distinctive especially in cases where morphological findings are insufficient (Yiğit, 2017). In this study, it was aimed to determine the anatomical and micromorphological features of *C. bursa-pastoris* plant which is ethnobotanical and medically important. The results of our study will help the studies on this taxon. About the last status of my manuscript

2. Materials and Methods

Samples of *Capsella bursa-pastoris* plant, which constitute the research subject, were collected from Tokat province and its environs in June 2018. The specimens were identified according to "The Flora of Turkey" (Davis; 1965) then these were placed in 70% alcohol and fixed. Root, stem, petiole of the plant was transversal section -sectioned for anatomical research. Both transversal section and superficial sections of the leaves were taken by hand. The sections were made into a permanent preparation using the glycerin-gelatin method (Vardar, 1997). The preparations were examined with a Zeiss Axio Lab A1 microscope and Zeiss Axiocam 105 imaging system (Table 3.2). Photographs were taken from these preparations. In addition, cells of various tissue types seen in the prepared sections were measured. The averages were based on 30 measurements. Materials and methodology used in the conducting of the research need to be described in detail in this section.

3. Findings and Discussion

Periderm cells in the outermost part of the root transversal section section of the plant were in 2-3 row. The cortex parenchyma was consisted of cells There were gaps between these cells. In the central cylinder of the root, xylem was located (Table 1, figure 1A). There is no study in the literature on the root anatomy of the plant.

In the stem transversal section section, the outermost single-row epidermis cells were circular-rectangular, thick-walled. Just below the epidermis layer, there was a continuous ring-shaped collenchyma layer of 7-8 rows. The cortex was very narrow and consisted of oval or polygonal cells and several layered. Sclerenchyma cells form an intervascular ring. The vascular bundles formed two rings. Large vascular bundles were closer to the pith. Kyslychenko et al. (2016) stated that large vascular bundles were located towards the pith. Xylem consisted of thick-walled trachea. The phloem was prominent around the sclerenchyma. Sclerenchyma cells seen from phloem. Parenchyma cells occurred the pith and circular or oval shaped. (Table 1, figure 1B).

The upper and lower surface of the leaf was surrounded by a single-row layer of the epidermis. Epidermis cells on both surfaces were rectangular or irregular in shape. Leaves were bifacial type. Trichomes were observed on the abaxial epidermis. Stellate hairs were present on the lower epidermis. Mesophyll differentiated. The leaf of the taxon was bifacial (dorsiventrals). The palisade parenchyma was 1-2 layered. (Table 1, figure 1C). In *Ricotia* species (Brassicaceae) mesophyll was bifacial and equivalent (Selvi and Paksoy, 2013). According to the light microscope images of the superficial sections taken from the leaves of *C. bursa-pastoris* plant, the epidermal walls were flat on the abaxial surface of the leaf (Table 1, figure 1D) and the epidermal cells on the lower surface were highly wavy. It was surrounded by the sclerenchyma ring of the vascular bundles. Stomata were anisocytic (Table 1, figure 1E). Metcalfe and Chalk (1957) stated that the presence of sclerenchymatic cells around vascular bundles of leaves, epidermal cell type, and stomata type are characteristic of Brassicaceae family.

In the transversal section section of the petiole, epidermis was single layered and cuticle was present on surfaces. Cortex cells consisted of orbicular parenchymatic cells, was intercellular space between them. The middle vessel region was wide. The vascular bundles were large in the middle vessel region, the number of bundles was 4-5, surrounded by a sclerenchymatic scabbard (Table 1, figure 1F).

Table 1. Anatomical measurements of *Capsella bursa-pastoris* (Mean values of the measurement)

		Width (μm) \pm Standard error	Length (μm) \pm Standard error
Root	Periderm	0.50 \pm 2.60	0.54 \pm 2.81
	Diameter of cortex cells	0.77 \pm 4.12	
	Diameter of trachea	0.78 \pm 4.18	
Stem	Epidermis cells	12.24 \pm 3.64	12.60 \pm 2.70
	Cuticle	6.32 \pm 1.05	
	Diameter of collenchyma cells	8.75 \pm 1.86	
	Diameter of cortex cells	17.98 \pm 4.13	
	Diameter of pith cells	36.24 \pm 9.99	
	Diameter sclerenchyma cells	10.73 \pm 2.03	
Leaf	Diameter of trachea	19.81 \pm 6.72	
	Upper epidermis	28.49 \pm 12.45	94.74 \pm 63.33
	Lower epidermis	22.05 \pm 6.11	28.14 \pm 12.76
	Palisade parenchyma	21.89 \pm 3.88	28.62 \pm 5.40
	Spongy parenchyma	8.13 \pm 2.79	
	Diameter of trachea	8.47 \pm 1.57	
	Sclerenchyma cells	19.54 \pm 7.07	
Petiole	Epidermis cells	20.23 \pm 4.49	22.362 \pm 6.32
	Cuticle	8.55 \pm 1.94	
	Parenchyma cells	65.60 \pm 15.71	
	Diameter of trachea	11.54 \pm 2.42	
	Diameter of sclerenchyma cells	8.16 \pm 1.87	

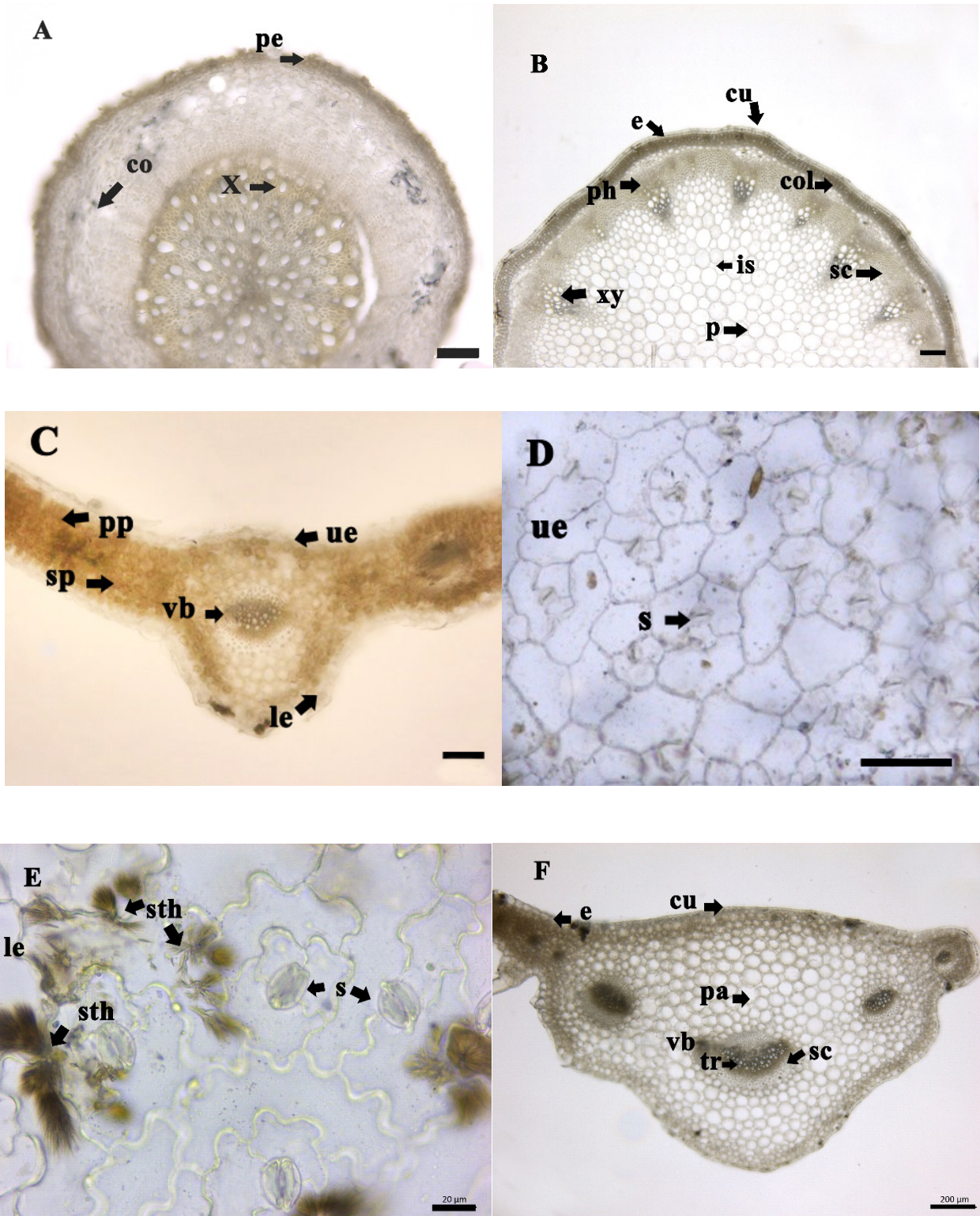


Figure 1. Transversal section and surface section of *C. bursa-pastoris* (A–F), A root, B stem, C cross-section of the leaf, D leaf surface (upper surface), E leaf surface (lower surface), F petiole. pe periderm, co cortex, ph phloem, xy xylem, e epidermis, p pith, pa parenchyma, co cortex, cu cuticle, col collenchyma, sc sclerenchyma, is intercellular space, xy xylem, ue upper epidermis, le lower epidermis pp palisade tr trachea parenchyma, sp sponge parenchyma, vb vascular bundle, s stomata, sth stellate hair, vb vascular bundle (Scala bar 100 μ m)

The fruit of *Capsella bursa-pastoris* taxon was heart shaped (cordate) and green in color. The surface had abundant veins and stomata. Ornamentation was striate (Table 2, figure 2 G-H). The seeds

of were *C. bursa-pastoris* elliptical and slightly flattened. The epidermal cells were square or rectangular in shape, the anticline cell wall was very thick. The cells surface was striate-undulate (Table 2, figure 2 I-J). The seed surface had reticulate ornamentation. Karaismailoğlu (2019) identified the surface ornamentation as tuberculate-reticulate in *C. bursa-pastoris* seed. Satil et al. (2018) stated that the surface ornaments of some species belonging to the genus *Chorispora* (Brassicaceae) were irregular reticulate. According to SEM images taken from the leaves of *C. bursa-pastoris* plant, the epidermis cells on the lower of the leaf had wavy walls, they didn't have a certain shape and dense wax formation was observed on the surface. Cell edges were threaded. The periclinal wall on the lower surface of the leaf was sulcate, occasionally thickening occurs on the anticline walls (Table 2, figure 2 K-L).

Table 2. The micromorphological measurements of *Capsella bursa-pastoris*

	Shape	Ornamentati	Cell shape	Thickness of anticlinal walls	Vax	Cell edge	Stomata
Fruit	Cordate	Striate	Not evident	Not evident	Many	Not evident	Available
Seed	Elliptic	Reticulate	Square or rectangular	Very evident	Unavailable	Undulate	Unavailable
Leaf upper epidermis		Undulate	Not evident	Unavailable	Powerful	Undulate	Available
Leaf lower epidermis		Undulate	Not evident	Not evident	Many	Threaded	Available

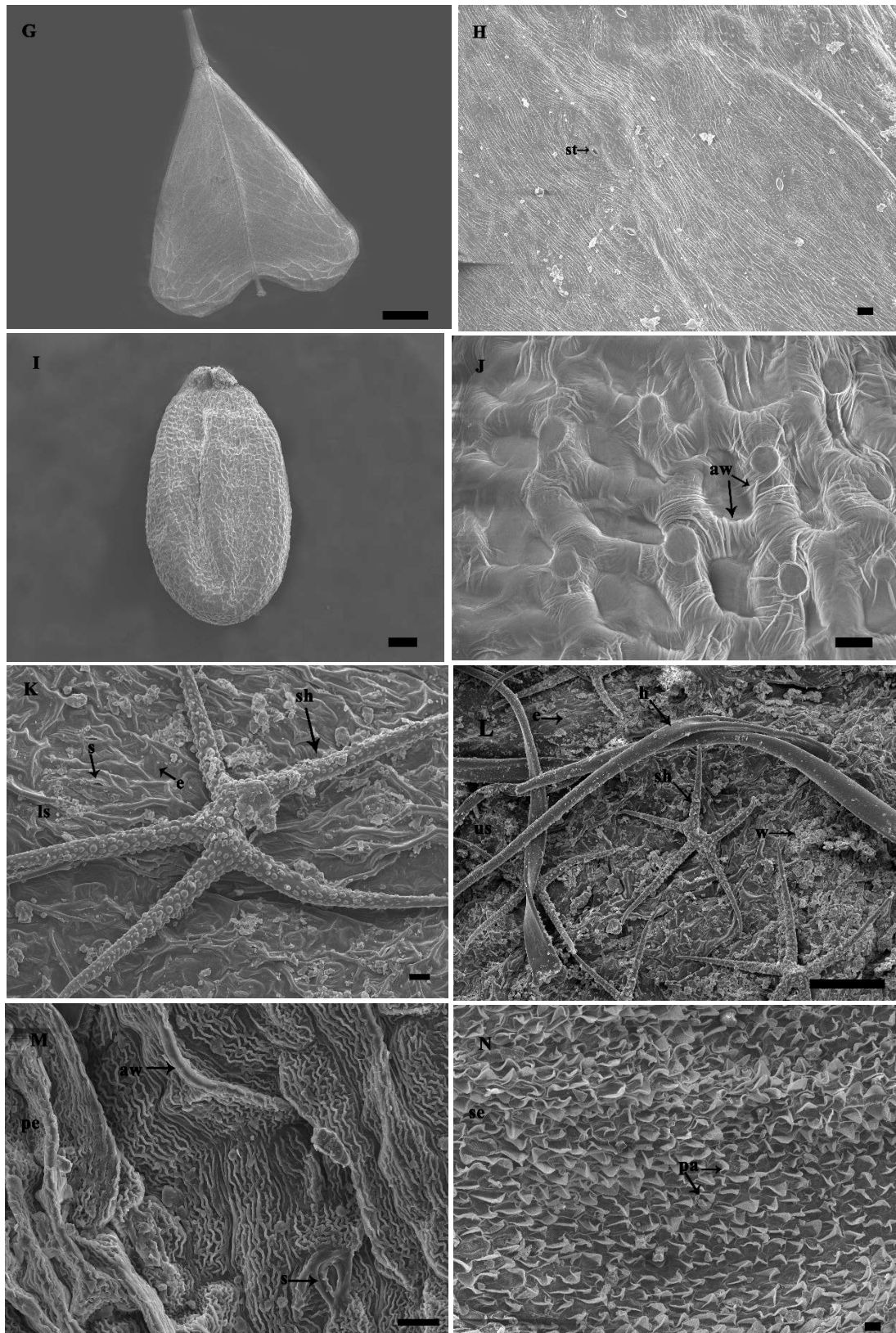


Figure 2. Micromorphology of *C. bursa-pastoris* SEM, (G-H) fruit s stomata (I-J) seed anticlinal cell wall, (K) leaf lower surface (ls) e epidermis s stomata sh stellate hair, (L) leaf upper surface (us) e epidermis h hair w wax, (M) petal surface aw anticlinal cell wall (N) sepal surface pa papilla (Scala bar 100 μ m)

Surface ornamentation was undulate, stomata were available and stellate trichomes were available. On these hairs, tuberculate ornamentation was seen. The other trichome was pusticulate. The epidermal cells of the abaxial surfaces didn't have a specific shape. Thickening of cell walls was not apparent. Again, there were stellate trichomes on the abaxial surface of the leaf as on the lower surface. The stomata were located higher than the epidermal cells. The dorsal walls of the stomata were thicker. The ornamentation on the abaxial surface of the leaf was undulate (Table 2, figure 2 M).

Corolla surface showed very intense longitudinal cuticular folds. Due to these folds, cell shapes were not clear. The anticlinal walls collateral to the long axis were very thick. Stomata were found on the petal surface and the outer walls of these stomata were thickened. Surface ornamentation was striate. Since the calyx surface consists of abundant sail-shaped papillae, surface cell shapes were not certain. Striate ornaments were observed on the papillae (Table 2, figure 2 N).

4. Conclusions and Recommendations

In this study, anatomical and micromorphological features of *C. bursa-pastoris* species were investigated in detail. The plant had secondary root structure. The cortex region of the root was remarkably wide. No study had been found about the root anatomy of the plant in literature. Metcalfe and Chalk (1957) investigated the general anatomical characters of the Brassicaceae family. In their study, they revealed that the types of stoma were anisocytic, and vascular bundles in the stems were surrounded by sclerenchyma cells. These two features are common to all members of the family. In our studies, stoma types were determined as anisocytic. The leaf of the taxon was bifacial (dorsiventrals). Stellate trichome on the lower and upper surface was noticeable. Vascular bundles of petiole were great in the middle of the vessel, the number of bundle was 4-5 and was surrounded by sclerenchymatous scabbard.

Fruit surface patterning was striate according to SEM images. Stomata were located on the surface. The seed surface had reticulate ornamentation. Abundant wax formed on the abaxial surface of the leaf. The anticlinal walls that collateral to the long axis were thickened in the petal. Sepal surface had plenty of sail-shaped papillae.

Consequently, features such as the presence of sclerenchyma, collenchyma, and hairs, their location, the structure of the leaf and the type of stoma, the structure of the petiole, and the number of conduction bundles were characteristic. In addition, the ornaments of the fruit, seed, leaf sepal, and petal surface were peculiar to species. We believe that these results will be a source for future studies.

References

- Al-Snafi, A. E. (2015). The Chemical Constituents and Pharmacological Effects of *Capsella bursa-pastoris* a review. *International Journal of Pharmacology and Toxicology*, 5(2), 76-81.
- Davis, P.H. (1965). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, 1, 343-344.
- Delfan, B., Baharvand-Ahmadi, B., Bahmani, M., Mohseni, N., Saki, K., Rafieian-Kopaei, M., Shahsavari, S., Naghdi, N., Taherikalani, M., Ghafourian, S. (2015). An Ethnobotanical Study of Medicinal Plants Used in Treatment of Kidney Stones and Kidney Pain in Lorestan Province Iran. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 8, 4.
- Güler, B., Kümüştekin, G., Uğurlu, E. (2016). Contribution to the Traditional Uses of Medicinal Plants of Turgutlu (Manisa – Turkey). *Journal of Ethnopharmacology*, 176, 102–108.
- Karaismailoğlu, M. C. (2016). Addition to Characters of Endemic *Aubrieta canescens* subsp. *canescens* Bornm. (Brassicaceae) From Turkey. *Bangladesh Journal of Botany*, 45(3), 509-515.
- Karaismailoğlu, M. C. (2019). Notes on the Taxonomical, Morphological and Mucilage Features of *Capsella bursa-pastoris* Medik. and *Capsella rubella* Reuter Taxa (Brassicaceae). *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, Vol: 20 Issue: 1.
- Kyslychenko, V. S., Kuznietsova V. Y., Kolisnyk Y. S., Sushchuk, N. A. (2016). The Anatomical Study of Shepherd's Purse Herb. *News of Pharmacy*, 3(87).
- Metcalf, CR., Chalk, L. (1950). *Anatomy of the Dicotyledons*. London: Oxford Univ. Press, Vol. 2, pp: 1041-1051.
- Metcalf CR, Chalk L 1957. *Anatomy of The Dicotyledons (Leaves, Stem and Wood in Relation to Taxonomy with Notes on Economic Uses)*. Oxford University Press, Amen House, London 1, 79-87.
- Mutlu B., Karakus, S. (2015). A New Species of *Sisymbrium* (Brassicaceae) from Turkey: Morphological and Molecular Evidence. *Turkish Journal of Botany* 39: 325-333.
- Satil, F., Kaya, A., Ünal, M. (2018). Fruit, Seed and Pollen Morphology of *Chorispora* Dc. Species (Brassicaceae) of Turkey. *Bangladesh Journal of Botany* 47(3), 459-466.
- Selvi, S., Paksoy., M. E. (2013). Comparative Anatomy of Stem and Leaf of *Ricotia* L. Growing in Turkey. *Bangladesh Journal of Botany* 42(1): 123-130.
- Vardar, Y. (1987). *Botanikte Preparasyon Teknikleri*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Baskı İşleri, İzmir, No 1.
- Yigit, N. (2016). *Micromorphological Studies on Plants and Their Importance, (Developments in Science and Engineering*, R. Efe., L. Matchavariani., A. Yaldir., L. Levai (Ed.). 113-124

***Klebsiella* spp.'ye Karşı Bazı Antibiyotiklerin Aktivitelerinin Box-Behnken Modeli Kullanılarak İstatistiksel Optimizasyonu**

Hatice Aysun MERCİMEK TAKCI^{1*}, Pemra BAKIRHAN², Hüseyin KAYRAN³, Kardelen BÜLBÜL⁴

^{1,3}Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Kilis, Türkiye

²Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Kilis, Türkiye

⁴Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi Çiftlikköy Kampüsü 33343 Yenişehir, Mersin

Geliş Tarihi: 23.01.2020

Kabul Tarihi: 29.05.2020

*Sorumlu Yazar: mersimek@hotmail.com

Öz

Eritromisin (15 µg/disk), kloramfenikol (30 µg/disk), streptomisin (10 µg/disk) ve tetrasiklin (30 µg/disk) standart antibiyotiklerinin *Klebsiella* spp.'ye karşı antibakteriyel aktivitelerinin artırılması için inkübasyon sıcaklığı (25-49°C), besiyeri başlangıç pH'sı (5-10) ve inkübasyon süresi (6-24 saat) bağımsız değişkenlerinin etkisi Box Behnken deney tasarım modeli kullanılarak optimize edilmiştir. Antibakteriyel aktiviteler Kirby-Bauer disk difüzyon metoduna göre analiz edilmiştir. Eritromisin ve streptomisin standart antibiyotikleri için, inkübasyon sıcaklığı, pH ve inkübasyon süresi değişkenleri ile ajanların etki mekanizmaları arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur. İnkübasyon sıcaklığının 25°C'den 49°C'ye; besiyeri pH'sının 5'den 10'a ve inkübasyon süresinin 6 saatten 24 saate artışının suş üzerindeki antibakteriyel aktivitenin artmasına sebep olduğu saptanmıştır. Eritromisin için en yüksek aktivite 22.50 mm inhibisyon zonu çapı ile 49°C; pH 7.5 ve 6 saat; 25°C; pH 10.00 ve 15 saatte belirlenmiştir. Streptomisin için ise 25°C; pH 10.00 ve 15 saatte en yüksek inhibisyon zonu 27.00 mm olarak kaydedilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, eritromisin ve streptomisin aktivitelerinin artırılmasında model istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ($p < 0.05$), kloramfenikol ve tetrasiklin antibiyotikleri için istatistiksel açıdan anlamsız ($p > 0.05$) bulunmuştur. Streptomisin aktivitesi üzerinde inkübasyon sıcaklığının etkisi, eritromisin üzerinde ise inkübasyon süresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her iki antibiyotüğün aktivitesi üzerinde inkübasyon sıcaklığı ve pH faktörlerinin etkileşimlerinin önemli olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yüzey yanıt metodu, *Klebsiella* spp., antibiyotikler.

Statistical Optimization of Activities of Some Antibiotics to *Klebsiella* spp. by Using Box-Behnken Design

Abstract

Effects of incubation temperature (25-49°C), initiation pH of media (5-10) and incubation time (6-24 h) independent variables for enhancing antibacterial activities of erythromycin (15 µg/disc), chloramphenicol (30 µg/disc), streptomycin (10 µg/disc) and tetracycline (30 µg/disc) standard antibiotics on *Klebsiella* spp. were optimized by using Box Behnken design model. Antibacterial analyses were performed by Kirby-Bauer disc diffusion method. A positive correlation was found between antibacterial activity and tested independent variables for erythromycin and streptomycin antibiotics. The increases of incubation temperature, pH and incubation time in the analyzed model were caused to the increase in antibacterial activity against *Klebsiella* spp. The highest activity for erythromycin was 22.50 mm. This activity was observed in two different optimization testing (at 49°C; pH 7.5 and 6 h; 25°C; pH 10.00 and 15 h). The highest activity (27.00 mm) for streptomycin was recorded at 25°C; pH 10.00 and 15 h. According to variance analyses, this model was statistically significant in enhancing activities of erythromycin and streptomycin ($p < 0.05$), but statistically insignificant for chloramphenicol and tetracycline. The effect of incubation temperature on streptomycin activity and incubation time on erythromycin activity was statistically significant found ($p > 0.05$). The interactions of incubation temperature and pH factors on activity of both antibiotics were detected to be statistically significant.

Keywords: Response surface method, *Klebsiella* spp., Antibiotics.

¹<https://orcid.org/0000-0002-5394-4959>

²<https://orcid.org/0000-0003-4172-0648>

³<https://orcid.org/0000-0002-9344-0296>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-5650-5604>

1. Giriş

Antibiyotikler, bakterilerin neden olduğu enfeksiyon hastalıklarına karşı savaşta kritik öneme sahip ilaçlardır (Odonkor ve Addo, 2011). Bu hastalıkları tedavi etmek için antibiyotiklerin 70 yılı aşkın kullanımı ve enfeksiyonların prevalansındaki dramatik artış patojenlerin çoklu ve genişlemiş ilaç direncine neden olmaktadır (Navon-Venezia ve ark., 2017). Bununla birlikte, antibiyotik ilaç terapisine karşı direnç gösteren hastalık sebebi bakteriler gün geçtikçe artan sağlık problemlerine neden olmaktadır. Yara enfeksiyonu, bel soğukluğu, verem, zatürre, septisemi ve çocuklarda görülen kulak hastalıkları antibiyotiklerle tedavi edilmesi oldukça zorlaşan hastalıklarından sadece bir kaçıdır (Odonkor ve Addo, 2011). Antibiyotik dirençliliği bir mültifaktöriyel kompleks prostestir (Navon-Venezia ve ark., 2017). Bir taraftan yeni ilaç geliştirilme çalışmaları sürerken, diğer taraftan bu ilaçlara karşı bakterilerin hızlıca direnç göstermesi antibiyotiklerle tedaviyi zorlaştırmaktadır. Antibiyotiklere karşı direnç mekanizmasının başlıca 4 tipi söz konusudur: 1. Doğal direnç, 2. Geliştirilmiş direnç, 3. Çapraz direnç, 4. Çoklu ilaç direnci ve kolistin (polimiksin E) direnci (Cesur ve Demiröz, 2013).

Dış membran yapısının ve periplazmik beta-laktamazlar gibi savunma mekanizmalarının varlığından dolayı Gram-negatif bakteriler Gram-pozitiflere göre antimikrobiyal ajanlara karşı daha dirençlidir. Antibiyotik dirençli Gram-negatif bakterilerce gelişen enfeksiyonlar, yüksek ölüm oranları, uzayan hastane tedavisi ve fiyatları ile ilişkilendirilmektedir. *Enterobacteriaceae* ailesine ait Gram-negatif bakteriler normal intestinal floranın üyesi ve ayrıca klinik pratiklerde en çok karşılaşılan patojenler arasındadır (Ruh ve ark., 2016). Gram-negatif bakteriler arasında hastane enfeksiyonlarının en önemli sebeplerinden biri *Klebsiella* spp. suşlarıdır. Basil şekilli, aerobik ve fakültatif anaerobik, hareketsiz, nitrat pozitif ve mukoid koloni gösteren bu suşlar, idrar yolu enfeksiyonları, zatürre, septisemi, yara ve kan dolaşımı gibi en genel hastane enfeksiyonlarının sebebidir (Babakhani ve ark., 2015; Khaertynov ve ark., 2018).

Bu çalışmada, protein sentezinde etkili eritromisin (15 µg/disk), kloramfenikol (30 µg/disk), streptomisin (10 µg/disk) ve tetrasiklin (30 µg/disk) standart antibiyotiklerinin Kilis ili Devlet Hastanesi Mikrobiyoloji Biriminden temin edilen klinik izolat *Klebsiella* spp. suşuna karşı gösterdiği antibakteriyel aktivite üzerinde sıcaklık, zaman ve pH parametrelerinin etkileri yanıt yüzey metodolojisinin Box Behnken deney tasarım modeli kullanılarak optimize edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Kilis ili Devlet Hastanesine muayene için gelen hastanın idrarından örnek alınıp Eosin Metylen Blue (EMB) agardaki koloni morfolojisine göre tiplendirilen *Klebsiella* spp. suşunun

laboratuvarımızda Gr boyanma, indol, metil kırmızısı, Voges Proskauer ve sitrat testlerindeki davranışlarına göre tanımlanması yapılmıştır.

Yüzey yanıt metodolojisinin Box Behnken deney tasarım modeli kullanılarak *Klebsiella* spp. suşunun antibiyotik direnç/hassasiyet genlerinin ekspresyonu üzerinde sıcaklık, pH ve zaman parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Bu modele göre belirtilen pH aralıklarında hazırlanan Luria-Bertani (LB) broth besiyerlerinde, Tablo 1’de verilen sıcaklık ve zaman koşullarında geliştirilen kültürlerin yoğunluğu fizyolojik tuzlu su (%0.9 NaCl) ile 0.5 MacFarland standart bulanıklığına göre ayarlanmıştır.

Standart bulanıklığa ayarlanan *Klebsiella* spp. suşu steril eküvyon çubukları ile Mueller Hinton Agar (MHA) besi yerine inoküle edilmiştir. Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi kullanılarak antibakteriyel analizler sürdürülmüştür. Besiyerine inokülasyonu takiben eritromisin (15 µg/disk), kloramfenikol (30 µg/disk), streptomisin (10 µg/disk) ve tetrasiklin (30 µg/disk) antibiyotik diskleri eşit aralıklarla yerleştirilmiştir. İnkübasyon süresini takiben disklerin etrafında bakterilerin üremediği şeffaf zonların varlığı incelenmiştir.

Avrupa Antimikrobiyal Duyarlılık Testi Komitesi (EUCAST) tarafından ifade edilen hassasiyet/direnç zon çaplarına göre kullanılan antibiyotiklerin söz konusu klinik izolat üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Tüm antibakteriyel analizler üç tekrarlı yürütülmüştür.

Box-Behnken deney modeli, 2 seviyeli 3 faktöriyelik tasarımda tüm değişkenlerin (X1, X2 ve X3) orta değerlerinin alındığı merkez noktada toplamda 14 adet deney noktası içermektedir. 3 adet bağımsız (sıcaklık, pH ve inkübasyon süresi) değişkenin belirlendiği modelde tüm analizler 3 tekrarlı yürütülmüştür (Tablo 1).

Tablo 1. Antimikrobiyal çalışmada incelenen parametrelerin seviye değerleri

Seviye No	Sıcaklık (°C)	pH	Zaman (saat)
-1	25	5.00	6.00
0	37	7.50	15.00
1	49	10.00	24.00

Tablo 2’de verilen deney planına göre üç bağımsız değişkenin incelendiği 2 dereceden yanıt yüzey modelinde polinomal denklem kullanılarak her bir faktör değerlendirilmiştir. Modele ilişkin eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_i \times X_i + \sum_{i=1}^N \beta_{ii} \times X_i^2 + \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \beta_{ij} \times X_{ij}$$

Buna göre Y sistemin cevabı, N değişken sayısı (N=3), X_i ve X_{ij} bağımsız değişken, β_0 , β_i , β_{ii} ve β_{ij} sabit ve modelin regresyon katsayısını ifade etmektedir. Veri analizleri için “Design Expert statistical software” (Design Expert 8.0.7) kullanılmıştır. Modelin uyumluluğu kuadratik model varyans analizi (ANOVA) ile test edilmiştir.

Tablo 2. Üç bağımsız değişken için Box-Behnken deneme planı, 3 merkez noktalı (4, 11 ve 13) 14 deney

Deney No	X_1 (SICAKLIK)	X_2 (pH)	X_3 (inkübasyon süresi)
1	-1	1	0
2	1	0	-1
3	1	-1	0
4	0	0	0
5	0	1	1
6	0	-1	-1
7	0	-1	1
8	-1	0	-1
9	1	0	1
10	0	1	-1
11	0	0	0
12	-1	0	1
13	0	0	0
14	-1	1	0

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı etki mekanizmalarına sahip eritromisin (15 μ g/disk), kloramfenikol (30 μ g/disk), streptomisin (10 μ g/disk) ve tetrasiklin (30 μ g/disk) standart antibiyotikleri bakterilerde protein sentezini inhibe ederek doza bağımlı statik/sidal etki göstermektedir. Box Behnken deneme planı ile elde edilen *Klebsiella* spp. suşunun eritromisin ve streptomisine karşı gösterdiği dirençlilik/hassasiyete yönelik deneysel değerler ve tahmin edilen değerler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. *Klebsiella* spp. suşunun eritromisin ve streptomisine karşı gösterdiği dirençlilik/hassasiyetin deneysel ve tahmin edilen değerleri

Deneme no	Sıcaklık (°C)	pH	İnkübasyon süresi (saat)	Dirençlilik/Hassasiyet Zon çapı (mm)			
				Eritromisin		Streptomisin	
				Deneysel	Tahmin Edilen	Deneysel	Tahmin Edilen
1	49.00	7.50	6.00	22.50	20.64	27.00	26.86
2	37.00	7.50	15.00	11.00	11.02	21.50	21.63
3	25.00	10.00	15.00	22.50	22.71	22.50	22.71
4	37.00	7.50	15.00	17.50	16.33	20.00	19.33
5	37.00	10.00	6.00	18.00	18.23	21.00	20.99
6	37.00	5.00	24.00	12.50	12.27	18.50	18.51
7	49.00	7.50	24.00	17.50	17.52	20.00	20.13
8	49.00	5.00	15.00	10.00	10.23	18.00	17.99
9	37.00	5.00	6.00	18.50	18.27	24.50	24.51
10	25.00	7.50	6.00	12.50	12.48	19.00	18.87
11	25.00	10.00	15.00	15.50	16.33	20.00	19.33
12	37.00	10.00	24.00	14.00	13.98	19.00	18.87
13	25.00	7.50	24.00	16.00	16.33	18.00	19.33
14	37.00	7.50	15.00	19.00	20.64	21.00	22.64

Antibiyotik dirençlilik/hassasiyetine yönelik üç bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koyan regresyon denklemi aşağıda gibi hesaplanmıştır.

$$Y_{eritromisin} = +16.33 + 1.27X_1 + 0.23X_2 + 0.275X_3 - 9.51X_1 * X_2 + 0.88X_1 * X_3 + 0.12X_2 * X_3 - 2.96X_1^2 - 1.21X_2^2$$

$$Y_{streptomisin} = +19.33 + 2.32X_1 + 0.30X_2 + 0.94X_3 - 3.80X_1 * X_2 + 0.50X_1 * X_3 + 0.12X_2 * X_3 + 1.42X_1^2 + 0.29X_2^2$$

Eritromisin ve streptomisin antibiyotiklerin etki mekanizmaları üzerinde etkisi incelenen bağımsız değişkenlerine yönelik regresyon eşitlikleri incelendiğinde, her iki standart antibiyotik için β_i , β_{ii} ve β_{ij} katsayılarının pozitif değerlere sahip olması, inkübasyon sıcaklığı, pH ve inkübasyon süresinin değişkenleri ile antibiyotiklerin etki mekanizmaları arasında pozitif bir korelasyon olduğu gözlenmektedir. İnkübasyon sıcaklığın 25°C'den 49°C'ye; besiyeri pH'sının 5'den 10'a ve inkübasyon süresinin 6 saatten 24 saate artışının standartların aktivitelerinin artmasına sebep olmaktadır. β_i katsayısı değerlerinin +1.27 ve 2.32 olması, her iki standartın test suşuna karşı aktivitesini etkileyen en önemli bağımsız değişkenin inkübasyon sıcaklığı olduğunu göstermektedir.

Regresyon sonucu elde edilen ikinci dereceden polinomial modelin uyumluluğu korelasyon katsayısı (R^2) ile test edilmiş olup; hesaplanan korelasyon katsayısı (R^2), eritromisin için 0.9565; streptomisin için ise 0.9071 olması söz konusu modelin, deneysel verileri ile tahmin edilen verilerin tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Eritromisin test suşuna karşı aktivite varyans analiz sonucu

	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kare ortalaması	F-değeri	P-değeri
Model	8	188.78	23.60	13.76	<0.0052
X₁	1	9.00	9.00	5.25	0.0706
X₂	1	0.30	0.30	0.18	0.6923
X₃	1	60.50	60.50	35.27	<0.0019
X₁X₂	1	76.00	76.00	44.30	<0.0012
X₁X₃	1	3.06	3.06	1.79	0.2391
X₂X₃	1	0.063	0.063	0.036	0.8561
X₁²	1	15.00	15.00	8.75	0.0316
X₂²	1	2.50	2.50	1.46	0.2811
X₃²	0	0.000			
Kalıntı	5	8.58	1.72		
Uyum eksikliği	2	0.29	0.14	0.052	0.9505
Net hata	3	8.29	2.76		

Tablo 4 ve 5'te test edilen her bir bağımsız değişkenin eritromisin ve streptomisin aktivitesi üzerindeki etkisi ANOVA varyans analizi ile belirlenmiş olup, her bir katsayının önemini gösteren P ve F değerleri verilmiştir.

Tablo 5. Streptomisin test suşuna karşı aktivite varyans analiz sonucu

	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kare ortalaması	F-değeri	P-değeri
Model	8	86.82	10.85	6.10	<0.0310
X₁	1	30.18	30.18	16.97	<0.0092
X₂	1	0.52	0.52	0.29	0.6133
X₃	1	7.03	7.03	3.95	0.1035
X₁X₂	1	12.11	12.11	6.81	<0.0477
X₁X₃	1	1.00	1.00	0.56	0.4872
X₂X₃	1	0.062	0.062	0.035	0.8587
X₁²	1	3.44	3.44	1.93	0.2230
X₂²	1	0.15	0.15	0.082	0.7861
X₃²	0	0.000			
Kalıntı	5	8.89	1.78		
Uyum eksikliği	2	0.10	0.051	0.018	0.9827
Net hata	3	8.79	2.93		

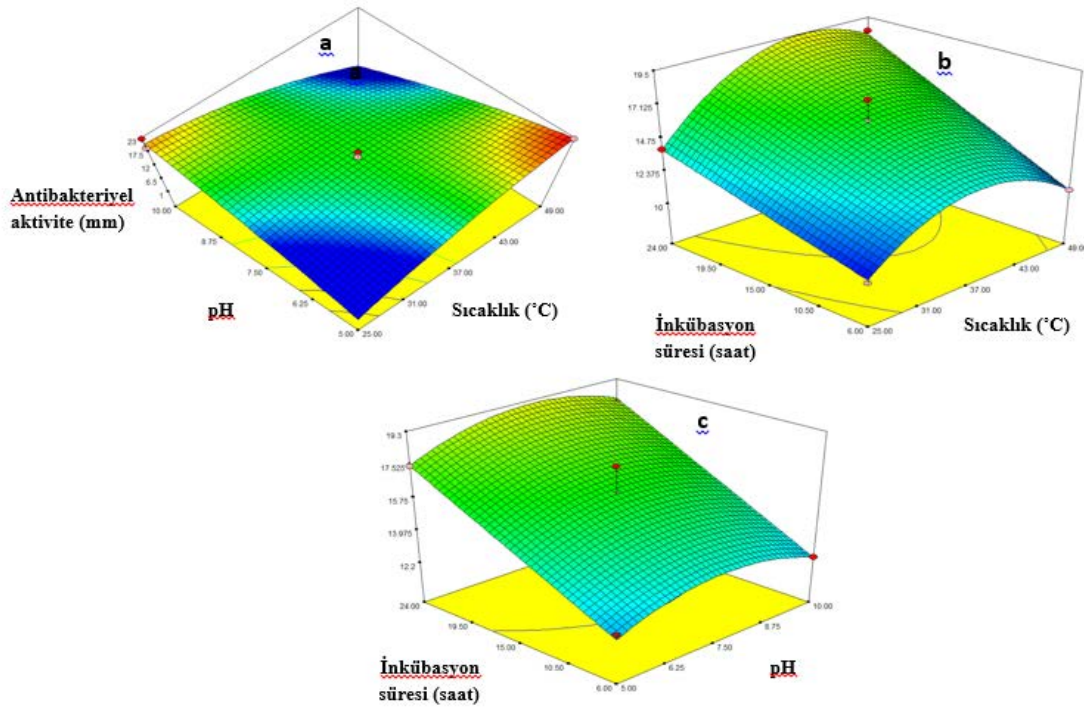
Antibakteriyel analizler için test edilen modelin P değerinin ($\text{prob} > f$) 0.05'ten küçük olması (0.0052) önerilen modelin, bağımsız değişkenler ile eritromisin aktivitesi arasındaki ilişkinin incelenmesi için istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir. Tablo 4'te P değerlerine bakıldığında, X₃ faktörünün yani inkübasyon süresinin eritromisin aktivitesi üzerinde etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır.

Antibakteriyel analizler için test edilen modelin P değerinin ($\text{prob}>f$) 0.05'ten küçük olması (0.0310) önerilen modelin, bağımsız değişkenler ile streptomisin aktivitesi arasındaki ilişkinin incelenmesi için istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Tablo 5'te P değerlerine bakıldığında, X_1 faktörünün yani inkübasyon sıcaklığının streptomisin aktivitesi üzerinde etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır.

Bağımsız değişkenlerin etkileşimleri incelendiğinde, inkübasyon sıcaklığı ve pH faktörlerinin eritromisin ve streptomisin aktivitesi üzerindeki etkisinin önemli olduğu Tablo 4 ve 5'te gözlenmektedir ($p<0.05$). Regresyon eşitliklerine bakıldığında bu iki bağımsız değişkenin negatif bir korelasyon ile etkileşim gösterdiği saptanmaktadır.

Kloramfenikol ve tetrasiklin antibiyotikleri için model sonuçları değerlendirildiğinde, korelasyon katsayısı (R^2) kloramfenikol için 0.7274; tetrasiklin için ise 0.8417'dir. Varyans analiz sonuçlarına göre her iki antibiyotik için modelin P değeri ($\text{prob}>f$) 0.05'ten büyüktür. Buna göre veriler istatistiksel olarak anlamsızdır. Antibiyotiklerin suş üzerindeki aktiviteleri ve test edilen bağımsız değişkenler arasında herhangi bir etkileşim söz konusu değildir.

Eritromisin antibiyotiğinin *Klebsiella spp.*'ye karşı gösterdiği antibakteriyel aktivite için çizdirilen üç boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Eritromisin aktivitesi analizinin yüzey yanıt grafiği

a) Sabit inkübasyon süresinde (15.00); pH ve inkübasyon sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

b) Sabit pH aralığında (7.50); inkübasyon süresi (saat) ve inkübasyon sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

c) Sabit inkübasyon sıcaklığında (37°C); inkübasyon süresi (saat) ve pH

Sabit inkübasyon süresinde (15.00 saat), pH ve inkübasyon sıcaklığı (°C) bağımsız değişkenlerinin etkisi incelendiğinde, pH 5.0'da sıcaklığın 25°C'den 49°C'ye yükselmesi eritromisin aktivitesini 1.15 mm zon çapından 22.71 mm'ye yükselttiği hesaplanmıştır. Ancak pH 10.00 iken, sıcaklık artışının aktiviteyi 20.64 mm'den 4.15 mm zon çapına kadar azalttığı belirlenmiştir. Optimizasyon besiyerinin başlangıç pH'sı ve inkübasyon sıcaklığındaki birlikte artış antibakteriyel aktivitenin azalmasına sebep olmaktadır. Bu etkileşim sonuçları regresyon denklemindeki negatif korelasyon sonucunu desteklemektedir.

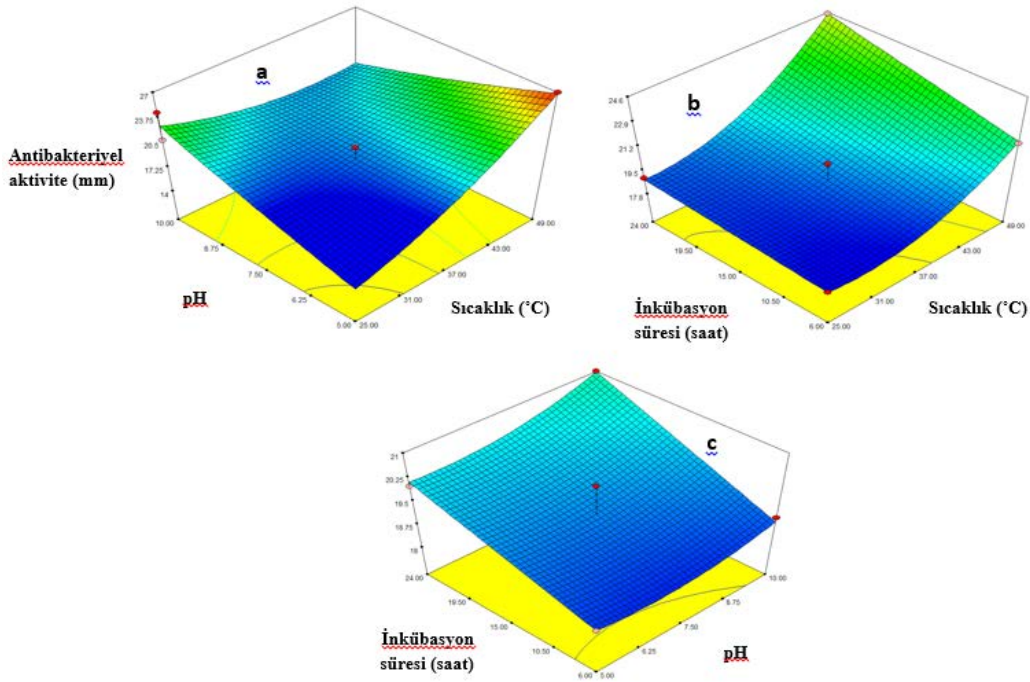
Şekil 1.b'de sabit pH (7.50) aralığında inkübasyon süresi ve inkübasyon sıcaklığının eritromisin aktivitesine etkileri incelendiği model grafiğinde inkübasyon sıcaklığı ve süresinin artmasına bağlı olarak *Klebsiella* spp.'ye karşı antibakteriyel aktivitenin arttığı gözlenmektedir. Sabit inkübasyon sıcaklığında ise (37°C) besiyerinin pH'sı arttıkça antibakteriyel aktivitenin de arttığı belirlenmiştir (Şekil 1.c). Yüzey yanıt grafiğine göre mm cinsinden eritromisin için belirlenen en yüksek antibakteriyel aktivite 22.50 mm inhibisyon zon çapı ile 15 saatlik sabit inkübasyon süresinde 25°C, pH 10 ve 49°C, pH 5.0 optimizasyon koşullarında rastlanmıştır. En düşük antibakteriyel aktivite ise 25°C, pH 7.50 ve 6 saatlik inkübasyon süresinde 10 mm inhibisyon zon çapı olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. *Enterobacteriaceae* için EUCAST referans değerleri

	Duyarlılık (S)	Orta dirençli (I)	Dirençlilik (R)
Eritromisin (15 µg/disk)	≥23	14-22	≤13
Kloramfenikol (30 µg/disk)	≥18	13-17	≤12
Streptomisin (10 µg/disk)	≥15	12-14	≤11
Tetrasiklin (30 µg/disk)	≥15	12-14	≤11

Yanıt yüzey grafiklerinden elde edilen veriler Tablo 6'daki EUCAST (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing) sınır değerlerine göre yorumlanmıştır. 6 saatlik sabit inkübasyon süresinde sıcaklık ve pH etkileşimine bağlı olarak 25°C'lik inkübasyon sıcaklığı ve besiyeri pH'sı 7.50 iken belirlenen dirençlilik (12.50 mm), sıcaklık 49°C'ye, pH ise 10.00'a arttıkça azalmış ve hassasiyetin başladığı gözlenmiştir. Bu optimizasyon koşullarında inhibisyon zon çapı 22.50 mm'ye kadar artmıştır. 37°C sabit inkübasyon sıcaklığında ise, pH ve inkübasyon süresinin etkileşimine bağlı olarak pH 7.50 ve inkübasyon süresi 15 saat iken en düşük inhibisyon zonu 11 mm olup dirençlilik olarak ifade edilmektedir. Tablo 3'te 37°C sabit inkübasyon sıcaklığındaki deneysel veriler incelendiğinde, inhibisyon zon çaplarının 11 ile 19 mm arasında değiştiği, dirençliliğin koşullara bağlı olarak azaldığı ve orta direncin olduğu belirlenmiştir.

Streptomisin antibiyotikinin *Klebsiella* spp.'ye karşı gösterdiği antibakteriyel aktivite için çizdirilen üç boyutlu yanıt yüzey grafikleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Streptomisin aktivitesi analizinin yüzey yanıt grafiği

- a) Sabit inkübasyon süresinde (15.00); pH ve inkübasyon sıcaklığı (°C)
 b) Sabit pH aralığında (7.50); inkübasyon süresi (saat) ve inkübasyon sıcaklığı (°C)
 c) Sabit inkübasyon sıcaklığında (37°C); inkübasyon süresi (saat) ve pH

Şekil 2.a'ya bakıldığında sabit inkübasyon süresinde (15.00 saat), pH ve inkübasyon sıcaklığı (°C) bağımsız değişkenlerinin etkisi incelendiğinde, pH 5'te sıcaklığın 25°C'den 49°C'ye artışı streptomisin aktivitesini 14.61'den 26.86 mm zon çapına kadar arttırdığı hesaplanmıştır. EUCAST sınır değerlerine göre *Klebsiella spp.*'nin streptomisine karşı gösterdiği orta direncin hassasiyete değiştiği ve streptomisin aktivitesinin arttığı saptanmıştır. Fakat besiyeri pH'sı 10.00 iken sıcaklıktaki artışın inhibisyonu 22.82 mm'den 19.86 mm zon çapına kadar azalttığı ortaya konmuştur. Streptomisin antibiyotiğine karşı hassasiyetin devam etmesine karşın inhibisyon zon çapının azaldığı gözlenmektedir. *Klebsiella spp.*'nin streptomisine karşı dirençlilik gösterdiği herhangi bir deneme planı koşuluna rastlanmamıştır. Tüm deneme planlarında hassasiyetlik belirlenmiş olup, en yüksek antibakteriyel aktiviteye 27 mm inhibisyon zon çapı besiyerinin pH'sı 7.50 iken 49°C'de 6 saatlik inkübasyon süresinde rastlanmıştır. Aynı koşullarda inkübasyon süresinin 24 saatte artışı inhibisyon çapının 27 mm'den 20.00 mm'ye kadar azaldığını göstermektedir.

Sabit inkübasyon süresi (15.00 saat) ve pH (7.50)'da eritromisin antibakteriyel aktivitesinin 25°C'de 12.17 mm; 37°C'de 16.33 mm; 49°C'de ise 14.64 mm olduğu belirlenmiştir. Eritromisine karşı düşük sıcaklıkta gözlenen direncin, sıcaklık yükseldikçe azaldığı belirlenmiştir. Sabit inkübasyon sıcaklığı (37°C) ve pH (7.50)'da 6 saatlik inkübasyon süresinde aktivite 13.58 mm'dir. İnkübasyon süresi arttıkça inhibisyon zonunun da arttığı tespit edilmiştir (15. saatte 16.33 mm; 24 saatte ise 19.08 mm). İnkübasyon süresindeki artış suşun antibiyotiğe karşı gösterdiği direnci azaltarak orta direnç göstermesine neden olmuştur. Sabit inkübasyon sıcaklığı (37°C) ve süresinde

(15 saat) pH'nın artışının aktivite üzerinde etkisi incelenmiştir. pH 5.0'da inhibisyon zonu 14.90 mm; pH 7.5'da 16.33 mm; pH 10.00'da 15.36 mm olarak kaydedilmiştir. İnkübasyon süresinin artışının antibiyotiğe maruz kalma süresine bağlı olarak suş üzerindeki antibakteriyel aktivitenin artmasına; pH'nın ise bakteri gelişimine etki ederek antibiyotiğe karşı direncin azalmasına sebep olduğu söylenebilmektedir.

Streptomisin için ise sabit inkübasyon süresi (15.00 saat) ve pH (7.50)'da sıcaklık arttıkça sırasıyla 18.42; 19.00 ve 23.07 mm inhibitör aktivite gözlenmiştir. Bu optimizasyon koşullarındaki inkübasyon sıcaklığı artışı, eritromisin antibiyotiğine oranla streptomisinin suş üzerindeki aktivitesine daha yüksek oranda etki göstermiştir. Sabit inkübasyon sıcaklığı (37°C) ve pH (7.50)'da inkübasyon süresinin 6 saatten 24 saate artışı inhibisyon zon çapını 18.39 mm'den 20.27 mm'ye arttırmıştır. Sabit inkübasyon sıcaklığı (37°C) ve süresinde (15 saat) pH'nın 5.0'dan 10.00'a artışı streptomisin aktivitesini 19.32-19.93 mm aralığında sınırlı kılmıştır.

Antibiyotiklerin aktiviteleri üzerinde farklı değişkenlerin etkisi pek çok çalışma tarafından rapor edilmiştir. De silva ve ark. (2018) inkübasyon sıcaklığın (28-37°C) bakterilerin antibiyotik dirençliliği üzerindeki etkisini incelemişlerdir. İnkübasyon sıcaklığındaki (28°C) farklılığın trimetoprim-sülfametoksazol karşı duyarlılığı arttırırken, aztreonama karşı ise azalttığını bildirmişlerdir. Bu çalışma sıcaklık parametresinin farklı antibiyotiklerin etki mekanizmaları üzerinde farklılıklar gösterebileceğine yönelik sonuçlarımızı desteklemektedir. Lin ve ark. (2017) antibiyotik dirençliliğinin temel rezervi olan çeşitli hayvan gübrelerini farklı sıcaklıkta inkübe ederek, sülfonamid dirençliliği üzerinde sıcaklığın etkisini incelemiştir. Domuz gübresinde sıcaklığın artışı (minimum 60°C) sülfonamid antibiyotiklerinin miktarında azalma, tavuk gübresinde ise 30°C'de yüksek oranda degradasyon gözlenmiştir. Farklı sıcaklık (10, 35 ve 55°C) ve başlangıç pH (5, 7, 9 ve 12)'lerinde gübrede antibiyotik dirençlilik genlerinin ekspresyon seviyesi araştırılmıştır. pH değişimi olmaksızın 55°C sıcaklıkta ve çevre sıcaklığında pH'nın 12'ye artışının ekspresyon seviyesinde azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir (Li ve ark., 2020).

Macfadden ve ark. (2018) *Klebsiella* spp.'ye karşı 20 farklı antibiyotiğin etkisini inceledikleri çalışmada, sonuçlarımızdan farklı olarak lokal sıcaklıktaki artışın antibiyotiklere karşı gözlenen dirençlilikte %2.2 ($p<0.0001$) artışa sebep olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer bir çalışmada, çevre sıcaklığındaki 10°C'lik bir artışla *K. pneumoniae* suşunun 3. kuşak sefalosporinlere karşı dirençliliğinde yılda %0.9 artış kaydedilmiştir ($p<0.01$) (McGough ve ark., 2018). *P.aeruginosa*'nın imipenem, meropenem ve biapeneme karşı dirençlilik gen bölgesi (PAO1) ekspresyon seviyesi üzerinde sıcaklık etkisi incelenmiştir (Wang ve ark., 2016). PAO1 gen bölgesinde dirençlilikten sorumlu genlerin 21°C'de 37°C'den daha yüksek ekspre edildiği ifade edilmiştir.

Farklı fiziksel ve kimyasal uyaranlara karşı meydana gelen mikrobiyal cevap metabolizma, gen ekspresyonu, dış membran yapısı, kemotaksis ve diğer genel adaptif cevaplarda varyasyonlara neden

olmaktadır. Bu sebeple, mikrobiyal cevap ve test edilen antibiyotiğin yapısına bağlı olarak antibiyotik dirençlilik üzerinde etkili parametrelere ilişkin farklı sonuçlar gözlenmektedir..

Bakterilerin çeşitli antibiyotiklere karşı intrinsik direncinin mekanizmalarından biri hücrel geçirimsizliktir. Bu geçirimsiz bariyeri azaltan kimyasal ajanlar çoğu antibiyotiğe karşı bakteriyel duyarlılığın artırılmasında önemli bir role sahiptir. Eritromisin ve streptomisin gibi antibiyotiklerin gram negatif bakterilerin dış membranına penetrasyonu oldukça zayıftır ve sonuç olarak bakteriler antibiyotiklere karşı yüksek seviyede dirençlilik göstermektedir (Saha ve ark., 2008). Bu sebeple çalışmamızda istatistiksel optimizasyon metodu kullanılarak antibiyotiklerin *Klebsiella* spp.'ye karşı gösterdiği antibakteriyel aktivitenin bağımsız değişkenler ile artırılması hedeflenmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Literatürde *Klebsiella* spp.'ye karşı etkili standart antibiyotiklerin aktivitelerinin artırılmasına ilişkin istatistiksel bir optimizasyon çalışması yer almamaktadır. Varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde, eritromisin ve streptomisin antibiyotiği için inkübasyon sıcaklığı, pH ve inkübasyon süresi bağımsız değişkenlerinin incelendiği model istatistiksel olarak anlamlı bulunurken; kloramfenikol ve tetrasiklin antibiyotikler için uygulanabilir bulunmamıştır. Antibiyotiklerin aktivitelerinin artırılması için farklı bağımsız değişkenler test edilmelidir. Elde edilen test sonuçlarının *in vivo* uygulanabilirliği de araştırılmalıdır.

Kaynaklar

- Babakhani, S., Shokri, S. and Baharvand M., (2015). Antibiotic resistance pattern of *Klebsiella pneumoniae* isolated from nosocomial infections in Aleshtar hospital, Lorestan province. Report of Health Care, 1(2), 55-59.
- Cesur, S., and Demiröz, A.P., (2013). Antibiotics and the Mechanisms of Resistance to Antibiotics. Medical Journal of Islamic World Academy of Sciences, 21(4), 138-142.
- De Silva, P.M., Chong, P., Fernando, D.M., Wesrmacott, G. and Kumar, A., (2018). Effect of incubation temperature on antibiotic resistance and virulence factors of *Acinetobacter baumannii* ATCC 17978. Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 62(1), 1-11.
- Khaertynov, K.S., Anokhin, V.A., Rizvanov, A.A., Davidyuk, Y.N., Semyenova, D.R., Lubin, S.A., and Skvortsova, N.N., (2018). Virulence Factors and Antibiotic Resistance of *Klebsiella pneumoniae* Strains Isolated From Neonates With Sepsis, Frontiers in Medicine, 5 Article number: 225, 1-9.
- Li, M.M., Ray, P., Knowlton, K.F., Pruden, A., Xia, K., Teets, C. and Dud, P. (2020). Fate of pirlimycin and antibiotic resistance genes in dairymanure slurries in response to temperature and pH adjustment. Science of the Total Environment, 710, 136310.
- Lin, H., Zhang, J., Chen, H., Wang, J., Sun, W., Zhnag, X., Yang, Y., Wang, Q. and Ma, J. (2017). Effect of temperature on sulfonamide antibiotics degradation, and on antibiotic resistance determinants and hosts in animal manures. Science of the Total Environment, 607-608, 725-732
- MacFadden, D., McCough, S., Fisman, D., Santillana, M. and Brownstein, J. (2018). Antibiotic resistance increases with local temperature. Nature Climate Change, 8(6), 510-514.
- McGough, S.F., MacFadden, D.R., Hattab, M.W., Mølbak, K. and Santillana, M. (2018). Rates of increase of antibiotic resistance and ambient temperature in Europe: a cross-national analysis of 28 countries between 2000-2016. BioRxiv 2018. 1-17.

- Navon-Venezia, S., Kondratyeva, K., and Carattoli, A., (2017). *Klebsiella pneumoniae*: a major worldwide source and shuttle for antibiotic resistance. FEMS Microbiology Reviews, 41, 252-275.
- Odonkor, S.T., and Addo, K.K., (2011). Bacteria Resistance to Antibiotics: Recent Trends and Challenges. International Journal of Biological and Medical Research, 2(4), 1204-1210.
- Ruh, E., Gazi, U., Güvenir, M., Süer, K. and Çakır, N., (2016). Antibiotic resistance rates of *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* and *Klebsiella pneumoniae* isolated from a university-affiliated hospital in North Cyprus. Turk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 73(4), 333-344.
- Saha, S., Savage, P.B., and Bal, M., (2008) Enhancement of the efficacy of erythromycin in multiple antibiotic-resistant gram-negative bacterial pathogens. The Society for Applied Microbiology, Journal of Applied Microbiology, 105, 822-828.
- Wang, B., Li, B., Liang, Y., Li, J., Gao, L., Chen, L., Duan, K. and Shen, L. (2016). Pleiotropic effects of temperature-regulated 2-OH-lauroyltransferase (PA0011) on *Pseudomonas aeruginosa* antibiotic resistance, virulence and type III secretion system, Microbial Pathogenesis, 91, 5-17.

Tüketicilerin Gıda Güvenliği Konusunda Bilinç ve Davranış Düzeylerinin Belirlenmesi: Denizli İli Örneği

İlyas ÇELİK^{1*}, Tansu ÇELİK²

^{1,2}Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye

Geliş Tarihi:23.01.2020

Kabul Tarihi:24.03.2020

*Sorumlu Yazar: ilyasc@pau.edu.tr

Öz

Gıdanın yeterli düzeyde sağlanabilmesi, güvenli gıdalar üretilmesi, üretilen gıdanın eşit bir şekilde paylaşılabilmesi gibi birçok faktör gıda güvenliği ve güvenliği ile ilgilidir. Bu çalışmanın temel amacı, Denizli ili merkezinde tüketicilerin gıda güvenliği konusundaki bilinç düzeylerini ve eğitimle ilişkilerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, Denizli kent merkezinde 402 tüketiciyle yüz yüze görüşme yöntemiyle uygulanan anketlerden elde edilen veriler χ^2 testi ile değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda gıda güvenliğinin kavram karşılığı olarak ilk aklına gelen %68 ile “hijyen” olmuştur. Tüketicilerin %37,6’sı taze gıdalar ile gıda dışı ürünleri aynı poşete koymadığı, %58,21’i gıda katkı maddelerinin kullanılma nedeninin gıdanın raf ömrünü uzatmak için olduğu, %55,47’si gıda içerisinde uygun olmayan bir durumla karşılaştıklarında aldığı yere ifade ettiklerini ifade etmişlerdir. Gıda riski oluşturan etmenlerin kaynağını belirlemede tüm katılımcıların en yüksek cevaplama oranının “kimyasal kaynaklı” olmuştur. Tüketicilerin bozulmuş ürünleri anlama ve imha etme yollarında “Ürünü açmadan son kullanma tarihine bakar, ayrı bir poşete koyar çöpe atarım” ile ön sırada yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Gıda güvenliği, Gıda güvenliği, Tüketici davranışları.

Determination Leves of Consumers’ Consciousness and Behavior on Food Safety: The Case of Denizli Province

Abstract

Many factors are related to food security and safety, such as adequate supply of food, the production of safe foods, and the equal sharing of produced food. The main purpose of this study is to determine the level of consciousness of consumers about food safety and their relationship with education in the center of Denizli. For this purpose, the results obtained from the questionnaires applied by face to face interview method with 402 consumers in Denizli city center were evaluated with χ^2 test. As a result of the research, the first thing that consumers think of in terms of food safety concept is “hygiene” 68%. 37.6% of consumers do not put fresh foods and non-food products in the same bag, 58.21% of additives are used to prolong the life of food, 55.47% of them return to the place they receive when they encounter an unsuitable situation in food, creating a food risk. The highest response rate of all participants in determining the source of food risk factors was “chemically sourced”. It is at the forefront with the possibility of contaminating the disease-causing microorganism and the presence of drug residues in the degree of concern of consumers in terms of food safety. In the way of understanding and destroying the spoiled products, consumers are at the forefront with “I look at the expiration date without opening the product, put it in a separate bag and throw it in the trash”.

Keywords: Food safety, Food security, Food consumer behaviour.

¹<https://orcid.org/0000-0002-8434-8797>

²<https://orcid.org/0000-0001-7761-8800>

1. Giriş

Gıda güvenliği; Dünya Sağlık Örgütü tarafından, gıdaların üretim, işleme, depolama, dağıtım ve hazırlama aşamalarında güvenli, sağlıklı ve insan tüketimine uygun olması için gereken koşullar veya ölçüler olarak tanımlanmaktadır (Knight ve ark. 2003). İnsan sağlığını doğrudan ilgilendiren gıda güvenliği temel bir insan hakkı olup, ülkelerin gelişmişlik düzeyinin de önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Gıda güvenliği kriterlerini karşılamayan bir gıda maddesinin tüketilmesi sonucunda, gıda kaynaklı çeşitli hastalıklar ortaya çıkabilmekte ve toplumlar sağlık dışında ekonomik, sosyal ve siyasal açıdan da etkilenmektedir (Tayyar, 2014).

Gıda güvenliği ve güvencesi, günümüzde yaşanan pek çok sorunun bir araya gelmesi sonucu tehdit altındadır. Küresel anlamda çeşitli işbirlikleriyle alınacak tedbirler, gıda güvencesi ve güvenliğinin sağlanması açısından zorunludur. Aksi takdirde, yakın gelecekte yeterli, sağlıklı ve güvenli gıdalara ulaşılması oldukça güçleşecek; çeşitli hastalıklar ve açlık olgusu hızla yayılacaktır (Koç ve Uzman, 2014).

Gıda güvenliği konusunda yaşanan sorunları önlemek ve ekonomik kayıpları azaltmak için, gıda güvenliği ile ilgili uluslararası bir takım uygulamalar başlatılmıştır. Bunlar; HACCP, GMP, GHP, ISO 9000:2000, ISO 22000, IFC, BRC, EUREPGAP gibi kalite güvence sistemlerinden oluşmaktadır. Kalite güvence sistemlerine, yoğun olarak gelişmiş ülkelerde rastlanılmakta ve son yıllarda, gelişmekte olan ülkelerde de katılımın arttığı görülmektedir. Gıda güvenliği konusunda uygulanan yönetim sistemlerinden, Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP) gıda güvenliğinin sağlanmasına yönelik olarak uygulanan bir sistemdir. HACPP tehlikeyi önleyerek ürün kayıplarını azaltmakta, hatalı ürün riskini yok etmekte ve müşteri güvenini sağlayarak pazarda rekabet gücünü arttırmaktadır (Onurlubaş ve Güler, 2016).

Endüstriye yönelik yapılan çalışmalara ve uygulanan kalite sistemlerine rağmen gıda kaynaklı hastalıklar hala birçok ülke için önemli bir problemdir. Yasalar ve denetimler ile bu problemin oranı düşürülmeye çalışılsa da tüketiciden gelecek olan yaptırım ve gıda güvenliği hakkında bilgi sahibi olması bu oranların değişimini hızlandıracak en büyük etkidir.

Türkiye, gıda üretiminde büyük bir çeşitliliğe sahip olup, geleneksel gıdalar besin sepetinde önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle, gelecekte tüketimindeki hem miktar hem de çeşitlilik yönlü artışın süreceği de dikkate alındığında, tüketicilerin geleneksel gıdalarda gıda güvenliği algılarının yanı sıra tutum ve davranışları oldukça önemli hale gelmektedir (Taştan ve ark., 2014).

Bu amaçla ülkemizin farklı illerinde tüketicilerinin gıda güvenliği bilinç düzeyleri ile güvenli gıda tüketim alışkanlıkları (Gülse ve ark., 2006; Kaptan, 2007; Mutlu, 2007; Kılıç, 2008; Yılmaz, 2008; Gözener ve ark., 2009; Özdemir, 2009; Köse ve Yaman, 2010; Onurlubaş, 2011; Yalçın, 2012)

, otel mutfaklarında personel gıda güvenliği davranışları üzerine (Sargın, 2005; Şanlıer ve Hussein, 2008; Kabacık, 2008; Bayram, 2011) çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışma, tüketicilerle yüz yüze görüşme metoduyla elde edilen anket sonuçlarına dayanmaktadır. Denizli merkezinde, tüketicilerin gıda güvenliği ile ilgili bilgi düzeylerinin yeterli olup olmadığını tespit etmek, tüketicilerin gıda güvenliği ile ilgili tutum ve davranışlarını araştırmak ve tüketicilerin gıda güvenliği ile ilgili tutum ve davranışlarını etkileyen faktörleri belirlemek çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Araştırma materyalini esas olarak, Denizli merkez ilçede yaşayan farklı eğitim ve gelir düzeyine sahip yetişkin bireyler ile yapılan anketlerden sağlanan veriler “Karşılıklı Görüşme (Mülakat) Tekniği” kullanılarak, 9 sorudan oluşan anket formu uygulanarak, kolay örnekleme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

2.2. Metot

Denizli ilinde yaşayan 18 yaşından büyük yetişkin bireyler bu araştırmanın evrenini oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemini ise yetişkin bireyler arasından tesadüfi örneklem yöntemi ile seçilen 402 yetişkin birey oluşturmaktadır.

Ana kitleye ilişkin bilgi mevcut olduğunda ve ana kitle 100.000’den büyük ise örnek büyüklüğü belirli bir güven aralığında hata payı hesaplanabilmektedir. Bu nedenle Denizli ili merkez ilçede toplam hane halkı sayısının 2017 yılı Denizli il Nüfus müdürlüğü verilerine göre 100.000 üzerinde olduğu dikkate alındığında %95 güven aralığında hata payı hesaplanmıştır. %0,04886 hata payına göre örnek hacmi 402 olarak bulunmuştur. Daha sonra basit tesadüfi yöntemle göre anketler dağıtılmıştır.

Örnek hacminin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikte verilen denklem (1) kullanılmıştır (Onurlubaş ve Gürler, 2016).

$$(1) n = \frac{N.p.q}{(N-1).D+p.q}$$

$$D = \left(\frac{E}{z}\right)^2 = \left(\frac{0,04886}{1,96}\right)^2 = 0,000621$$

N= Ana Kitle (Denizli ili nüfusu=978.700)

n= Örnek sayısı (Anket yapılan tüketici sayısı=402)

p= (0,50) incelenen birimin ana kitle içinde gerçekleşme olasılığı

q= (0,50) incelenen birimin ana kitle içinde gerçekleşmeme olasılığı

D= Hata oranı $D=(E/z)^2$

E= 0,04886 (hata payı)

z= 1,96 (güven sınırı) %95 güven sınırı

Anket araştırmacı tarafından soruların eksiksiz ve doğru olarak doldurulması amacıyla katılımcılarla birebir görüşme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Ankete katılanların sosyal demografik yapısı çıkartılmıştır. Gıda güvenliği terimin akıllarda yüklediği durumu kendi ifadeleri alınmış, diğer sorular ise oluşturulan şıklar arasında tercihleri SPSS 22 programı kullanılarak elde edilen verileri χ^2 (ki-kare) testi ile değerlendirilmiştir (Arbuckle, 2014).

3. Bulgular ve Tartışma

Ankete katılan yaş grupları (χ^2 :259,3 sd:4 P<0,001) ve eğitim durumları bakımında (χ^2 :147,3 sd:3 P<0,001) aralarında istatistiksel olarak fark bulunmuştur. Katılımcıların büyük çoğunluğu 20-30 yaş grubunda ve üniversite mezunu grubunda toplanmıştır. Cinsiyet oranları bakımından ise bir farklılık bulunmamıştır (P>0.05).

Tablo 1’de görüldüğü üzere 20-29 yaşlar arasında yaklaşık katılımın yarısını oluştururken, 60 ve üzeri yaşları yüksek bireylerin ankete katılmaya sıcak bakmadıklarından ötürü katılım oranının en düşük grup olduğu tespit edilmiştir. Cinsiyet dağılım durumlarının yaklaşık aynı yüzdelerde olduğu görülmektedir. Anket uygulandığı merkezlerin, öğrenci ve devlet memuru bireylerin ağırlıklı olarak yaşadığı bölgeler olduğu göz önünde bulundurulduğunda, ankete katılan bireylerin lise ve üniversite mezunu olmaları beklenen bir durumdur.

Tüketicilerin gıda güvenliği hakkındaki düşüncelerini ortaya çıkarmayı hedefleyen ve tüketicilere sorulan “gıda güvenliği denilince aklınıza ne geliyor?” sorusuna verilen cevaplar incelenmiştir. Tüketicilerin büyük bir kısmının bu soruyu %68 oranıyla hijyen olarak cevapladığı tesbit edilmiştir. Güvenli gıdalarda aranan diğer bir özellik de tüketiciler tarafından %52 “son kullanma tarihi” olarak belirlenmiştir. Ardından sağlıklı yiyecekler, taze gıdalar, temiz yiyecekler, kaliteli ürünler, denetimli gıda %44 olarak cevaplar alınmıştır.

Tablo 1. Ankete katılan tüketicilerin yaş, cinsiyet ve eğitim durumları.

Yaş grupları	Sayı	%
20-29	194	48.26
30-39	94	23.38
40-49	76	18.91
50-59	29	7.21
60 ve üzeri	9	2.24
Toplam	402	100
Cinsiyet	Sayı	%
Erkek	205	51
Kadın	197	49
Toplam	402	100
Eğitim Durumları	Sayı	%
Üniversite	194	58
Lise	94	29
İlköğretim	76	9
Okur-yazar değil	29	4
Toplam	402	100

Tüketicilerin market alışverişlerindeki kriterlerinin belirlenmesi amacıyla “Market alışverişinizde en çok neye dikkat edersiniz ?” sorusu yöneltilmiş ve tüketicilerin markette alışveriş yaparken gıda güvenliğine ne kadar dikkat ettikleri tesbit edilmiştir (Tablo 2). Bulunan ki-kare değeri ($\chi^2:3,853$) market alışverişteki kriterleri ile cinsiyet arasında istatistiki açıdan bir ilişki olmadığı görülmüştür.

Araştırmaya katılan tüketicilerden %37.56’sı “Taze gıdalar ile gıda dışı ürünleri aynı poşete koymam” cevabını vermişlerdir. Dolayısıyla, tüketicilerin alışverişlerinde çapraz bulaşmayı önlemek adına bir önlem aldıkları ifade edilebilir. Ankete katılan tüketicilerin %25.87’si “Açıktan ürün almam” cevabını vermiştir. Açıkta satılan ürünler bozulmaya ve bulaşmalara çok elverişli olup tüketicilerin ürün alırken bu hususu dikkat ettiklerini söyleyebiliriz. Soğuk zincirin kırıldığı durumlarda mikrobiyal faaliyetler baş göstermektedir. Ankete katılanların %20.65’i “Donmuş ve soğukta saklanması gereken ürünleri soğuk zinciri korumak için alışverişimin sonunda alırım” ile bu konunun tüketicilerin bilincinde ve uygun tedbirleri aldıklarını ortaya koymaktadır.

Alınan cevaplar ışığında kadınların taze gıdalar ile gıda dışı ürünleri aynı poşete koymamaya daha çok dikkat ettiğini ve ihtiyaçları yakinen bildikleri için, alışverişlerini hazırlamış oldukları listeye göre yapmadıklarını söyleyebiliriz (Tablo 2). Diğer taraftan kadınların ve erkeklerin eşit görüşe sahip olduğu diğer iki konu ise açıktan ürün almamak ve donmuş ve soğukta saklanması gereken ürünleri soğuk zinciri korumak için alışverişlerinin sonunda aldıkları olarak tesbit edilmiştir.

Tablo 2. Market alışverişinde en çok neye dikkat edilmekte.

	Erkek	%	Kadın	%	Toplam	%
Taze gıdalar ile gıda dışı ürünleri aynı poşete koymam	70	34.15	81	41.12	151	37.56
Donmuş ve soğukta saklanması gereken ürünleri soğuk zinciri korumak için alışverişimin sonunda alırım	43	20.98	40	20.30	83	20.65
Açıktan ürün almam	53	25.85	51	25.89	104	25.87
Market alışverişimi hazırlamış olduğum listeye göre yaparım	39	19.02	25	12.69	64	15.92
TOPLAM	205	100	197	100	402	100
<i>P</i> Değeri: 0,278 χ^2 : 3,853 <i>SD</i> : 3						

Katkı maddelerin gıdaya hangi amaçla katılması ile eğitim durumu arasında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (χ^2 :25,233). Araştırmaya katılan tüketicilerin gıda katkı maddeleri hakkındaki düşünceleri Tablo 3’de gösterilmiştir. Okur-yazar olmayan tüketicilerin %78.57’si, ilköğretim mezunu tüketiciler %45.95 oranında, lise mezunu tüketiciler %47.01 oranında ve üniversite mezunlarında ise %64.53 oranında katkı maddelerinin gıdanın ömrünü uzatmak için katıldığını düşünmektedir.

Tablo 3. Tüketicilerin katkı maddeleri hakkındaki düşünceleri.

Sizce Katkı Maddeleri Gıdaya Hangi Amaçla Katılmaktadır?										
	Okur-Yazar değil	%	İlköğretim	%	Lise	%	Üniversite	%	Toplam	%
Maliyeti düşürmek için,	0	0.00	9	24.3	33	28.2	26	11.1	68	16.92
İstenilen yapıyı oluşturmak için,	1	7.14	8	21.6	17	14.5	35	14.9	61	15.17
Gıdanın ömrünü uzatmak için,	11	78.57	17	45.9	55	47.0	151	64.5	234	58.21
Kaliteyi yükseltmek için,	2	14.29	3	8.11	12	10.2	22	9.40	39	9.70
TOPLAM	14	100	37	100	117	100	234	100	402	100
<i>P</i> Değeri: 0,003 χ^2 : 25,233 <i>SD</i> : 9										

Tüketicilerin satın aldıkları ürünlerin ambalajına verdikleri önemin cinsiyetle ilişkisi ki-kare testi sonucu (χ^2 :3,853) anlamlı bulunmamıştır (Tablo 4). Ankete katılan kadın tüketicilerin %61.42’si hiç birşey yapmami şekli bozuk ürün almamakta, erkeklerde %43.90 oranla aynı davranışta bulunmaktadır. Erkeklerin %23.41’i ambalaj yüzeyinin temizliğine, %31.71’i etiketi bilgisinin yeterliliğine dikkat ederken, kadınlarda ise bu durum ambalaj yüzeyinin temizliğine%15.74 ile düşüş gösterirken, %21.32 etiketi bilgisinin yeterliliği şeklinde olmuştur. Anket sonuçlarına göre,

tüketicilerin gıda ambalajlarına verdikleri önem gene olarak değerlendirildiğinde, “ambalajın fiziksel durumu ve etiket bilgilerinin ambalaj üzerinde yer alıyor olmasının” ön plana çıktığı görülmektedir.

Tablo 4. Tüketicilerin ambalaja verdikleri önem derecesi.

Alacağınız Bir Ürünün Ambalajında En Çok Nesine Dikkat Edersiniz?						
	Kadın	%	Erkek	%	Toplam	%
Şekil yapısının düzgün olmasına,	121	61.42	90	43.90	211	52.49
Ambalaj yüzeyinin temizliğine,	31	15.74	48	23.41	79	19.65
Etiketi bilgisinin yeterliliğine,	42	21.32	65	31.71	107	26.62
Etiket tasarımının uygunluğuna,	3	1.52	2	0.98	5	1.24
TOPLAM	197	100	205	100	402	100
<i>P</i> Değeri: 0,278 χ^2 : 3,853 SD: 3						

Tüketicilerin gıda içerisinde uygun olmayan bir durumla karşılaştıklarındaki davranışları ile eğitim durumu arasında istatistiksel açıdan (χ^2 : 32,03) önemli bulunmuştur (Tablo 5). Ankette verilmiş cevapları değerlendirdiğimizde, okur-yazar olmayan %42.86' sının “aldığım yere iadesi için geri dönerim” şeklinde, %35.71'i ise “hiçbir şey yapmam” şeklinde, ilköğretim mezunlarında ise durum %59.46'sı “aldığım yere iadesi için geri dönerim” ve %29.73'ü “yaşadığım olumsuzluğu yakın çevreme anlatır, tepkimi sosyal medyada paylaşıyorum” şeklinde olmuştur. Lise mezunu tüketicilerinde ise %54.70'i “aldığım yere iadesi için geri dönerim” ve %23.93'ü yaşadığım olumsuzluğu “yakın çevreme anlatır, tepkimi sosyal medyada paylaşıyorum” şeklinde yanıt verdikleri tespit edilmiştir. Üniversite mezunu tüketicilerin verdikleri yanıtlar ise %55.98'i “aldığım yere iadesi için geri dönerim” %23.50'si “ALO gıda hattını ararım” şeklinde olmuştur (Tablo 5). Eğitim düzeyin artmasına bağlı olarak olumsuzluğu gıda hattında aranması ve resmi kanallardan durumu çözülmesinin istenmesinde olumlu olarak gözükmektedir. Sadece tüketicinin bilinçli olması gıda güvenliği açısından yeterli görülmemelidir. Ürünü üretenlerden, pazarlayanlara, karar alma mekanizmalarına ve politika geliştiren ve uygulayanlara kadar her kesim üzerine düşenleri yeterince yapmalıdır.

Tablo 5. Tüketicilerin gıda içerisinde uygun olmayan bir durumla karşılaştıkları davranışlar.

Gıda İçerisinde Uygun Olmayan Bir Durumla Karşılaştığınızda Ne Yaparsınız?										
	Okur- Yazar değil	%	İlköğretim	%	Lise	%	Üniversite	%	Toplam	%
Aldığım yere iadesi yaparım, Yaşadığım olumsuzluğu yakın çevremle anlatır, tepkimi sosyal medyada paylaşıyorum, ALO gıda hattını ararım,	6	42.86	22	59.46	64	54.70	131	55.98	223	55.47
Hiçbir şey yapmam,	5	35.71	2	5.41	11	9.40	18	7.69	36	8.96
TOPLAM	14	100	37	100	117	100	234	100	402	100
<i>P</i> Değeri: 0,00 1 χ^2 : 32,03 SD: 9										

Tüketicilerin gıda güvenliği açısından endişe derecesi ile önemlilik derecesi arasında istatistiki açıdan (χ^2 : 686,50) anlamlı bulunmuştur. Tablo 6’da da görüldüğü üzere, “Gıda katkı maddesi içermesi” %45.77’si önemli, “Hastalık yapıcı mikroorganizma bulaşması içermesi” %63.68’ü oldukça önemli, “GDO kaynaklı olması içermesi” %53.23’ü oldukça önemli, “Işınlama işleminin uygulanmış olması” %36.82’ü fikrim yok, “Dondurulmuş ürünlerin soğuk zincirinin kırılmış olması” %44.03 önemli, “Kolesterol seviyesi” %38.31’si önemli, “İlaç kalıntılarının bulunma ihtimali” %26.87’si önemli olarak belirlenmiştir. “Işınlama işleminin uygulanmış olması” sorusuna fikir beyan edenlerin %36.82 fikrinin olmaması, son yıllarda hızlı gelişmeler olmasına rağmen uygulamanın tüketiciler tarafından yeterli bilgisi olmadığını söyleyebiliriz.

Tablo 6. Tüketicilerin gıda güvenliği açısından endişe dereceleri.

	Fikrim Yok	%	Az Önemli	%	Önemli	%	Oldukça Önemli	%
Gıda katkı maddesi içermesi,	13	3.23	28	6.97	184	45.77	177	44.03
Hastalık yapıcı mikroorganizma bulaşması,	7	1.74	6	1.49	133	33.08	256	63.68
GDO kaynaklı olması,	44	10.95	16	3.98	128	31.84	214	53.23
Işınlama işleminin uygulanmış olması,	148	36.82	30	7.46	113	28.11	111	27.61
Dondurulmuş ürünlerin soğuk zincirin kırılmış olması,	35	8,71	15	3.73	177	44,03	175	43,53
Kolesterol miktarı,	26	6.47	88	21.89	154	38.31	134	33.33
İlaç kalıntılarının bulunma ihtimali,	12	2.99	7	1.74	108	26.87	275	68.41
<i>P</i> Değeri: 0,00 1 χ^2 : 686,50 SD: 18								

Tüketicilerin gıda riski oluşturan etmenlerin kaynağı davranışları ile eğitim durumu arasında istatistiksel açıdan (χ^2 : 10,09) önemli bulunmamıştır. Gıda riski oluşturan etmenlerin kaynağı belirlemede, tüketicilerin eğitim durumlarına göre en çok kimyasal ve biyolojik kaynaklı olarak cevap verdikleri, okur-yazar olmayan tüketicilerin %42.86'sı kimyasal, %35.71 oranında biyolojik, İlköğretim mezunu tüketicilerin ise %51.35 oranında kimyasal, %29.73 oranında biyolojik olarak soruyu yanıtladıkları görülmektedir. Lise mezunu tüketiciler aynı soruyu %41.88 oranında kimyasal, %33.33 oranında biyolojik, üniversite mezunları ise %41.88 oranında kimyasal, %38.03 oranında biyolojik cevabını vermişlerdir (Tablo 7).

Tablo 7. Tüketicilerin gıda riski oluşturan etmenlerin kaynağı hakkındaki düşünceleri.

Gıda Riski Oluşturan Etmenlerin Kaynağı Hangisi Daha Fazla Önem Taşımaktadır?

	Okur-Yazar değil	%	İlköğretim	%	Lise	%	Üniversite	%	Toplam	%
Fiziksel	1	7.14	0	0.00	9	7.69	5	2.14	15	3.73
Kimyasal	6	42.86	19	51.35	49	41.88	98	41.88	172	42.78
Biyolojik	5	35.71	11	29.73	39	33.33	89	38.03	144	35.83
İşleme, taşıma ve depolama	2	14.29	7	18.92	20	17.09	42	17.95	71	17,66
TOPLAM	14	100	37	100	117	100	234	100	402	100
<i>P</i> Değeri: 0,343	χ^2 : 10,09	SD: 9								

Tablo 8’de tüketicilerin donmuş gıda ürünlerini çözündürmede tercih ettikleri metotlar gösterilmiştir. İstatistiki açıdan (χ^2 : 13,203) eğitim düzeyi ile anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bu konuda kadınların ve erkeklerin davranışları farklılık göstermiştir. Kadınlar açıkta doğal olarak bekleterek donmuş gıdayı çözündürürken, erkekler benzer tercihte olmayıp soğuk veya sıcak suda çözündürme yöntemini tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Tablo 8’ de elde edilen veriler yorumlandığında, ankete katılan tüketicilerin %52.49 oranında “doğal yollarla çözündürme” yöntemini tercih ettiğini, donmuş gıdaların en güvenli şekilde çözündürülmesi yöntemi olan “buzdolabında bekletilerek çözündürme” yönteminin ise yalnızca %1.24 oranında tercih edildiği görülmektedir.

Tablo 8. Donmuş ürünleri çözündürme tercihleri.

Donmuş Gıdaları Nasıl Çözündürürsünüz?						
	Kadın	%	Erkek	%	Toplam	%
Doğal yollarla (açıkta bırakarak)	121	61.42	90	43.90	211	52.49
Soğuk suda	31	15.74	48	23.41	79	19.65
Sıcak suda	42	21.32	65	31.71	107	26.62
Buzdolabında	3	1.52	2	0.98	5	1.24
TOPLAM	197	100	205	100	402	100

P Değeri: 0,00 4 χ^2 : 13,203 SD: 3

Çalışmamızda, ankete katılan tüketicilerin tüketicilerin bozulmuş ürünleri anlama ve imha etme yolları ile eğitim düzeyleri arasında ki-kare testi sonucu (χ^2 : 18,48) ilişki anlamlı bulunmuştur. Tablo 9' da verilen sonuçlar incelendiğinde, Okur – yazar olmayan, İlköğretim ve lise mezunu sırasıyla %42.86, %56.76 ve %43.59 oranında koklayıp direkt çöpe atmayı, üniversite mezunu tüketiciler %42.74'ü son kullanma tarihine bakıp ayrı bir poşete koyup çöpe atmayı tercih edeceklerini ifade etmişlerdir.

Tablo 9. Tüketicilerin bozulmuş ürünleri anlama ve imha etme yolları

Bozulmuş Ürünleri Nasıl Anlarsınız ve nasıl İmha Edersiniz?								
	Okur-Yazar değil	%	İlköğreti m	%	Lise	%	Üniversite	%
Koklarım ve direkt çöpe atarım, Ürünü açmadan son kullanma tarihine bakarım, ayrı bir poşete koyar çöpe atarım,	6	42.86	21	56.76	51	43.59	92	39.32
Ürünü pişirir tadına bakarım ve direkt çöpe atarım ,	4	28.57	10	27.03	32	27.35	100	42.74
Diğer	0	0.00	0	0.00	11	9.40	13	5.56
TOPLAM	14	100	37	100	117	100	234	100

P Değeri: 0,03 χ^2 : 18,48 SD: 9

4. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde gıda güvenliği algısı, tüketicilerin satın alma davranışlarını önemli derecede etkili olmaktadır. Hazır gıda ürünlerinin tüketimindeki artışa bağlı olarak gıda güvenilirliği kavramı ve bakış açısı ileriki dönemlerde daha da önem taşıyacaktır.

Araştırma sonuçlarına göre; Ankete katılanların eğitim durumu %58 oranında üniversite ve %29 ile lise mezunu olması sebebiyle, eğitim düzeyinin çok da düşük olmadığı tespit edilmiştir. Cinsiyet dağılım durumları yaklaşık olarak aynı oranda iken, tüketici yaş grubunun kadın tüketicilerde %56.36 oranıyla 20-29 olduğu belirlenmiştir. Erkeklerde tüketiciler de ise aynı yaş grubu %48.26'dır.

Araştırmaya katılan tüketicilerin büyük çoğunluğu tüketicilerin büyük gıda güvenliği denilince aklınıza ne geliyor?" % 68 oranıyla "hijyen" cevabını vermiştir.

Kadın tüketicilerin taze gıdalar ile gıda dışı ürünleri aynı poşete koymamaya daha çok dikkat ettiği ve erkek tüketicilerin ise genel olarak alışverişlerini hazırlamış oldukları alışveriş listesine göre yapmayı tercih ettikleri belirlenmiştir.

Tüketicilerin %58.21'i gıdanın ömrünü uzatmak için katkı maddesi katıldığını düşünürken, Yalnızca %9.70'si ise gıda ürünlerinde kaliteyi artırmak amacıyla gıda katkı maddesi kullanıldığını düşündüklerini ifade etmişlerdir.

Tüketiciler gıdada risk oluşturan etmen olarak biyolojik ve kimyasal olarak görmüştür. Ambalaja verdikleri önem derecesinde ise şekil durumu düzgün olmasına ve etiketi bilgisinin yeterliliği ile öne çıkmıştır.

Donmuş ürünleri çözündürme tercihlerinde doğal yollarla (açıkta bırakarak) çoğunlukla cevap verilmesi bu konuda tüketicilerin bilinçliliğin yeterli olmadığı ve bazı istenilen tüketici davranışların küçük yaşlarda eğitim ile kazandırılmasının in önemi bir kez daha ortaya koymuştur.

Anket sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, önemli bir kısmının tükettikleri gıdanın güvenliği açısından özen gösterildiği, ancak kişilerin bu konudaki bilgi birikimlerinin gösterilen özenle aynı olmadığı görülmüştür.

Sonuç olarak, gıdanın daha güvenli olmasını arzulama isteğimizin gerçekleşmesi için öncelikle gıda ve gıda bileşenleri hakkındaki bilgi birikimimizi artırmak durumundayız. Bunun sağlanması için eğitimin küçük yaşlarda verilmesi ve halkı bilgilendirmede iletişim araçlarını etkin kullanılması sonucu gıda güvenliği konusun istenilen noktaya getirebiliriz.

Kaynaklar

- Arbuckle, J.L., (2014). IBM SPSS statistics 22 For Windows . User's Guide.
http://www.sussex.ac.uk/its/pdfs/SPSS_Amos_User_Guide_22.pdf.
- Aydın, G., (2011). *Tüketicilerin Gıda Güvenliği Bilinç Düzeylerine Etki Eden Faktörlerin Analizi Samsun İli Kentsel Alan Örneği*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Samsun.
- Bayram, F., (2011). *Otel Mutfağlarında Çalışan Mutfak Personelinin Gıda Güvenliği Konusunda Bilgi Tutum ve Davranışları*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Aile Ekonomisi ve Beslenme Anabilim Dalı, Ankara.
- Gözener, B., Büyükbay, E., ve Sayılı, M., 2009. Gıda Güvenliği Konusunda Öğrencilerin Bilgi Düzeylerinin İncelenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 45- 53.
- Gülse B., H.S. Göktolga, Z.G. ve Karkacıer, O. (2006). Gıda Güvenliği Konusunda Tüketici Bilincinin İncelenmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 12(1), 9-18.
- Kabacık, M., (2008). *Dört ve Beş Yıldızlı Otel Mutfağlarında Çalışan Personelin Gıda Güvenliği Konusundaki Bilgilerinin Saptanması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Bilim Dalı.
- Kaptan, M., (2007). *Tüketicilerin Gıda Güvenliği Hakkındaki Bilgi Düzeylerinin Tespiti*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı. 80
- Kılıç, D., (2008). *Tüketicilerin Gıda Güvenliği ile İlgili Bilgi-Tutum ve Davranışları*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eğitim Bilimleri Bölümü.
- Knight, P.G., Jackson, J.C., Bain, B., and Eldemire-Shearer, D., (2003). Household foodsafety awareness of selected urban consumers in Jamaica. *Int. J. FoodSci. Nutrit.*, 54(4): 309-320.
- Koç, G., ve Uzman, A., (2015). Gıda güvenliği ve gıda güvenliği: kavramsal çerçeve, gelişmeler ve Türkiye. *Tarım Ekonomisi Dergisi*. 21(1), 39-48
- Köse, N., ve Yaman, K.,(2010). Tüketicilerin Gıda Maddelerinin Son Kullanma Tarihine Verdikleri Önem Üzerine Bir Araştırma: Kastamonu İli Merkez İlçe Örneği. *Kastamonu Eğitim Dergisi*. 18(1), 233-240.
- Mutlu, S., (2007). *Gıda Güvenliği Açısından Tüketici Davranışları (Adana Kentsel Kesimde Kırmızı Et Tüketimi Örneği)*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Adana.
- Onurlubaş, E., (2011). *Tüketicilerin Gıda Güvenliği Konusunda Bilinç Düzeylerinin Ölçülmesi Tokat İli Örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Tokat.
- Onurlubaş, E., ve Gürler, A.Z., (2016). *Gıda Güvenliği Konusunda Tüketicilerin Bilinç Düzeyini Etkileyen Faktörler*. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 33 (1), 132-141.
 doi:10.13002/jafag925
- Özdemir, Z., (2009). *Kadınların Gıda Güvenliği Konusundaki Bilgi Tutum ve Davranışları*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Aile Ekonomisi Beslenme Anabilim Dalı, Ankara.
- Sargın, Y., (2005). *Ankara'daki Dört ve Beş Yıldızlı Otelde Çalışan Yiyecek ve İçecek Personelinin Hijyen Bilgileri ve Uygulamalarının İncelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ev Ekonomisi Bölümü, Ankara.
- Şanlıer, N., ve Hussein A.,(2008). Yiyecek İçecek Veren Otel Mutfağları ve Personelinin Hijyen Yönünden Değerlendirilmesi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 16(2). 461- 468.
- Taşdan, K., Albayrak, M., Gürer, B., Özer, O., Albayrak, K., ve Güldal H.T., (2014, Mayıs). Geleneksel Gıdalarda Tüketicilerin Gıda Güvenliği Algısı: Ankara İli Örneği . 2. *Uluslararası Davraz Sempozyumu* ,Isparta.
- Tayar, M.,(2014). Güvenli Gıda Gereksinimi, *Dünya Gıda Dergisi*.2014-09
<http://www.dunyagida.com.tr/kose-yazisi/guvenli-gida-gereksinimi/1183>, [Erişim: 12.01.2020]
- Yalçın, A., (2012). *Tüketicilerin Gıda Güvenliği ile İlgili Tutum ve Davranışları (Samsun ili örneği)*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı.
- Yılmaz, E., (2008). *Trakya Bölgesinde Kırsal ve Kentsel Tüketicilerin Gıda Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları ve Gıda Güvenliğine İlişkin Bilgi Düzeylerinin Belirlenmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı.

Applications of Measure of Noncompactness in the Series Spaces of Generalized Absolute Cesàro Means

G. Canan HAZAR GÜLEÇ^{1*}

¹ Pamukkale University, Department of Mathematics, Denizli, Turkey

Received: 20.04.2020

Accepted: 29.05.2020

*Corresponding Author: gchazar@pau.edu.tr

Abstract

In this study, we characterize some matrix transformations from the generalized absolute Cesàro series spaces $|C_{\lambda, \mu}|_p$ ($p \geq 1$) to the classical sequence spaces ℓ_∞, c and c_0 . Besides this, we obtain some identities or estimates for the norms of the bounded linear operators corresponding these matrix transformations. Further, by applying the Hausdorff measure of noncompactness, we give the necessary and sufficient conditions for such operators to be compact.

Keywords: Sequence Spaces, Matrix Operators, BK Spaces, Compact Operators, Hausdorff Measure of Noncompactness.

Genelleştirilmiş Mutlak Cesàro Seri Uzaylarında Nonkompaktlık Ölçüsünün Uygulamaları

Öz

Bu çalışmada, $|C_{\lambda, \mu}|_p$ ($p \geq 1$) genelleştirilmiş mutlak Cesàro seri uzaylarından ℓ_∞, c ve c_0 klasik dizi uzaylarına bazı matris dönüşümleri karakterize edilmiştir. Bunun yanı sıra, bu matris dönüşümlerine karşılık gelen sınırlı lineer operatörlerin normları için bazı özdeşlikler veya tahminler verilmiştir. Ayrıca, nonkompaktlık Hausdorff ölçüsünün uygulaması ile bu operatörlerin kompakt olması için gerek ve yeter şartlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dizi Uzayları, Matris Operatörleri, BK Uzayları, Kompakt Operatörler, Nonkompaktlık Hausdorff Ölçüsü.

1. Introduction

One of the research areas in the theory of summability is absolute summability factors and comparison of the methods, which plays an important role in Fourier Analysis and approximation theory and has been widely studied by many authors in the literature (Borwein, 1958; Çanak, 2020; Das, 1970; Flett, 1957; Hazar and Sarıgöl, 2018a, b; Mazhar, 1971; Mehdi, 1960; Mohapatra and Sarıgöl, 2018; Nur and Gunawan, 2019; Sarıgöl, 2015, 2016; Sezer and Çanak, 2015). Recently, independently of these topics, some sequence spaces have been generated and examined by several authors (Altay and Başar, 2007; Altay et al., 2009; Başarır and Kara, 2011a,b, 2012a,b, 2013; Et and Işık, 2012; Hazar, 2020; İlkhan and Kara, 2019; İlkhan, 2020; Kara and İlkhan, 2016; Kara and Başarır, 2011; Karakaya et al., 2011; Sarıgöl, 2016; Zengin Alp and İlkhan, 2019).

The Hausdorff measure of noncompactness was defined by Goldenštein et al. (1957). Using the Hausdorff measure of noncompactness, several authors have characterized some classes of compact operators on certain sequence spaces (Başarır and Kara, 2013; Djolović, 2010; Malkowsky et al., 2002; Malkowsky and Rakočević, 2000; Mursaleen and Noman, 2010, 2011, 2014; Rakočević, 1998).

Moreover, Hazar and Sarıgöl (2018) have introduced the new space $|C_{\lambda,\mu}|_p$ which is reduced to $|C_{\lambda}|_p$ (Sarıgöl, 2016) for $\mu = 0$, and proved some theorems related to its topological structures and matrix mappings, where μ and $\lambda + \mu$ are nonnegative integers and $1 \leq p < \infty$.

The aim of this paper is to characterize the classes of infinite matrices $(|C_{\lambda,\mu}|_p, X)$, where μ and $\lambda + \mu$ are nonnegative integers and $1 \leq p < \infty$, $X = \{\ell_{\infty}, c, c_0\}$, and also to characterize the classes of compact operators from $|C_{\lambda,\mu}|_p$ to ℓ_{∞}, c, c_0 and ℓ_p , $1 \leq p < \infty$ by using the Hausdorff measure of noncompactness.

Let $(X, \|\cdot\|)$ be a normed space. The unit sphere in X is denoted by $S_X = \{x \in X : \|x\| = 1\}$. If X and Y are Banach spaces and $L : X \rightarrow Y$ is a linear operator, then, we write $\mathcal{B}(X, Y)$ for the set of all bounded linear operators from X into Y , which is a Banach space with the operator norm given by $\|L\|_{(X,Y)} = \sup_{x \in S_X} \|L(x)\|_Y$.

A linear operator $L : X \rightarrow Y$ is said to be compact if its domain is all of X and for every bounded sequence $x = (x_n) \in X$, the sequence $(L(x_n))$ has a convergent subsequence in Y . We denote the class of such operators by $\mathcal{C}(X, Y)$.

Let w be the space of all complex sequences and ℓ_{∞}, c, c_0 and ϕ denote the sets of all bounded, convergent, null and finite sequences, respectively.

Further, $\ell_p = \{x \in w : \sum_{v=0}^{\infty} |x_v|^p < \infty\}$ for $1 \leq p < \infty$, ($\ell_1 = \ell$). We write $e^{(n)}$ ($n = 0, 1, \dots$) for the sequence with $e_n^{(n)} = 1$, $e_v^{(n)} = 0$ ($v \neq n$) for all $n \geq 0$.

A *BK*- space X is a Banach space with continuous coordinates $P_n : X \rightarrow \mathbb{C}$, where \mathbb{C} denotes the complex field and $P_n(x) = x_n$ for all $x \in X$ and $n \geq 0$. Also, a *BK*- space X containing ϕ is said to have *AK* if every sequence $x = (x_\nu) \in X$ has a unique representation $x = \sum_{\nu=0}^{\infty} x_\nu e^{(\nu)}$ (Altay et al., 2009). For example, the classical sequence spaces ℓ_∞, c, c_0 and ℓ_p are *BK*-spaces with their natural norms. Moreover, the spaces c_0 and ℓ_p ($1 \leq p < \infty$) have *AK* (Malkowsky and Rakočević, 2000).

The β -dual of a subset X of w is the set $X^\beta = \{t \in w : \sum_{\nu=0}^{\infty} t_\nu x_\nu \text{ is convergent for all } x \in X\}$. If $X \supset \phi$ is a *BK*- space and $t = (t_\nu) \in w$, then we write

$$\|t\|_X^* = \sup_{x \in S_X} |\sum_{\nu=0}^{\infty} t_\nu x_\nu| \tag{1}$$

provided the expression on the right is defined and finite which is the case whenever $t \in X^\beta$ (Malkowsky et al., 2002).

Let $T = (t_{nv})$ be an infinite matrix of complex numbers, X and Y be subsets of w . Then, we write $T_n = (t_{nv})_{\nu=0}^{\infty}$ for the sequence in the n -th row of T . Also, we say that T defines a matrix mapping from X into Y , and we denote it by $T : X \rightarrow Y$, if, for all $x = (x_\nu) \in X$, the sequence $T(x) = (T_n(x))$, the T -transform of x , exists and belongs to Y , where

$$T_n(x) = \sum_{\nu=0}^{\infty} t_{nv} x_\nu$$

provided the series on the right converges for $n \geq 0$. The notation (X, Y) denotes the class of all matrices T such that $T : X \rightarrow Y$. Thus, $T \in (X, Y)$ if and only if $T_n = (t_{nv})_{\nu=0}^{\infty} \in X^\beta$ for each n and $T(x) \in Y$ for all $x \in X$.

The matrix domain of an infinite matrix T in X is defined by

$$X_T = \{x \in w : T(x) \in X\}. \tag{2}$$

An infinite matrix $T = (t_{nv})$ is called a triangle if $t_{nn} \neq 0$, and $t_{nv} = 0$ for $v > n$, which has a unique inverse (Wilansky, 1984). Throughout paper, q denotes the conjugate of $p > 1$, i.e., $1/p + 1/q = 1$ and $1/q = 0$ for $p = 1$.

The following result is fundamental for our work.

Remark 1.1.

a-) (Malkowsky and Rakočević, 2000). Let $1 < p < \infty$ and $q = p/(p - 1)$. Then, we have $\ell_\infty^\beta = c^\beta = c_0^\beta = \ell_1, \ell_1^\beta = \ell_\infty$ and $\ell_p^\beta = \ell_q$. Furthermore, let X denote any of the spaces $\ell_\infty, c, c_0, \ell_1$ and ℓ_p . Then, we have $\|t\|_X^* = \|t\|_{X^\beta}$ for all $t \in X^\beta$, where $\|\cdot\|_{X^\beta}$ is the natural norm on the dual space X^β .

b-) (Malkowsky and Rakočević, 2000). Let X and Y be *BK* spaces. Then, we have $(X, Y) \subset \mathcal{B}(X, Y)$, that is, every matrix $T \in (X, Y)$ defines an operator $L_T \in \mathcal{B}(X, Y)$ by $L_T(x) = T(x)$ for all $x \in X$.

c-) (Djoločić, 2010). Let $X \supset \phi$ be a BK space and Y be any of the spaces ℓ_∞, c, c_0 . If $T \in (X, Y)$, then $\|L_T\| = \|T\|_{(X, \ell_\infty)} = \sup_n \|T_n\|_X^* < \infty$.

Let (X, d) be a complete metric space, $\varepsilon > 0$, and also S and H be subsets of X . Then, S is called an ε -net of H in X , if for every $x \in H$ there exists $s \in S$ such that $d(x, s) < \varepsilon$. Further, if S is finite, then the ε -net S of H is called a finite ε -net of H .

By \mathcal{M}_X , we denote the collection of all bounded subsets of a metric space (X, d) . If $Q \in \mathcal{M}_X$, then the Hausdorff measure of noncompactness of Q , denoted by $\chi(Q)$, is defined by

$$\chi(Q) = \inf\{\varepsilon > 0 : Q \text{ has a finite } \varepsilon - \text{net in } X\}.$$

The function $\chi : \mathcal{M}_X \rightarrow [0, \infty)$ is called the Hausdorff measure of noncompactness (Rakočević, 1998).

Lemma 1.2 (Djoločić, 2010). Let X and Y be Banach spaces, $L \in \mathcal{B}(X, Y)$. Then, the Hausdorff measure of noncompactness of L , denoted by $\|L\|_\chi$, is defined by

$$\|L\|_\chi = \chi(L(S_X)),$$

and L is compact iff $\|L\|_\chi = 0$.

Lemma 1.3 (Rakočević, 1998). Let Q be a bounded subset of the normed space X , where $X = \ell_p$ for $1 \leq p < \infty$. If $P_r : X \rightarrow X$ is the operator defined by $P_r(x) = (x_0, x_1, \dots, x_r, 0, \dots)$ for all $x \in X$, then

$$\chi(Q) = \limsup_{r \rightarrow \infty} \sup_{x \in Q} \|(I - P_r)(x)\|_{\ell_p},$$

where I is the identity operator on X .

2. The Series Spaces of generalized absolute Cesàro methods

Let $\sum x_n$ be an infinite series with partial sums (s_n) , and (σ_n^λ) be the n th Cesàro mean (C, λ) of order $\lambda > -1$ of the sequence (s_n) , i.e., $\sigma_n^\lambda = (E_n^\lambda)^{-1} \sum_{k=0}^n E_{n-k}^{\lambda-1} s_k$, where E_n^λ is the binomial coefficient of z^n in the power series expansion of the function $(1 - z)^{-\lambda-1}$ in $|z| < 1$. Then, the series $\sum x_n$ is said to be summable $|C, \lambda|_p$ with index $p \geq 1$, if (Flett, 1957)

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{p-1} |\sigma_n^\lambda - \sigma_{n-1}^\lambda|^p < \infty. \tag{3}$$

Also, this method was extended by Das (1970) to summability $|C, \lambda, \mu|_p$, for $\lambda > -1$, $\lambda + \mu \neq -1, -2, \dots$, using

$$\sum_{n=1}^{\infty} n^{p-1} |\sigma_n^{\lambda, \mu} - \sigma_{n-1}^{\lambda, \mu}|^p < \infty,$$

in place of (3), where $(\sigma_n^{\lambda, \mu})$ is the n th Cesàro mean (C, λ, μ) of order (λ, μ) of the sequence (s_n) , which was defined by Borwein (1958) as follows:

$$\sigma_n^{\lambda, \mu} = \frac{1}{E_n^{\lambda + \mu}} \sum_{k=0}^n E_{n-k}^{\lambda-1} E_k^\mu S_k.$$

Now, we denote by $\bar{u}_n^{\lambda, \mu}$ the n th Cesàro mean (C, λ, μ) of sequence (nx_n) , i.e.,

$$\bar{u}_0^{\lambda, \mu} = x_0, \quad \bar{u}_n^{\lambda, \mu} = \frac{1}{E_n^{\lambda + \mu}} \sum_{k=1}^n E_{n-k}^{\lambda-1} E_k^\mu k x_k.$$

By the identity $\bar{u}_n^{\lambda, \mu} = n(\sigma_n^{\lambda, \mu} - \sigma_{n-1}^{\lambda, \mu})$ (Das, 1970), the series space $|C_{\lambda, \mu}|_p$ ($|C_{\lambda, \mu}|_1 = |C_{\lambda, \mu}|$) is stated by (Hazar and Sarigöl, 2018)

$$|C_{\lambda, \mu}|_p = \left\{ x = (x_n) \in w : U^{(\lambda, \mu, p)}(x) = \left(U_n^{(\lambda, \mu, p)}(x) \right) \in \ell_p \right\},$$

where

$$U_0^{(\lambda, \mu, p)}(x) = x_0, \quad U_n^{(\lambda, \mu, p)}(x) = \frac{1}{n^{1/p} E_n^{\lambda + \mu}} \sum_{k=1}^n E_{n-k}^{\lambda-1} E_k^\mu k x_k, \quad n \geq 1.$$

According to (2),

$$|C_{\lambda, \mu}|_p = (\ell_p)_{U^{(\lambda, \mu, p)}},$$

(Hazar and Sarigöl, 2018), where the matrix $U^{(\lambda, \mu, p)} = (u_{nk}^{(\lambda, \mu, p)})$ is defined by $u_{00}^{(\lambda, \mu, p)} = 1$ and

$$u_{nk}^{(\lambda, \mu, p)} = \begin{cases} \frac{E_{n-k}^{\lambda-1} E_k^\mu k}{n^{1/p} E_n^{\lambda + \mu}}, & 1 \leq k \leq n, \\ 0, & k > n. \end{cases}$$

There exists the inverse matrix $\tilde{U}^{(\lambda, \mu, p)} = (\tilde{u}_{nk}^{(\lambda, \mu, p)})$ of the matrix $U^{(\lambda, \mu, p)}$, which is given by $\tilde{u}_{00}^{(\lambda, \mu, p)} = 1$ and, for $\mu, \lambda + \mu \neq -1, -2, \dots$,

$$\tilde{u}_{nk}^{(\lambda, \mu, p)} = \begin{cases} \frac{E_{n-k}^{-\lambda-1} k^{1/p} E_k^{\lambda + \mu}}{n E_n^\mu}, & 1 \leq k \leq n, \\ 0, & k > n. \end{cases} \tag{4}$$

It is obvious that $|C_{\lambda, \mu}|_p$ is the BK -space with the norm (Hazar and Sarigöl, 2018), for $\mu, \lambda + \mu \neq -1, -2, \dots$,

$$\|x\|_{|C_{\lambda, \mu}|_p} = \|U^{(\lambda, \mu, p)}(x)\|_{\ell_p}. \tag{5}$$

Throughout, for any given sequence $x = (x_n) \in |C_{\lambda, \mu}|_p$, we define the associated sequence $y = (y_n)$ as the $U^{(\lambda, \mu, p)}$ transform of x , that is, $y = U^{(\lambda, \mu, p)}(x)$, and so

$$y_0 = x_0 \text{ and } y_n = \frac{1}{n^{1/p} E_n^{\lambda + \mu}} \sum_{k=1}^n E_{n-k}^{\lambda-1} E_k^\mu k x_k, \quad n \geq 1. \tag{6}$$

If the sequences x and y are connected by the relation (6), then $x \in |C_{\lambda, \mu}|_p$ if and only if $y \in \ell_p$, furthermore, if $x \in |C_{\lambda, \mu}|_p$, then $\|x\|_{|C_{\lambda, \mu}|_p} = \|y\|_{\ell_p}$. In fact, the linear operator $U^{(\lambda, \mu, p)} : \ell_p$,

$|C_{\lambda,\mu}|_p \rightarrow \ell_p$, which maps every sequence $x \in |C_{\lambda,\mu}|_p$ to its associated sequence $y \in \ell_p$, is bijective and norm preserving.

Also, we state the notations $\Lambda_c, \Lambda_\infty$ and Λ_s as follows:

$$\begin{aligned} \Lambda_c &= \left\{ \varepsilon \in w : \lim_m \bar{E}_r^{(m)} \text{ exists for all } r \in \mathbb{N} \right\}, \\ \Lambda_\infty &= \left\{ \varepsilon \in w : \sup_{m,r} \left| r E_r^{\lambda+\mu} \bar{E}_r^{(m)} \right| < \infty \right\}, \\ \Lambda_s &= \left\{ \varepsilon \in w : \sup_m \sum_{r=1}^m \left| r^{1/p} E_r^{\lambda+\mu} \bar{E}_r^{(m)} \right|^q < \infty \right\}, \end{aligned}$$

where

$$\bar{E}_r^{(m)} = \sum_{k=r}^m \frac{E_{k-r}^{-\lambda-1} \varepsilon_k}{k E_k^\mu}; m, r \geq 1.$$

Also, we need the following known results for our investigation.

Lemma 2.1 (Sarigöl, 2015). Let $1 < p < \infty$. Then, $T = (t_{nk}) \in (\ell_p, \ell)$ if and only if

$$\|T\|'_{(\ell_p, \ell)} = \left\{ \sum_{k=0}^{\infty} \left(\sum_{n=0}^{\infty} |t_{nk}| \right)^q \right\}^{1/q} < \infty,$$

and there exists $1 \leq \xi \leq 4$ such that $\|T\|'_{(\ell_p, \ell)} = \xi \|T\|_{(\ell_p, \ell)}$.

Lemma 2.2 (Maddox, 1970). Let $1 \leq p < \infty$. Then, $T = (t_{nk}) \in (\ell, \ell_p)$ if and only if

$$\|T\|_{(\ell, \ell_p)} = \sup_k \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} |t_{nk}|^p \right\}^{1/p} < \infty.$$

Lemma 2.3 (Hazar and Sarigöl, 2018). If $1 < p < \infty$, λ and $\lambda + \mu$ are nonnegative integers, then, $|C_{\lambda,\mu}|_p^\beta = \Lambda_c \cap \Lambda_s$ and $|C_{\lambda,\mu}|^\beta = \Lambda_c \cap \Lambda_\infty$.

Now, we prove followings.

First, by taking into account the inverse $\tilde{U}^{(\lambda,\mu,p)}$ of the $U^{(\lambda,\mu,p)}$, we state the following lemma by the previous result.

Lemma 2.4. Let λ and $\lambda + \mu$ be nonnegative integers and $1 \leq p < \infty$. If $t = (t_k) \in \left(|C_{\lambda,\mu}|_p\right)^\beta$, then $\tilde{t}^{(p)} = \left(\tilde{t}_k^{(p)}\right) \in \ell_q$ for $p > 1$ and $\tilde{t}^{(1)} \in \ell_\infty$ for $p = 1$ and the equality

$$\sum_{k=1}^{\infty} t_k x_k = \sum_{k=1}^{\infty} \tilde{t}_k^{(p)} y_k \tag{7}$$

is satisfied for every $x = (x_k) \in |C_{\lambda,\mu}|_p$, where $y = U^{(\lambda,\mu,p)}(x)$ is the associated sequence as in (6)

and $\tilde{t}^{(p)} = \left(\tilde{t}_k^{(p)}\right)$ is defined by

$$\tilde{t}_k^{(p)} = k^{1/p} E_k^{\lambda+\mu} \sum_{r=k}^{\infty} \frac{t_r}{r E_r^\mu} E_{r-k}^{-\lambda-1} = \sum_{r=k}^{\infty} t_r \tilde{u}_{rk}^{(\lambda,\mu,p)}.$$

Lemma 2.5. If $1 < p < \infty$, then we have $\|t\|_{|C_{\lambda,\mu}|_p}^* = \|\tilde{t}^{(p)}\|_{\ell_q}$ and if $p = 1$, then we have

$\|t\|_{|C_{\lambda,\mu}|_p}^* = \|\tilde{t}^{(1)}\|_{\ell_\infty}$, for all $t \in (|C_{\lambda,\mu}|_p)^\beta$, where $\tilde{t}^{(p)} = (\tilde{t}_k^{(p)})$ is as in Lemma 2.4, λ and $\lambda + \mu$ are nonnegative integers.

Proof. Let $1 < p < \infty$ and $t \in (|C_{\lambda,\mu}|_p)^\beta$. Then, by using Lemma 2.4, we write $\tilde{t}^{(p)} = (\tilde{t}_k^{(p)}) \in \ell_q$ and the equality (7) holds for all sequence $x \in |C_{\lambda,\mu}|_p$ and $y \in \ell_p$ which are connected by equation (6). Further, it follows from (5) that $x \in S_{|C_{\lambda,\mu}|_p}$ if and only if $y \in S_{\ell_p}$. Therefore, we deduce from (1) and (7) that

$$\|t\|_{|C_{\lambda,\mu}|_p}^* = \sup_{x \in S_{|C_{\lambda,\mu}|_p}} \left| \sum_{k=1}^{\infty} t_k x_k \right| = \sup_{y \in S_{\ell_p}} \left| \sum_{k=1}^{\infty} \tilde{t}_k^{(p)} y_k \right| = \|\tilde{t}^{(p)}\|_{\ell_p}^*$$

This completes the proof.

The proof is elementary and left to the reader for $p = 1$.

Throughout, we denote the associated matrix $\tilde{T}^{(p)} = (\tilde{t}_{nk}^{(p)})$ of an infinite matrix $T = (t_{nk})$ by

$$\tilde{t}_{nk}^{(p)} = k^{1/p} E_k^{\lambda+\mu} \sum_{r=k}^{\infty} \frac{t_{nr}}{r E_r^\mu} E_{r-k}^{-\lambda-1} = \sum_{r=k}^{\infty} t_{nr} \tilde{u}_{rk}^{(\lambda,\mu,p)} \tag{8}$$

provided the series on the right converges for all $n, k \geq 1$.

Lemma 2.6. Let Z be a sequence space, $T = (t_{nk})$ be an infinite matrix and $1 \leq p < \infty$. If $T \in (|C_{\lambda,\mu}|_p, Z)$, then $\tilde{T}^{(p)} \in (\ell_p, Z)$ such that $T(x) = \tilde{T}^{(p)}(y)$ for all $x \in |C_{\lambda,\mu}|_p$ and $y \in \ell_p$ which are connected by the equation (6), where $\tilde{T}^{(p)}$ associated matrix is defined by (8), λ, μ and $\lambda + \mu$ are nonnegative integers.

Proof. This can be proved easily by using Lemma 2.4.

Finally, we end this section with the following Lemmas on operator norms.

Lemma 2.7. Let $T = (t_{nk})$ be an infinite matrix and $\tilde{T}^{(p)}$ associated matrix given by (8). If T is in any of the classes $(|C_{\lambda,\mu}|_p, c_0)$, $(|C_{\lambda,\mu}|_p, c)$ and $(|C_{\lambda,\mu}|_p, \ell_\infty)$, then, we have, for $1 < p < \infty$, λ, μ and $\lambda + \mu$ nonnegative integers,

$$\|L_T\| = \|T\|_{(|C_{\lambda,\mu}|_p, \ell_\infty)} = \sup_n \|\tilde{T}_n^{(p)}\|_{\ell_q}$$

and for $p = 1$ and $\lambda, \mu, \lambda + \mu$ nonnegative integers,

$$\|L_T\| = \|T\|_{(|C_{\lambda,\mu}|_p, \ell_\infty)} = \sup_n \|\tilde{T}_n^{(1)}\|_{\ell_\infty}.$$

Proof. This can be obtained by combining Remark 1.1 and Lemma 2.5.

Lemma 2.8. Let $T = (t_{nk})$ be an infinite matrix and $\tilde{T}^{(p)} = (\tilde{t}_{nk}^{(p)})$ be associated matrix given by (8). Then, we have:

a-) If $T \in (|C_{\lambda,\mu}|, \ell_p)$, then, for $p \geq 1$,

$$\|L_T\| = \|T\|_{(|C_{\lambda,\mu}|, \ell_p)} = \|\tilde{T}^{(1)}\|_{(\ell, \ell_p)}.$$

b-) If $T \in (|C_{\lambda,\mu}|_p, \ell)$, then, for $1 < p < \infty$, there exists $1 \leq \xi \leq 4$ such that

$$\|L_T\| = \|T\|_{(|C_{\lambda,\mu}|_p, \ell)} = \|\tilde{T}^{(p)}\|_{(\ell_p, \ell)} = \frac{1}{\xi} \|\tilde{T}^{(p)}\|'_{(\ell_p, \ell)}.$$

Proof. Part of a-) and b-) can be obtained by combining Remark 1.1 with Lemma 2.2 and Lemma 2.1, respectively.

3. Compact matrix operators on $|C_{\lambda,\mu}|_p$

In this section, we characterize the classes of infinite matrices $(|C_{\lambda,\mu}|_p, X)$, where $p \geq 1$, $X = \{c_0, c, \ell_\infty\}$. Also, we establish the Hausdorff measures of noncompactness of certain matrix operators on the generalized absolute Cesàro series spaces and using the Hausdorff measure of noncompactness, we give the necessary and sufficient conditions for such operators to be compact.

Now, we are ready to give following results.

Lemma 3.1 (Stieglitz and Tietz, 1977).

a-) $T = (t_{nr}) \in (\ell, c) \Leftrightarrow$ (i) $\lim_n t_{nr}$ exists, $r \geq 0$, (ii) $\sup_{n,r} |t_{nr}| < \infty$.

b-) $T = (t_{nr}) \in (\ell, \ell_\infty) \Leftrightarrow$ (ii) holds.

c-) Let $1 < p < \infty$. $T = (t_{nr}) \in (\ell_p, c) \Leftrightarrow$ (i) holds, (iii) $\sup_n \sum_{r=0}^\infty |t_{nr}|^q < \infty$.

d-) Let $1 < p < \infty$. $T = (t_{nr}) \in (\ell_p, \ell_\infty) \Leftrightarrow$ (iii) holds.

e-) Let $1 < p < \infty$. $T = (t_{nr}) \in (\ell_p, c_0) \Leftrightarrow$ (iii) holds, (iv) $\lim_n t_{nr} = 0, r \geq 0$.

f-) $T = (t_{nr}) \in (\ell, c_0) \Leftrightarrow$ (ii) and (iv) holds.

Now, we prove our first main result.

Theorem 3.2. Suppose that $T = (t_{nk})$ is an infinite matrix of complex numbers for all $n, k \geq 1$, the associated matrix $\tilde{T}^{(1)} = (\tilde{t}_{nk}^{(1)})$ is defined by

$$\tilde{t}_{nk}^{(1)} = kE_k^{\lambda+\mu} \sum_{r=k}^\infty \frac{t_{nr}}{rE_r^\mu} E_{r-k}^{-\lambda-1}, \tag{9}$$

μ and $\lambda + \mu$ are nonnegative integers. Then

a-) $T \in (|C_{\lambda,\mu}|, \ell_\infty)$ if and only if

$$\lim_m \sum_{k=r}^m \frac{E_{k-r}^{-\lambda-1} t_{nk}}{kE_k^\mu} \text{ exists for } n, r \geq 1, \tag{10}$$

$$\sup_{m,i} \left| i E_i^{\lambda+\mu} \sum_{r=i}^m \frac{E_{r-i}^{-\lambda-1} t_{nr}}{r E_r^\mu} \right| < \infty, \text{ for } n \geq 1, \tag{11}$$

$$\sup_{n,k} \left| \tilde{t}_{nk}^{(1)} \right| < \infty. \tag{12}$$

b-) $T \in (|C_{\lambda,\mu}|, c)$ if and only if (10), (11), (12) hold and

$$\lim_n \tilde{t}_{nk}^{(1)} \text{ exists for each } k.$$

c-) $T \in (|C_{\lambda,\mu}|, c_0)$ if and only if (10), (11), (12) hold and

$$\lim_n \tilde{t}_{nk}^{(1)} = 0, \text{ for each } k.$$

Proof. a-) $T \in (|C_{\lambda,\mu}|, \ell_\infty)$ iff $(t_{nv})_{v=1}^\infty \in |C_{\lambda,\mu}|^\beta$ ($n \in \mathbb{N}$) and $T(x) \in \ell_\infty$ for every $x \in |C_{\lambda,\mu}|$, and also, by Lemma 2.3, $(t_{nv})_{v=1}^\infty \in |C_{\lambda,\mu}|^\beta$ iff (10) and (11) hold. Moreover, the series $\sum_v t_{nv} x_v$ converges uniformly in n and so

$$\lim_n T_n(x) = \sum_{v=0}^\infty \lim_n t_{nv} x_v. \tag{13}$$

To prove necessity and sufficiency of condition (12), for every given $x \in |C_{\lambda,\mu}|$ define the operator $U^{(\lambda,\mu,1)} : |C_{\lambda,\mu}| \rightarrow \ell$ by $U^{(\lambda,\mu,1)}(x) = y$. It is clear that this operator is bijection and the matrix corresponding to this operator is triangle. Further, $U^{(\lambda,\mu,1)}(x) = y \in \ell$ iff $x = \tilde{U}^{(\lambda,\mu,1)}(y)$, where $\tilde{U}^{(\lambda,\mu,1)} = (\tilde{u}_{nv}^{(\lambda,\mu,1)})$ is the inverse of $U^{(\lambda,\mu,1)}$ and it is defined by (4) with $p = 1$. Then it follows that

$$\sum_{k=1}^m t_{nk} x_k = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{k=j}^m t_{nk} \tilde{u}_{kj}^{(\lambda,\mu,1)} \right) y_j = \sum_{j=1}^m \varphi_{mj}^{(n)} y_j$$

where the matrix $\varphi^{(n)} = (\varphi_{mj}^{(n)})$, for $j, m = 1, 2, \dots$, is defined by

$$\varphi_{mj}^{(n)} = \begin{cases} \sum_{k=j}^m t_{nk} \tilde{u}_{kj}^{(\lambda,\mu,1)}, & 1 \leq j \leq m \\ 0, & j > m. \end{cases}$$

Thus, from (10) and (11), by applying the matrix $\varphi^{(n)} = (\varphi_{mj}^{(n)})$ to (13), we get that

$$T_n(x) = \lim_m \sum_{j=1}^m \varphi_{mj}^{(n)} y_j = \sum_{j=1}^\infty \left(\sum_{k=j}^\infty t_{nk} \tilde{u}_{kj}^{(\lambda,\mu,1)} \right) y_j = \sum_{j=1}^\infty \tilde{t}_{nj}^{(1)} y_j = \tilde{T}_n^{(1)}(y)$$

converges for all $n \geq 1$, where $\tilde{T}^{(1)} = (\tilde{t}_{nj}^{(1)})$ is defined by $\tilde{t}_{nj}^{(1)} = \lim_m \varphi_{mj}^{(n)}$ for $j, m = 1, 2, \dots$, which is same as in (9).

This shows that the sequence $T(x) = (T_n(x))$ exists. So, we obtain that $T : |C_{\lambda,\mu}| \rightarrow \ell_\infty$ iff $\tilde{T}^{(1)} : \ell \rightarrow \ell_\infty$, and also a few calculations reveal that $\tilde{T}^{(1)} = T_o \tilde{U}^{(\lambda,\mu,1)}$. Thus, it follows by applying Lemma 3.1 with the matrix $\tilde{T}^{(1)}$ that $\tilde{T}^{(1)} : \ell \rightarrow \ell_\infty$ iff (12) holds, and this concludes the proof of the part a-).

Part b-) and c-) can be proved similarly by using Lemma 3.1.

Theorem 3.3. Suppose that $T = (t_{nk})$ is an infinite matrix of complex numbers for all $n, k \geq 1$ and the associated matrix $\tilde{T}^{(p)} = (\tilde{t}_{nk}^{(p)})$ is defined by (8), μ and $\lambda + \mu$ are nonnegative integers and $1 < p < \infty$. Then,

a-) $T \in (|C_{\lambda,\mu}|_p, \ell_\infty)$ if and only if (10) holds, and

$$\sup_m \sum_{i=1}^m \left| i^{1/p} E_i^{\lambda+\mu} \sum_{r=i}^m \frac{E_r^{-\lambda-1} t_{vr}}{r E_r^\mu} \right|^q < \infty, \quad v \geq 1, \tag{14}$$

$$\sup_n \sum_{r=1}^\infty |\tilde{t}_{nr}^{(p)}|^q < \infty. \tag{15}$$

b-) $T \in (|C_{\lambda,\mu}|_p, c)$ if and only if (10), (14), (15) hold and

$$\lim_n \tilde{t}_{nj}^{(p)} \text{ exists for each } j.$$

c-) $T \in (|C_{\lambda,\mu}|_p, c_0)$ if and only if (10), (14), (15) hold and

$$\lim_n \tilde{t}_{nj}^{(p)} = 0, \text{ for each } j.$$

Proof. a-) $T \in (|C_{\lambda,\mu}|_p, \ell_\infty)$ iff $(t_{nv})_{v=1}^\infty \in |C_{\lambda,\mu}|_p^\beta$ ($n \in \mathbb{N}$) and $T(x) \in \ell_\infty$ for every $x \in |C_{\lambda,\mu}|_p$. Also, using Lemma 2.3, it follows that $(t_{nv})_{v=1}^\infty \in |C_{\lambda,\mu}|_p^\beta$ iff (10) and (14) hold. Moreover, the series $\sum_v t_{nv} x_v$ converges uniformly in n and so (13) holds.

To get the condition (15), as in the proof of Theorem 3.2, for every given $x \in |C_{\lambda,\mu}|_p$ define the operator $U^{(\lambda,\mu,p)} : |C_{\lambda,\mu}|_p \rightarrow \ell_p$ by $U^{(\lambda,\mu,p)}(x) = y$. Also, the inverse matrix $\tilde{U}^{(\lambda,\mu,p)} = (\tilde{u}_{nv}^{(\lambda,\mu,p)})$ of $U^{(\lambda,\mu,p)}$ is defined by (4). So we obtain that

$$\sum_{v=1}^m t_{nv} x_v = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{v=j}^m t_{nv} \tilde{u}_{vj}^{(\lambda,\mu,p)} \right) y_j = \sum_{j=1}^m b_{mj}^{(n)} y_j$$

where for $j, m = 1, 2, \dots$, the matrix $B^{(n)} = (b_{mj}^{(n)})$ is defined by

$$b_{mj}^{(n)} = \begin{cases} \sum_{v=j}^m t_{nv} \tilde{u}_{vj}^{(\lambda,\mu,p)}, & 1 \leq j \leq m \\ 0, & j > m. \end{cases}$$

Thus, from (10) and (14), by applying the matrix $B^{(n)} = (b_{mj}^{(n)})$ to (13), it can be written that

$$T_n(x) = \lim_m \sum_{j=1}^m b_{mj}^{(n)} y_j = \sum_{j=1}^\infty \left(\sum_{v=j}^\infty t_{nv} \tilde{u}_{vj}^{(\lambda,\mu,p)} \right) y_j = \sum_{j=1}^\infty \tilde{t}_{nj}^{(p)} y_j = \tilde{T}_n^{(p)}(y)$$

converges for all $n \geq 1$, where $\tilde{T}^{(p)} = (\tilde{t}_{nj}^{(p)})$ is defined by $\tilde{t}_{nj}^{(p)} = \lim_m b_{mj}^{(n)}$ for $j, m = 1, 2, \dots$, as in (8). This leads us that $T : |C_{\lambda,\mu}|_p \rightarrow \ell_\infty$ if and only if $\tilde{T}^{(p)} : \ell_p \rightarrow \ell_\infty$. Further, it can be easily

calculated that $\tilde{T}^{(p)} = T O \tilde{U}^{(\lambda, \mu, p)}$. Hence, by Lemma 3.1, $\tilde{T}^{(p)} : \ell_p \rightarrow \ell_\infty$ iff (15) holds, and this proves the part of a-).

Part b-) and c-) can be proved similarly by using Lemma 3.1.

We may state the following lemma on the Hausdorff measures of noncompactness.

Lemma 3.4. (Mursaleen and Noman, 2010; Theorem 3.7) Let $X \supset \phi$ be a BK space. Then, we have:

a-) If $T \in (X, \ell_\infty)$, then

$$0 \leq \|L_T\|_X \leq \limsup_{n \rightarrow \infty} \|T_n\|_X^*$$

b-) If $T \in (X, c_0)$, then

$$\|L_T\|_X = \limsup_{n \rightarrow \infty} \|T_n\|_X^*$$

c-) If X has AK or $X = \ell_\infty$ and $T \in (X, c)$, then

$$\frac{1}{2} \limsup_{n \rightarrow \infty} \|T_n - \gamma\|_X^* \leq \|L_T\|_X \leq \limsup_{n \rightarrow \infty} \|T_n - \gamma\|_X^*$$

where $\gamma = (\gamma_v)$ with $\gamma_v = \lim_{n \rightarrow \infty} t_{nv}$ for all $v \in \mathbb{N}$.

Now, let $T = (t_{nk})$ be an infinite matrix and $\tilde{T}^{(p)} = (\tilde{t}_{nk}^{(p)})$ the associated matrix defined by (8). Then connected with Lemma 3.4, we can prove next result using Lemma 2.5 and Lemma 2.6.

Theorem 3.5. Let μ and $\lambda + \mu$ be nonnegative integers and $p \geq 1$. Then, we have:

a-) If $T \in (|C_{\lambda, \mu}|_p, \ell_\infty)$, then

$$0 \leq \|L_T\|_X \leq \limsup_{n \rightarrow \infty} \left\| \tilde{T}_n^{(p)} \right\|_{\ell_p}^* \tag{16}$$

and

$$L_T \text{ is compact if } \lim_{n \rightarrow \infty} \left\| \tilde{T}_n^{(p)} \right\|_{\ell_p}^* = 0. \tag{17}$$

b-) If $T \in (|C_{\lambda, \mu}|_p, c_0)$, then

$$\|L_T\|_X = \limsup_{n \rightarrow \infty} \left\| \tilde{T}_n^{(p)} \right\|_{\ell_p}^* \tag{18}$$

and

$$L_T \text{ is compact if and only if } \lim_{n \rightarrow \infty} \left\| \tilde{T}_n^{(p)} \right\|_{\ell_p}^* = 0. \tag{19}$$

c-) If $T \in (|C_{\lambda, \mu}|_p, c)$, then

$$\frac{1}{2} \limsup_{n \rightarrow \infty} \left\| \tilde{T}_n^{(p)} - \tilde{\gamma} \right\|_{\ell_p}^* \leq \|L_T\|_X \leq \limsup_{n \rightarrow \infty} \left\| \tilde{T}_n^{(p)} - \tilde{\gamma} \right\|_{\ell_p}^*, \tag{20}$$

and

$$L_T \text{ is compact if and only if } \lim_{n \rightarrow \infty} \left\| \tilde{T}_n^{(p)} - \tilde{\gamma} \right\|_{\ell_p}^* = 0, \tag{21}$$

where $\tilde{\gamma} = (\tilde{\gamma}_v)$ with $\tilde{\gamma}_v = \lim_{n \rightarrow \infty} \tilde{t}_{nv}^{(p)}$ for all $v \in \mathbb{N}$.

Proof. Considering Lemma 1.2, we derive the conditions (17),(19) and (21) from the conditions (16), (18) and (20), respectively. So, we may prove (16), (18) and (20).

Since $|C_{\lambda,\mu}|_p, p \geq 1$ is a *BK*-space, by combining parts a-) and b-) of Lemma 3.4 with Lemma 2.5, we get the conditions (16) and (18), respectively.

Now, we show that the condition (20) holds. Let $T \in (|C_{\lambda,\mu}|_p, c)$ be given, then it follows from Lemma 2.6 that $\tilde{T}^{(p)} \in (\ell_p, c)$, where $\tilde{T}^{(p)}$ is defined by (8). Also, if we take $X = \ell_p$, which has *AK*, in part c-) of Lemma 3.4, then $\tilde{T}^{(p)} \in (\ell_p, c)$ implies that

$$\frac{1}{2} \limsup_{n \rightarrow \infty} \left\| \tilde{T}_n^{(p)} - \tilde{\gamma} \right\|_{\ell_p}^* \leq \|L_{\tilde{T}^{(p)}}\|_{\chi} \leq \limsup_{n \rightarrow \infty} \left\| \tilde{T}_n^{(p)} - \tilde{\gamma} \right\|_{\ell_p}^*, \tag{22}$$

where $\tilde{\gamma} = (\tilde{\gamma}_v)$ with $\tilde{\gamma}_v = \lim_{n \rightarrow \infty} \tilde{t}_{nv}^{(p)}$ for all $v \in \mathbb{N}$.

On the other hand, let $S_{|C_{\lambda,\mu}|_p}$ be the unit sphere in $|C_{\lambda,\mu}|_p$. Then, we can write that $x \in S_{|C_{\lambda,\mu}|_p}$ if and only if $y \in S_{\ell_p}$, where S_{ℓ_p} denotes the unit sphere in ℓ_p , $x \in |C_{\lambda,\mu}|_p$ and $y \in \ell_p$, since $T(x) = \tilde{T}^{(p)}(y)$ by Lemma 2.6. For brevity, we use the notation $S_{|C_{\lambda,\mu}|_p} = S$ and $S_{\ell_p} = \bar{S}$. So, this leads us by Remark 1.1, Lemma 1.2, and Lemma 2.6 to the consequence that

$$\|L_T\|_{\chi} = \chi(TS) = \chi(\tilde{T}^{(p)}\bar{S}) = \|L_{\tilde{T}^{(p)}}\|_{\chi}. \tag{23}$$

This completes the proof by (22) and (23).

Concerning the compactness characterizations of $(|C_{\lambda,\mu}|, \ell_p)$ for $1 \leq p < \infty$ and $(|C_{\lambda,\mu}|_p, \ell)$ for $p > 1$, we have next result.

Theorem 3.6 Let μ and $\lambda + \mu$ be nonnegative integers, $T = (t_{nk})$ be an infinite matrix and $\tilde{T}^{(p)} = (\tilde{t}_{nk}^{(p)})$ the associated matrix defined by (8).

a-) If $T \in (|C_{\lambda,\mu}|, \ell_p)$, then, for $1 \leq p < \infty$,

$$\|L_T\|_{\chi} = \limsup_{r \rightarrow \infty} \liminf_v \left(\sum_{n=r+1}^{\infty} |\tilde{t}_{nv}^{(1)}|^p \right)^{1/p} \tag{24}$$

and

$$L_T \text{ is compact iff } \limsup_{r \rightarrow \infty} \liminf_v \sum_{n=r+1}^{\infty} |\tilde{t}_{nv}^{(1)}|^p = 0. \tag{25}$$

b-) If $T \in (|C_{\lambda,\mu}|_p, \ell)$, then, for $p > 1$, there exists $1 \leq \xi \leq 4$ such that

$$\|L_T\|_{\chi} = \frac{1}{\xi} \lim_{r \rightarrow \infty} \left(\sum_{v=1}^{\infty} \left(\sum_{n=r+1}^{\infty} |\tilde{t}_{nv}^{(p)}| \right)^q \right)^{1/q}$$

and

$$L_T \text{ is compact iff } \lim_{r \rightarrow \infty} \sum_{v=1}^{\infty} \left(\sum_{n=r+1}^{\infty} |\tilde{t}_{nv}^{(p)}| \right)^q = 0.$$

Proof. a-) Let $S_{|C_{\lambda,\mu}|}$ be the unit sphere in $|C_{\lambda,\mu}|$, that is, $S_{|C_{\lambda,\mu}|} = \{x \in |C_{\lambda,\mu}| : \|x\| = 1\}$. Then, from (5), we know that $x \in S_{|C_{\lambda,\mu}|}$ if and only if $y \in S_{\ell}$, where S_{ℓ} denotes the unit sphere in ℓ , $x \in |C_{\lambda,\mu}|$ and $y \in \ell$ are connected by the equation (6). For brevity, we write $S_{|C_{\lambda,\mu}|} = S$ and $S_{\ell} = \bar{S}$. So, using Remark 1.1, Lemma 1.2 and Lemma 1.3, we obtain

$$\begin{aligned} \|L_T\|_{\chi} &= \chi(TS) = \chi(\tilde{T}^{(1)}\bar{S}) \\ &= \limsup_{r \rightarrow \infty} \sup_{y \in \bar{S}} \|(I - P_r)\tilde{T}^{(1)}(y)\|_{\ell_p} \\ &= \limsup_{r \rightarrow \infty} \sup_v \left(\sum_{n=r+1}^{\infty} |\tilde{t}_{nv}^{(1)}|^p \right)^{1/p}, \end{aligned}$$

where $P_r : \ell_p \rightarrow \ell_p$ is defined by $P_r(y) = (y_0, y_1, \dots, y_r, 0, \dots)$, which completes the asserted by Lemma 2.2.

Also, we get the condition (25) from the condition (24) using Lemma 1.2.

Since one can easily prove part b-) as in part a-) using Lemma 2.1 instead of Lemma 2.2, so we omit the detail.

References

- Altay, B. and Başar, F., (2007). Generalization of the sequence space $l(p)$ derived by weighted mean. *J. Math. Anal. Appl.* 330, 174-185.
- Altay, B., Başar, F. and Malkowsky, E., (2009). Matrix transformations on some sequence spaces related to strong Cesàro summability and boundedness. *Appl. Math. Comput.*, 211(2) 255-264.
- Başarır, M. and Kara, E.E., (2011a). On compact operators on the Riesz B^m difference sequence space, *Iran. J. Sci. Technol. Trans. A*, 35(A4), 279-285.
- Başarır, M. and Kara, E.E., (2011b). On some difference sequence spaces of weighted means and compact operators, *Annals Funct. Anal.*, 2(2), 114-129.
- Başarır, M. and Kara, E.E., (2012a). On the B difference sequence space derived by generalized weighted mean and compact operators, *J. Math. Anal. Appl.*, 391(1), 67-81.
- Başarır, M. and Kara, E.E., (2012b). On compact operators on the Riesz B^m difference sequence spaces II, *Iran. J. Sci. Technol. Trans. A*, 36(A), 371-376.
- Başarır, M. and Kara, E.E., (2013). On the mth order difference sequence space of generalized weighted mean and compact operators. *Acta Math. Sci.*, 33, 797-813.
- Borwein, D., (1958). Theorems on some methods of summability. *Quart. J. Math. Oxford Ser.*, 9, 310-314.
- Çanak, İ., (2020). A Tauberian Theorem for a Weighted Mean Method of Summability in Ordered Spaces. *National Academy Science Letters- India*.
- Das, G., (1970). A Tauberian theorem for absolute summability. *Proc. Cambridge Philos.*, 67, 321-326.
- Djoločić, I., (2010). On compact operators on some spaces related to matrix $B(r, s)$. *Filomat*, 24(2), 41-51.
- Et, M. and Işık, M., (2012). On $p\alpha$ -dual spaces of generalized difference sequence spaces. *Applied Math. Letters*, 25, 1486-1489.
- Flett, T.M., (1957). On an extension of absolute summability and some theorems of Littlewood and Paley. *Proc. London Math. Soc.*, 7, 113-141.

- Goldenstein L.S., Gohberg I.C. and Markus A.S., (1957). Investigation of some properties of bounded linear operators in connection with their q -norms. *Ucen. Zap. Kishinevsk. Univ.*, 29, 29–36.
- Hazar, G. C. and Sarigöl, M.A., (2018a). Absolute Cesàro series spaces and matrix operators. *Acta App. Math.*, 154, 153–165.
- Hazar Güleç, G.C. and Sarigöl, M.A., (2018b). Compact and Matrix Operators on the Space $|C, -1|_k$. *J. Comput. Anal. Appl.*, 25(6), 1014-1024.
- Hazar Güleç, G.C., (2020). Compact Matrix Operators on Absolute Cesàro Spaces. *Numer. Func. Anal. Opt.*, 41(1), 1-15.
- İlkhan, M. and Kara, E.E., (2019). A new Banach space defined by Euler Totient matrix operator, *Oper. Matrices*, 13(2), 527-544.
- İlkhan, M., (2020). A new conservative matrix derived by Catalan numbers and its matrix domain in the spaces c and c_0 . *Linear Multilinear Algebra*, 68(2), 417-434.
- Kara, E. E. and İlkhan, M., (2016). Some properties of generalized Fibonacci sequence spaces. *Linear and Multilinear Algebra*, 64(11), 2208–2223.
- Kara, E. E. and Başarır M., (2011). On compact operators and some Euler B^m difference sequence spaces, *J. Math. Anal. Appl.*, 379(2), 499-511.
- Karakaya, V., Noman, A., K. and Polat, H., (2011). On paranormed λ - sequence spaces of non-absolute type. *Mathematical and Comp. Modelling*, 54, 1473–1480.
- Maddox, I.J., (1970). *Elements of functional analysis*, London, New York, Cambridge University Press.
- Malkowsky, E. and Rakočević, V., (2000), . An introduction into the theory of sequence space and measures of noncompactness, *Zb. Rad. (Beogr)*, 9(17), 143-234.
- Malkowsky, E., Rakočević, V., S. Živković, (2002). Matrix transformations between the sequence spaces bv^p and certain BK spaces, *Bull. Cl. Sci. Math. Nat. Sci. Math.*, 123(27), 33-46.
- Mazhar, S.M., (1971). On the absolute summability factors of infinite series, *Tohoku Math. J.*, 23, 433-451.
- Mehdi, M.R., (1960). Summability factors for generalized absolute summability I, *Proc. London Math. Soc.*, 10, 180-199.
- Mohapatra, R.N. and Sarigöl, M.A., (2018). On Matrix Operators on the Series Space $\left| \overline{N}_p^\theta \right|_k$, *Ukrainian Math J*, 69(11), 1772-1783.
- Mursaleen, M. and Noman, A. K., (2010). Compactness by the Hausdorff measure of noncompactness, *Nonlinear Analysis: TMA*, 73(8), 2541-2557.
- Mursaleen, M. and Noman, A. K., (2011). The Hausdorff measure of noncompactness of matrix operators on some BK spaces, *Operator and Matrices*, 5(3), 473-486.
- Mursaleen, M. and Noman, A. K., (2014). Hausdorff measure of noncompactness of certain matrix operators on the sequence spaces of generalized means, *Journal of Math. Anal. and Appl.*, 417, 96-111.
- Nur, M. Gunawan, H., (2019). Three Equivalent n -Norms on the Space of p -Summable Sequences, *Fundamental Journal of Mathematics and Applications*, 2(2), 123-129.
- Rakočević, V., (1998). Measures of noncompactness and some applications, *Filomat*, 12(2), 87-120.
- Sarigöl, M.A., (2015). Extension of Mazhar's theorem on summability factors, *Kuwait J. Sci.*, 42(3), 28-35.
- Sarigöl, M.A., (2016). Spaces of Series Summable by Absolute Cesàro and Matrix Operators, *Comm. Math Appl.*, 7(1), 11-22.
- Sezer, S.A. and Çanak, İ., (2015). On a Tauberian theorem for the weighted mean method of summability, *Kuwait J. Sci.*, 42, 1-9.
- Stieglitz, M. and Tietz, H., (1977). Matrixtransformationen von folgenraumen eine ergebnisüberischt, *Math Z.*, 154, 1-16.
- Wilansky, A., (1984). *Summability Through Functional Analysis*, North-Holland Mathematical Studies, 85, Elsevier Science Publisher.
- Zengin Alp, P. and İlkhan, M., (2019). On the difference sequence space $\ell_p(\hat{T}^q)$, *Math. Sci. Appl. E-Notes*, 7(2), 161-173.

Otomatik Gerilim Regülatörü için Evrimsel Algoritma Tabanlı Filtreli PID Denetleyici Tasarımı

Büşra ÖZGENÇ^{1*}, Mustafa Şinasi AYAS², İsmail Hakkı ALTAŞ³

^{1,2,3}Karadeniz Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

Geliş Tarihi: 15.04.2020

Kabul Tarihi: 29.05.2020

*Sorumlu Yazar: busraozgenc@ktu.edu.tr

Öz

Otomatik gerilim regülatör (OGR) sistemi, generatör terminal gerilimini belirtilen seviyede tutmak için güç sistemlerinde yaygın olarak kullanılır. OGR sisteminde farklı denetleyiciler kullanılarak generatör terminal geriliminin denetimi gerçekleştirilmektedir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda OGR sisteminin dinamik performansını iyileştirmeyi ve sürekli durum hatasını sifıra indirmeyi hedeflemektedir ve bu kapsamda evrimsel algoritmalar yardımıyla denetleyici tasarlanmaktadır. Evrimsel algoritmalar, denetleyici parametrelerini belirlenen bir amaç fonksiyonunu göz önüne alarak optimal bir şekilde ayarlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bir OGR sisteminin denetimi için iki farklı filtreli oransal-integral-türevsel (PID-F) denetleyici tasarlanmıştır. Denetleyicilerin parametrelerini ayarlamak için atom arama optimizasyonu (AAO) ve parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) algoritmaları kullanılmıştır. Her bir denetleyici için OGR sisteminin geçici yanıt analizi, frekans analizi, dayanıklılık analizi Matlab/Simulink programında incelenmiş ve performans karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, AAO algoritmasının PSO algoritmasından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca, AAO algoritması ile tasarlanmış PID-F denetleyicinin, AAO, PSO, biyocoğrafyaya dayalı optimizasyon (BDO) ve yapay arı koloni (YAK) algoritmaları ile ayarlanmış klasik PID denetleyicilere göre geçici yanıt karakteristiklerini iyileştirdiği ve sistemin kararlılığını ve dayanıklılığını arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atom arama optimizasyonu, OGR sistemi, PID-F denetleyici, Parçacık sürüsü optimizasyonu.

Design of Evolutionary Algorithm Based PID Controller with filter for an Automatic Voltage Regulator

Abstract

The automatic voltage regulator (AVR) system is commonly used in power systems to keep the terminal voltage of generator at a specified level. The terminal voltage level is controlled by using different controllers in an AVR sistem. Researchers aim to improve dynamic performance of the AVR system and to decrease the steady state error to zero by using different controllers in their studies. They design controllers by utilizing evolutionary algorithms. Evolutionary algorithms are widely used to optimally tune controller parameters according to predefined objective function. In this study, two different proportional-integral-derivative with filter (PID-F) controllers are designed for the AVR system. Atom search optimization (ASO) and particle swarm optimization (PSO) algorithms are used to tune the parameters of the controllers. For each controller, transient response analysis, frequency analysis, and robustness analysis are examined in Matlab/Simulink for the AVR system and performance comparison is made. The results indicate that the ASO algorithm achieves better results than the PSO algorithm. In addition, it is concluded that the PID-F controller designed with ASO algorithm improves the transient response characteristics, stability and robustness compared to the classical PID controller of which the parameters are tuned by ASO, PSO, Biogeography based optimization (BBO) and Artificial bee colony (ABC).

Keywords: Atom search optimization, AVR system, PID-F controller, Particle swarm optimization.

1. Giriş

Güç sistemlerinde kullanılan elemanların dayanıklılığı ve ömrü, gerekli anma gerilim seviyesinin yüksek hassasiyetle sağlanmasıyla artırılabilir. Çünkü bu elemanlar anma gerilimi dikkate alınarak tasarlanmıştır. Ayrıca, hat kayıplarında etkili olan reaktif güç akışı bu gerilim değerine bağlıdır. Bu nedenle, gerilim seviyesinin istenen seviyede tutulması için kontrol edilmesi önemlidir (Gozde ve Taplamacioglu, 2011).

Hat kayıplarını azaltmaya yönelik yapılan gerilim kontrolü için otomatik gerilim regülatör (OGR) sistemleri kullanılmaktadır. OGR sistemi, generatör terminal gerilimini belirtilen seviyede tutmak için güç sistemlerinde yaygın olarak kullanılan bir kapalı çevrim kontrol sistemidir. OGR sistemleri, dinamik performansı geliştirmek için denetleyicilerle birlikte kullanılır. Klasik denetleyici yöntemlerinden biri olan oransal-integral-türevsel (PID) denetleyici, kullanım kolaylığı ve güçlü performansı nedeniyle OGR sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Bingul ve Karahan, 2018; Gozde ve Taplamacioglu, 2011). Bir PID denetleyici tasarımı geleneksel yöntemlerle yapılabileceği gibi meta-sezgisel optimizasyon algoritmaları kullanılarak da yapılabilir. Ziegler-nichols yöntemi ve kazanç-faz marjin yöntemi gibi geleneksel yöntemlerin zayıf kapalı çevrim yanıtları sağlama ve doğrusal olmayan sistemlerde uygulama zorluğu gibi dezavantajları vardır (Coelho, 2009). Bu nedenle, araştırmacılar son yıllarda yaygın olan optimizasyon algoritmalarını kullanarak OGR sistemi için PID denetleyici parametrelerini ayarlamaktadır. Literatürde, guguk kuşu algoritması (Bingul ve Karahan, 2018), karınca koloni optimizasyonu (Blondin ve ark., 2018), simbiyotik organizma arama algoritması (Çelik ve Durgut, 2018), karınca aslanı optimizasyonu (Bourouba ve ark., 2019), arılar algoritması ve ateşböceği algoritması (Hameed ve ark., 2019), çekirge optimizasyon algoritması (Hekimoglu ve Ekinci, 2018), biyocoğrafyaya dayalı optimizasyon (Guvenc ve ark., 2016), yapay arı koloni algoritması (Gozde ve Taplamacioglu, 2011), sinüs-kosinüs algoritması (Hekimoglu, 2019), parçacık sürüsü optimizasyon algoritması (Al Gizi, 2018), gri kurt optimizasyon algoritması (Verma ve ark., 2017), genetik algoritma (Suribabu ve Chiranjeevi, 2016), bakteri yem arama optimizasyon algoritması (Anbarasi ve Muralidharan, 2016) gibi optimizasyon algoritmaları OGR sisteminde PID denetleyici parametrelerini optimal ayarlamak için kullanılmıştır. Bununla birlikte kesir dereceli PID denetleyici (Tang ve ark., 2017), kesirli yüksek dereceli diferansiyel geri beslemeli denetleyici (Ayas, 2019), oransal-integral-türev-ikinci dereceden türev (PIDD²) denetleyici (Sahib, 2015) ve oransal-integral-türev-hızlanma (PIDA) denetleyici (Sambariya ve Paliwal, 2016) gibi farklı denetleyiciler de OGR sistemlerinde kullanılmıştır. Fakat bu çalışmaların sayısı, PID denetleyici ile yapılanların yanında oldukça sınırlı sayıdadır.

Yukarıda bahsedilen çalışmalardaki ortak amaç, OGR sistem performansını yüzde aşma oranı, oturma süresi ve yükselme süresi gibi geçici yanıt karakteristikleri açısından iyileştirmektir. Bu amaç

doğrultusunda PID denetleyici tasarımları için farklı evrimsel algoritmalarından faydalanmışlardır. Fakat gerçekleştirilen bu tasarımlarda PID denetleyicinin türev vuruş etkisi göz önüne alınmamıştır. Türev vuruş etkisi, referans işaretindeki ani sıçramalar ile meydana gelir. Böyle bir durumda hata işaretinin ani sıçramasına neden olunur ki bu durumda hatanın türevi çok büyük bir değere ulaşarak denetleyicinin kısa bir süre için de olsa doyuma ulaşmasına yol açar. Türev vuruş etkisini önlemek için PID denetleyicinin türevsel bileşenine alçak geçiren filtre eklenir.

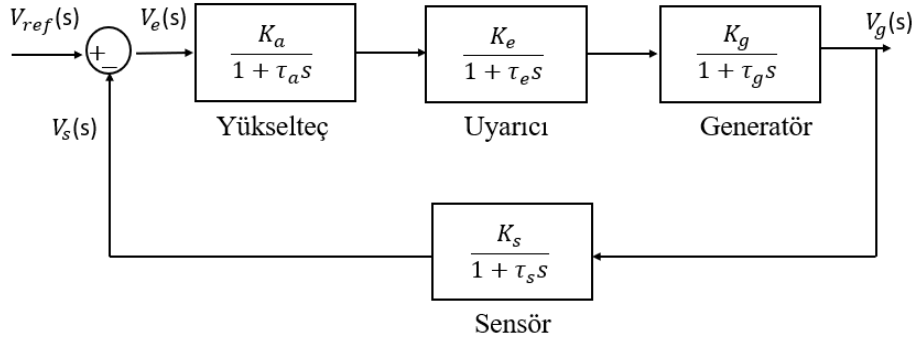
Bu çalışmanın amacı, OGR sisteminin dinamik performansını geliştirmek için yukarıda bahsedilen çalışmaların aksine bir filtrelili PID (PID-F) denetleyici tasarlamaktır. Bu kapsamda denetleyicinin parametreleri ve filtrenin kazancını optimize etmek için hem atom arama optimizasyon (AAO) hem de parçacık sürüsü optimizasyon (PSO) algoritmaları kullanılmıştır. Ayrıca filtrelili yapının klasik PID denetleyici ile karşılaştırmasını yapmak için de parametreleri optimize edilmiş dört farklı klasik PID denetleyici kullanılmıştır. Bu dört denetleyicinin ikisi bu çalışma kapsamında AAO ve PSO algoritmaları ile tasarlanmışken, diğer iki PID denetleyici ise BDO ve YAK algoritmaları kullanılarak tasarlanmış literatürde var olan PID denetleyicilerdir. Hem PID-F hem de PID denetleyicili OGR sistemlerinin benzetimi gerçekleştirilmiş ve performans karşılaştırması yapılmıştır. Karşılaştırmada ilk olarak OGR sisteminin basamak yanıtından elde edilen geçici yanıt karakteristikleri göz önünde bulundurulmuştur. Yüzde aşma oranı, oturma süresi ve yükselme süresinin yanı sıra sürekli durum hatası da dikkate alınmıştır. Ayrıca OGR sisteminin kararlılık analizi (hem bode analizi hem de kutup-sıfır analizi) ve dayanıklılık analizi de gerçekleştirilmiştir.

Makalenin geri kalan kısmı şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2'de, OGR sistem modeli, makalede kullanılan optimizasyon algoritmaları ve bu algoritmaları kullanarak önerilen PID-F denetleyicilerin tasarımı verilmiştir. OGR sisteminin benzetim sonuçları Bölüm 3'te verilmiştir. Son olarak, değerlendirmeler verilir.

2. Materyal ve Metot

2.1. OGR Sisteminin Modellenmesi

Yaygın kullanılan bir OGR sistemi, Şekil 1'de gösterildiği gibi her biri birinci dereceden transfer fonksiyonu ile modellenebilen yükselteç, uyarıcı, generatör ve sensör bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu birinci dereceden transfer fonksiyonları için bir kazanç sabiti K ve bir zaman sabiti τ gereklidir. Bu sabitlerin parametre aralıkları ve bu çalışmada kullanılan değerleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Denetimsiz OGR sisteminin blok diyagramı

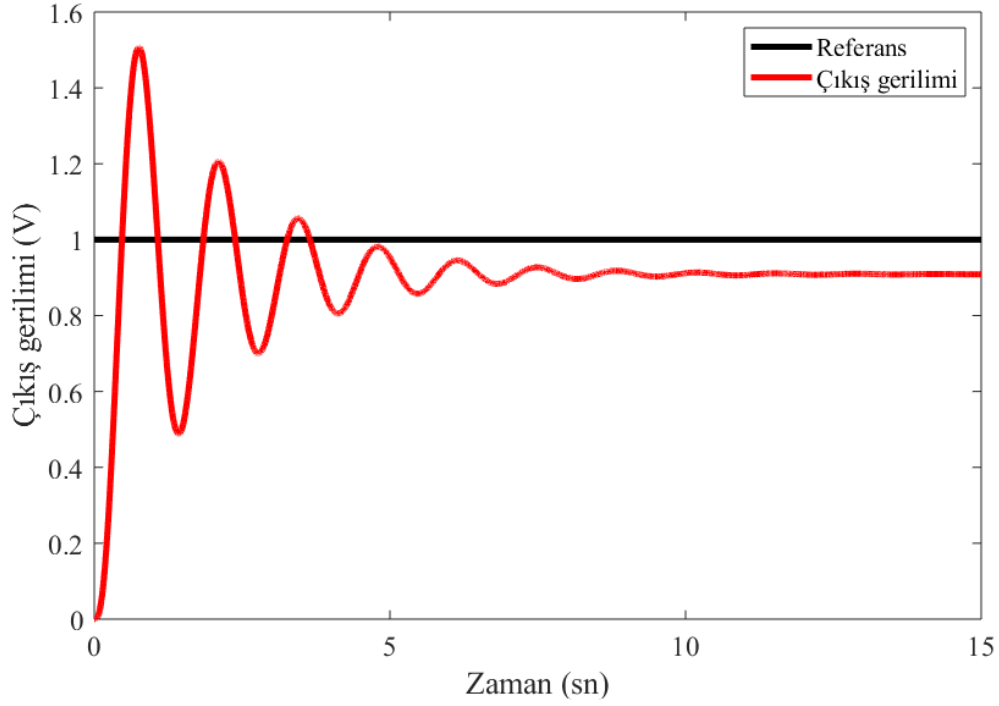
Tablo 1. OGR bileşenlerinin parametreleri (Gaing, 2004; Ayas, 2019)

Bileşenler	Parametre limitleri	Kullanılan değerler
Yükselteç	$10 \leq K_a \leq 40, 0.02 \leq \tau_a \leq 0.1$	$K_a=10, \tau_a=0.1$
Uyarıcı	$1 \leq K_e \leq 10, 0.4 \leq \tau_e \leq 1$	$K_e=1, \tau_e=0.4$
Generatör	$0.7 \leq K_g \leq 1, 1 \leq \tau_g \leq 2$	$K_g=1, \tau_g=1$
Sensör	$0.9 \leq K_s \leq 1.1, 0.001 \leq \tau_s \leq 0.06$	$K_s=1, \tau_s=0.01$

Tablo 1’de verilen parametre değerleri yerine yazıldığında denetimsiz OGR sisteminin kapalı çevrim transfer fonksiyonu eşitlik (1)’de verildiği gibidir.

$$G_{OGR} = \frac{0.1s + 10}{0.0004s^4 + 0.045s^3 + 0.555s^2 + 1.51s + 11} \quad (1)$$

OGR sisteminin herhangi bir denetleyici kullanılmadan elde edilen birim basamak yanıtı Şekil 2’de verilmiştir. Şekilden görülebileceği gibi, generatör çıkış geriliminde %50’ye yakın aşma, geç oturma süresi ve gözardı edilemeyecek sürekli durum hatası vardır. Bu nedenle, minimum aşma, erken oturma süresi ve minimum sürekli durum hatası elde etmek için iyi tasarlanmış bir denetleyici gereklidir.



Şekil 2. Denetimsiz OGR sisteminin basamak yanıtı

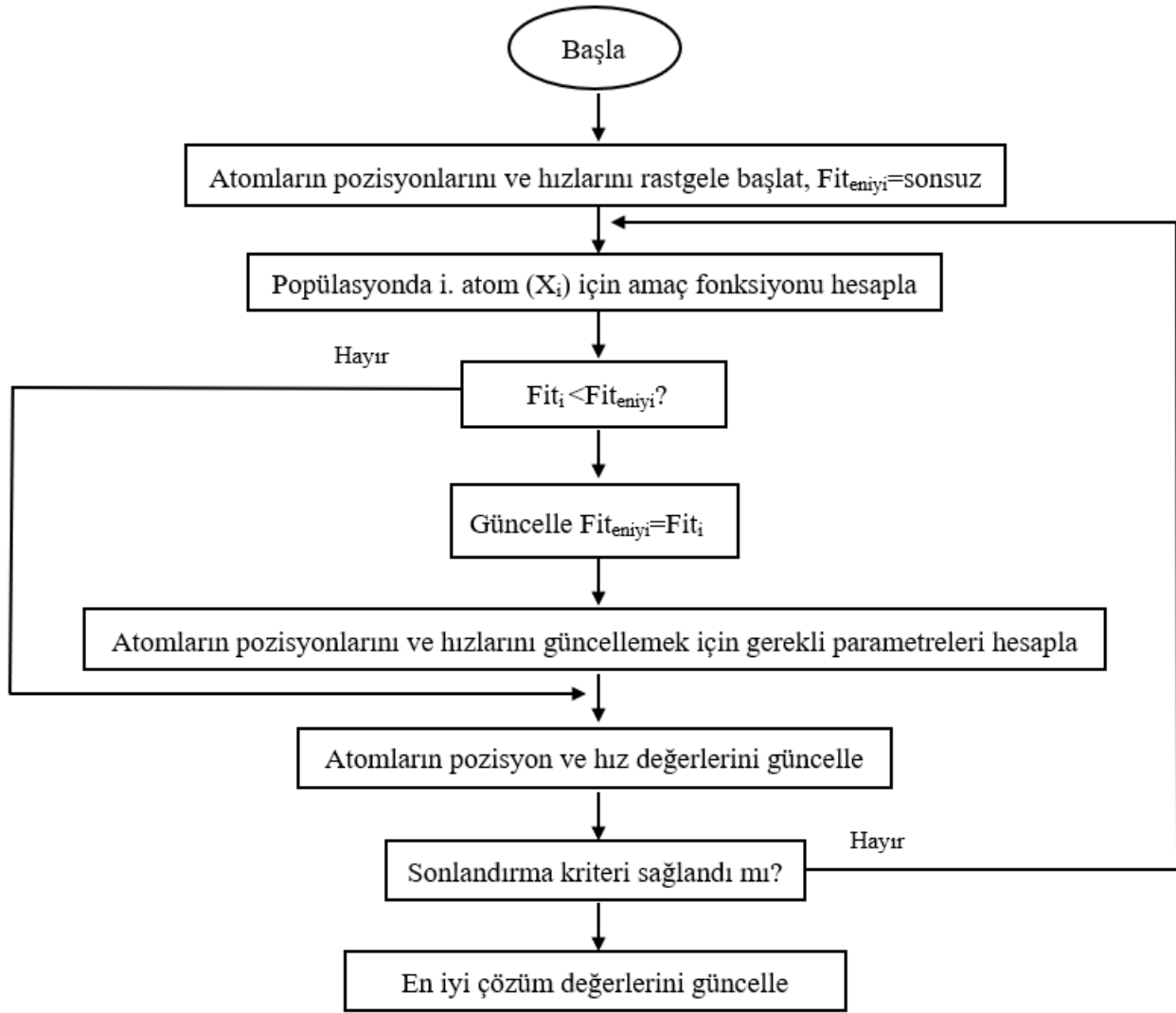
2.2. Atom arama optimizasyonu

Zhao, Wang ve Zhang tarafından geliştirilen atom arama optimizasyon (AAO) algoritması, moleküler dinamiklere dayanmaktadır. AAO algoritmasında arama uzayındaki her atomun pozisyonu, kütlesi tarafından ölçülen bir çözümü temsil etmektedir. Popülasyon içindeki tüm atomlar aralarındaki mesafeye göre birbirini itecek veya çekecektir. Ağır atomların hızı daha düşük olduğu için yerel çözüm bulmada başarılıdır, hafif atomlar ise hızı daha fazla olduğu için arama uzayında daha geniş bir çözüm alanı bulabilmektedir. Bu algoritmada kullanılan hız ve pozisyon güncelleme denklemleri sırasıyla eşitlik (2) ve (3)' te verilmiştir (Zhao ve ark, 2019).

$$v_i^d(t+1) = rand_i^d v_i^d(t) + a_i^d(t) \quad (2)$$

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + v_i^d(t+1) \quad (3)$$

Eşitlik (2) ve (3)'te t iterasyon sayısıdır, i atomun indeksidir, d değişken boyut sayısı, a_i atom i 'nin hızlanma katsayısı, $rand$ 0 ile 1 arasında rastgele bir sayı, v_i ve x_i sırasıyla atom i 'nin hızı ve pozisyonudur. Algoritma tasarımında Matlab programı kullanılmıştır. Algoritma akış çizelgesi Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. AAO algoritması akış çizelgesi

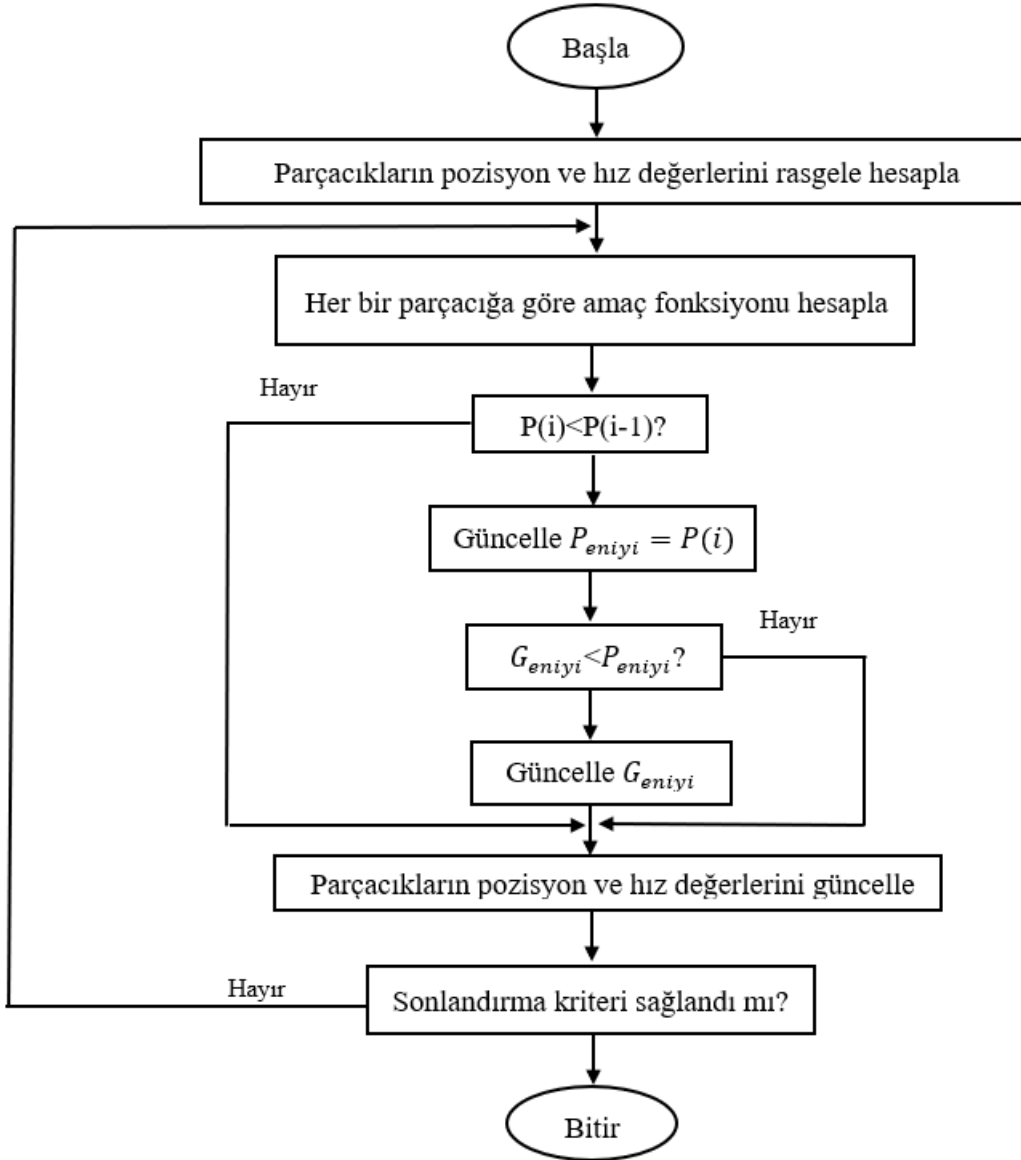
2.3. Parçacık sürüsü optimizasyonu

Kennedy ve Eberhart tarafından geliştirilen parçacık sürüsü optimizasyon algoritması, sürüye dayalı evrimsel bir algoritmadır (Kennedy ve Eberhart, 1995). Algoritma, yiyeceğe en yakın kuşun konumuna göre sürüdeki kuşların hareketine dayanmaktadır. Sürünün hareketini modellemek için parçacıkların konum ve hız güncelleme denklemleri kullanılır. Hız ve pozisyon denklemleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

$$V_i^{k+1} = w^k V_i^k + c_1 r_1 (P_{eniye}^k - X_i^k) + c_2 r_2 (G_{eniye}^k - X_i^k) \quad (4)$$

$$X_i^{k+1} = X_i^k + V_i^{k+1} \quad (5)$$

Eşitlik (4) ve (5)'te k yineleme sayısıdır, i parçacığın indeksidir, w hızı doğrudan etkileyen atalet ağırlığıdır, c_1 ve c_2 sırasıyla bilişsel ve sosyal sabitler olarak adlandırılan ivme faktörleridir, r_1 ve r_2 0 ile 1 arasında rastgele sayılardır, P_{eniye} en iyi yerel çözümdür, G_{eniye} en iyi küresel çözümdür, V_i ve X_i sırasıyla parçacık i 'nin hızı ve konumudur. Genellikle c_1 ve c_2 2'ye ayarlanırken, w 0.9'dan 0.4'e lineer olarak azalır (Gaing, 2004). Algoritma tasarımında Matlab programı kullanılmıştır. Algoritmanın akış çizelgesi Şekil 4'te verildiği gibidir.

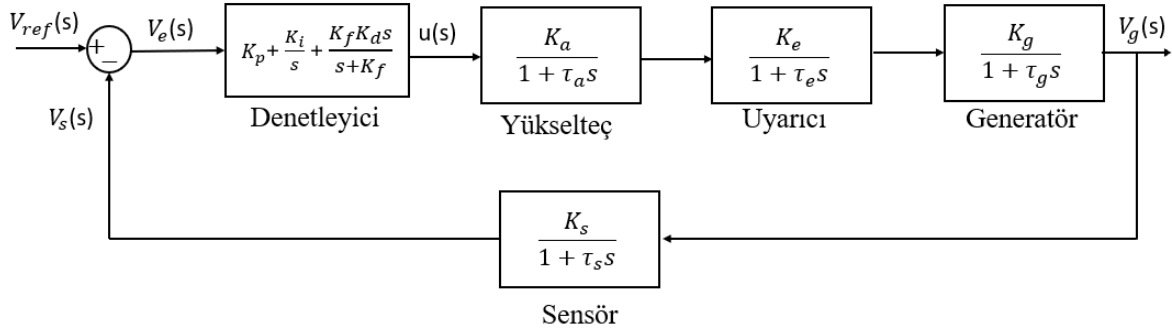


Şekil 4. PSO algoritması akış çizelgesi

2.4. OGR Sistemi için PID-F Denetleyici Tasarımı

OGR sistem performansını iyileştirmek için AAO ve PSO optimizasyon algoritmaları yardımıyla PID-F denetleyici tasarımı benzetim ortamında gerçekleştirilmiştir. PID-F denetleyici içeren kapalı çevrim OGR sistemi Şekil 5'te gösterilmektedir. Kapalı çevrim OGR sistem

parametreleri Tablo 1’de verildiği gibi kullanılmıştır. Tasarlanan PID-F denetleyici transfer fonksiyonu eşitlik (6)’da verilmiştir.



Şekil 5. PID-F denetleyicili kapalı çevrim OGR sisteminin blok diyagramı

$$C_{PID-F} = \frac{(K_p + K_f K_d)s^2 + (K_i + K_f K_p)s + K_i K_f}{s^2 + K_f s} \quad (6)$$

Şekil 5’te verilen PID-F denetleyicili kapalı çevrim OGR sisteminin transfer fonksiyonu eşitlik (7)’de verilmiştir.

$$G_{OGR-PIDF} = \frac{(0.1K_p + 0.1K_f K_d)s^3 + (10K_p + 10K_f K_d + 0.1K_i + 0.1K_f K_p)s^2 + (10K_i + 10K_f K_p + 0.1K_i K_f)s + 10K_i K_f}{0.0004s^4 + 0,0454s^3 + (0.555 + 10K_p + 10K_f K_d)s^2 + (1.51 + 10K_i + 10K_f K_p)s + (1 + 10K_i K_f)} \quad (7)$$

Şekil 5’ten de görüleceği üzere PID-F denetleyicisinin birbirinden bağımsız dört parametresini yani oransal kazanç K_p , integral kazanç K_i , türevsel kazanç K_d ve filtre kazancı K_f ’yi optimum şekilde ayarlamak gerekmektedir. PID-F denetleyicinin ilgili parametreleri hem AAO hem de PSO algoritmaları kullanılarak eşitlik (8) ’de verilen amaç fonksiyonunu minimum yapacak şekilde ayarlanmıştır. Eşitlik (8) ’de, M_p , Ess , t_s ve t_r sırasıyla yüzde aşma oranı, sürekli durum hatası, oturma süresi ve yükselme süresini temsil etmektedir. Bu çalışmada kullanılan amaç fonksiyonu (Gaing,2004) çalışmasında tanımlanmıştır ve geçici yanıt karakteristiklerine ve sürekli durum hatasına dayanmaktadır.

$$AF = (1 - \exp(-1))(M_p / 100 + Ess) + \exp(-1)(t_s - t_r) \quad (8)$$

Algoritmaların 4 boyutlu arama uzaylarının alt limitleri tüm parametreler için sıfırken, üst limitleri K_p , K_i , K_d ve K_f için sırasıyla 2, 1, 1 ve 500 olarak alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan AAO ve PSO algoritmalarında, popülasyon ve iterasyon sayıları 50 alınmıştır ve algoritmaların başlangıç

popülasyonları rastgele başladığı için 10 kez çalıştırılmıştır. 10 denemenin içinden en düşük amaç fonksiyonu değerinin elde edildiği denetleyici parametreleri Tablo 2’de verilmiştir. Önerilen PID-F denetleyicisindeki filtrenin etkisini göstermek için yukarıda bahsedilen aynı koşullar altında AAO ve PSO algoritmaları ile filtresiz klasik PID denetleyici tasarlanmıştır ve denetleyici parametreleri yine Tablo 2’de verilmiştir. Ek olarak, karşılaştırma yapmak amacıyla BDO ve YAK algoritmaları ile tasarlanmış PID denetleyici parametreleri de Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. PID-F ve PID denetleyici parametreleri ve karşılık gelen amaç fonksiyon değeri

Denetleyici	Parametreler				Amaç fonksiyon değeri	İterasyon
	K_p	K_i	K_d	K_f		
AAO-PID-F	0.65	0.4	0.24	460	0.041	35
AAO-PID	1.88	0.31	0.41	-	0.062	38
PSO-PID-F	0.68	0.42	0.25	494	0.044	45
PSO-PID	2	0.36	0.43	-	0.062	23
BDO-PID (Guvenc ve ark., 2016)	1.2464	0.5893	0.4596	-	0.3281	-
YAK-PID (Gozde ve Taplamacioglu, 2011)	1.6524	0.4083	0.3654	-	0.4391	-

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada tasarlanan AAO-PID-F ve PSO-PID-F denetleyicilerinin OGR sistem kontrolündeki başarısını göstermek için ilgili filtreli denetleyiciler AAO-PID, PSO-PID, BDO-PID ve YAK-PID denetleyicileri ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama yapmak için her bir denetleyici için ayrı ayrı olmak üzere OGR sistemin geçici yanıt analizi, kutup/sıfır analizi, bode analizi ve dayanıklılık analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler ve elde edilen sonuçlar alt başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

3.1. Geçici Yanıt Analizi

Tablo 2’de parametre değerleri verilen PID-F ve PID denetleyiciler ayrı ayrı kullanılarak OGR sistemin birim basamak yanıtı elde edilmiştir. Farklı PID denetleyiciler ile denetlenmiş OGR sisteminin basamak yanıtları Şekil 6’da verilmektedir. Elde edilen yanıtların geçici yanıt karakteristikleri Tablo 3’te verilmektedir. Aynı zamanda kalıcı durum hatası ve performans metrik değerleri de Tablo 3’te sunulmuştur. Tablodaki ITAE ve ITSE metrikleri denetleyici performans karşılaştırması için literatürde yaygın olarak kullanılan metriklerdir. Bu performans metriklerinin ifadesi eşitlik (9) ve (10)’ da sırasıyla verilmiştir. Sonuçlar göz önüne alındığında filtreli PID denetleyicilerin (AAO-PID-F ve PSO-PID-F) klasik PID denetleyicilere göre OGR sistem

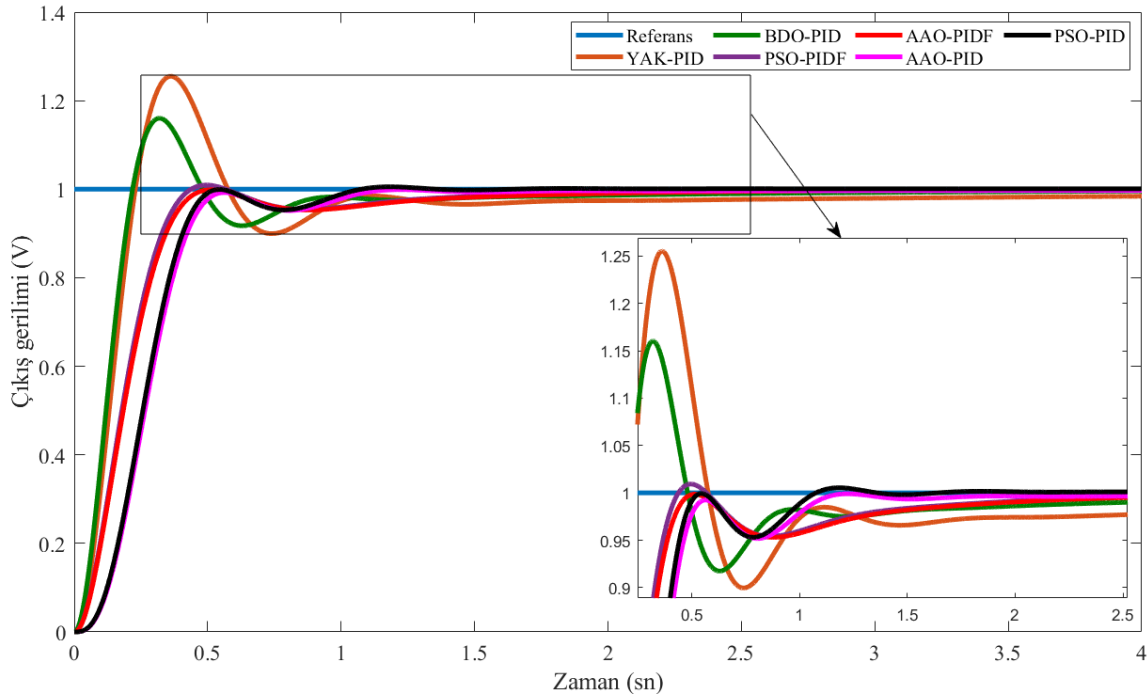
denetiminde daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü en düşük amaç fonksiyon değeri AAO-PID-F ile 2. en düşük amaç fonksiyon değeri ise PSO-PID-F ile elde edilmiştir. Aynı zamanda AAO-PID-F ve PSO-PID-F ile elde edilen maksimum aşma oranı, oturma süresi, yükselme süresi ile amaç fonksiyonu (AF), ITAE ve ITSE metrik değerleri sırasıyla AAO-PID ve PSO-PID ile elde edilenlerden düşüktür ki bu sonuçta PID-F denetleyicisindeki filtrenin pozitif etkisini göstermektedir.

$$ITAE = \int_0^t |e(t)| dt \quad (9)$$

$$ITSE = \int_0^t te^2(t) dt \quad (10)$$

Tablo 3. Farklı denetleyiciler için elde edilen geçici yanıt karakteristikleri ve performans metrikleri

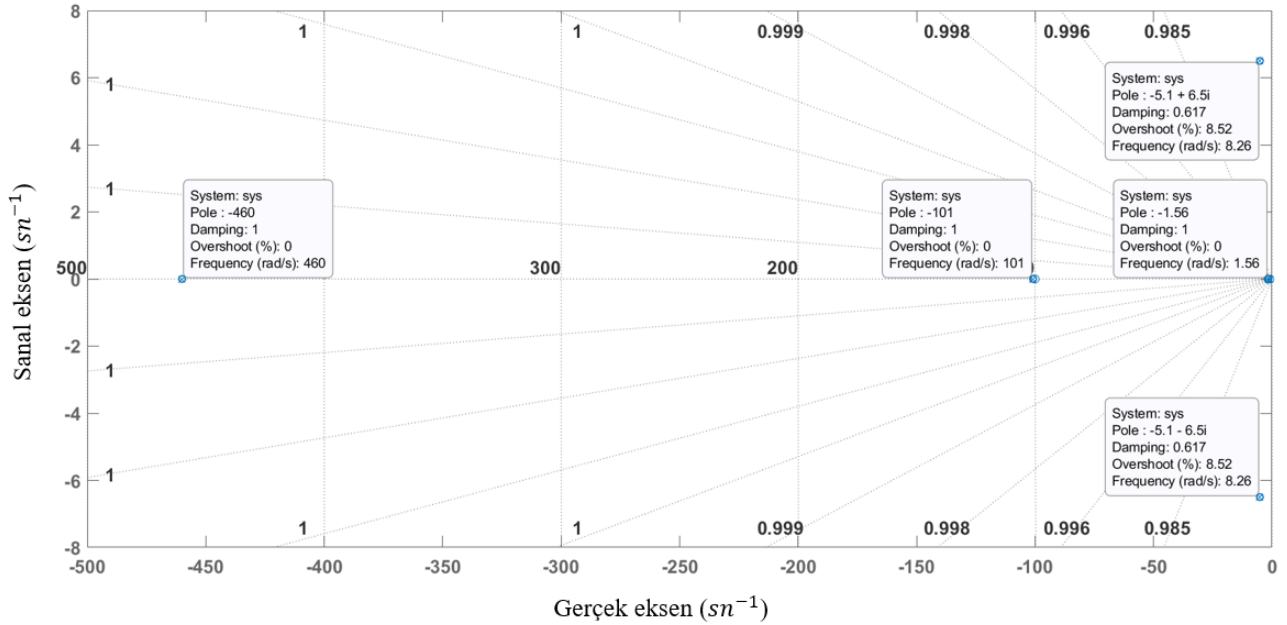
Denetleyici	M_p (%)	t_r (sn)	t_s (sn)	Ess	AF	ITAE	ITSE
AAO-PID-F	0	0.28	0.388	0.0007	0.041	0.036	0.0068
AAO-PID	0	0.292	0.456	0.003	0.062	0.056	0.026
PSO-PID-F	0.956	0.261	0.362	0.0009	0.044	0.037	0.0068
PSO-PID	0.482	0.283	0.442	0.0003	0.062	0.0774	0.0253
BDO-PID (Guvenc ve ark., 2016)	16	0.149	0.766	-	0.3281	0.1146	0.0077
YAK-PID (Gozde ve Taplamacioglu, 2011)	25	0.156	0.920	-	0.4391	0.2224	0.0180



Şekil 6. Farklı PID denetleyiciler ile elde edilen OGR sisteminin basamak yanıtları

3.2. Kutup/Sıfır Analizi

Denetleyicili OGR sistem kararlılığını incelemek için kutup/sıfır analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Tablo 2’de verilen her bir denetleyici için kapalı çevrim sisteminin kutupları ve karşılık gelen sönüm oranları elde edilmiştir. Şekil 7 örnek olması amacıyla AAO-PID-F denetleyicili OGR sisteminin kutup ve sıfırlarını göstermektedir. Şekil incelendiğinde köklerin sol açık yarı düzlemde olduğu ve dolayısıyla sistemin kararlı olduğu gözükmemektedir. Diğer denetleyiciler kullanıldığında da OGR sisteminin kararlı olduğu sonucu yani bütün denetleyicilerin köklerinin sol açık yarı düzlemde olduğu Tablo 4’ten çıkarılmaktadır. Ayrıca Tablo 4’teki sönüm oranları incelendiğinde PID-F denetleyicilerin tüm kutuplarının sönüm oranının 1’e yakın olduğu görülmektedir.



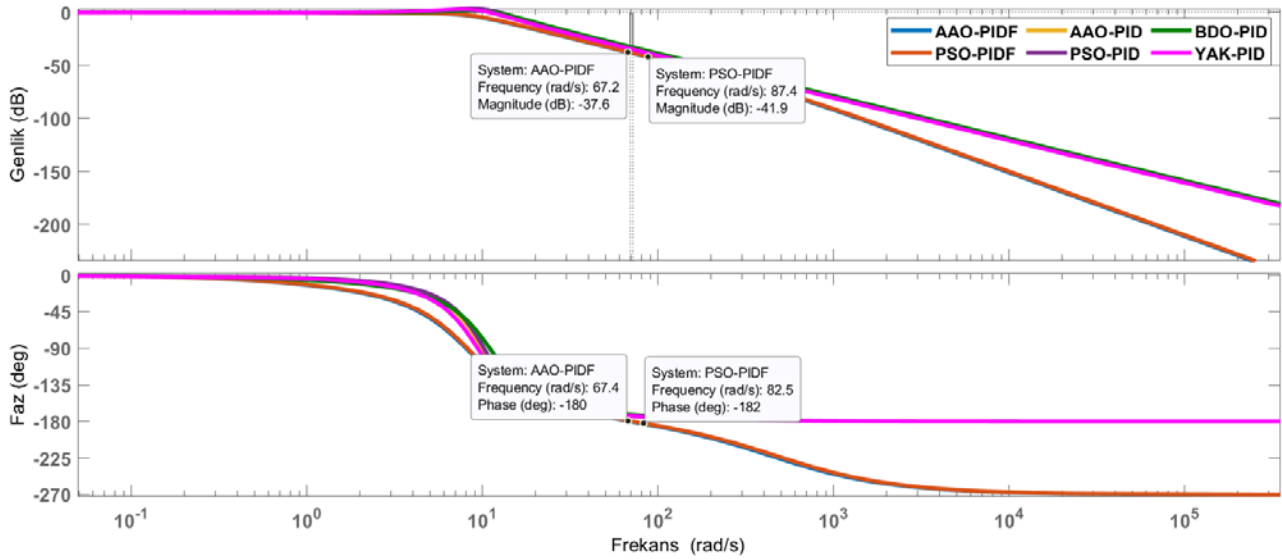
Şekil 7. Tasarlanan AAO PID-F denetleyicili kapalı çevrim OGR sisteminin kutup-sıfır çizimi

Tablo 4. OGR sisteminin Kapalı çevrim kutupları ve karşılık gelen sönüm oranları

Denetleyici	Kapalı Çevrim Sistem Kutupları	Sönüm Oranı
AAO-PID-F	-0.93	1.00
	-1.56	1.00
	-5.1+j6.5	0.617
	-5.1-j6.5	0.617
	-101	1.00
	-460	1.00
AAO-PID	-0.164	1.00
	-4.87	1.00
	-3.68+j9.08	0.376
	-3.68-j9.08	0.376
	-101	1.00
PSO-PID-F	-0.933	1.00
	-1.58	1.00
	-5.07+j6.69	0.604
	-5.07-j6.69	0.604
	-101	1.00
	-494	1.00
PSO-PID	-0.175	1.00
	-4.91	1.00
	-3.63+j9.35	0.362
	-3.63-j9.35	0.362
	-101	1.00
YAK-PID (Gozde ve Taplamacioglu, 2011)	-100.98	1.00
	-3.75+j8.40	0.40
	-3.75-j8.40	0.40
	-4.74	1.00
	-0.25	1.00
BDO-PID (Guvenc ve ark., 2016)	-100	1.00
	-4.80+j10.2	0.427
	-4.80-j10.2	0.427
	-2.1	1.00
	-0.585	1.00

3.3. Bode Analizi

Farklı denetleyicilerin kullanıldığı OGR sisteminin frekans uzay analizi için bode diyagramından faydalanılmıştır. Şekil 8 farklı denetleyiciler ile elde edilen bode diyagramlarını göstermektedir. İlgili diyagramlar kullanılarak elde edilen maksimum kazanç (dB), faz marjini (derece), gecikme marjini (s) ve bant genişliği (rad/s) değerlerine ait karşılaştırma sonuçları ise Tablo 5'te verilmektedir. AAO-PID-F ve PSO-PID-F denetleyicilerin sırasıyla AAO-PID ve PSO-PID denetleyicilere göre faz ve gecikme marjini iyileştirdiği tablodan görülmektedir. Dolayısıyla tasarlanan filtreli PID denetleyiciler ile elde edilen kapalı çevrim OGR sisteminin klasik PID denetleyiciler ile elde edilen kapalı çevrim OGR sisteminden daha kararlı olduğu sonucu Tablo 5'ten çıkarılmaktadır.



Şekil 8. Farklı denetleyiciler ile elde edilen Bode diyagramları

Tablo 5. OGR sisteminin bode çizimlerinden elde edilen sonuçlar

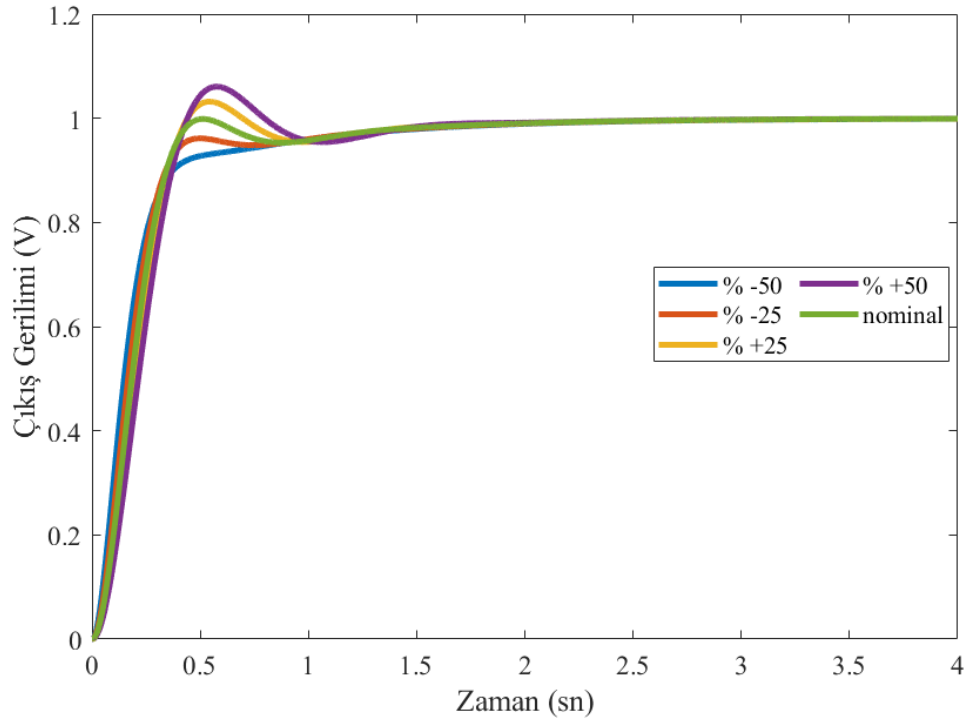
Denetleyici	Maksimum kazanç (dB)	Faz marjini (derece)	Gecikme marjini (s)	Bant genişliği (rad/s)
AAO-PID-F	1 (0 rad/sn)	180	İnf (0 rad/sn)	8.3292
AAO-PID	1.48 (8.13 rad/sn)	63.72	0.093 (11.97 rad/sn)	13.93
PSO-PID-F	1 (0 rad/sn)	180	İnf (0 rad/sn)	8.6915
PSO-PID	1.53 (8.48 rad/sn)	61.05	0.086 (12.43 rad/sn)	14.38
BDO-PID (Guvenc ve ark., 2016)	2.87 (7.52 rad/sn)	69.4	0.111 s (10.90 rad/sn)	12.880
YAK-PID (Gozde ve Taplamacioglu, 2011)	1.56 (8.65 rad/sn)	81.6	0.122 s (11.7 rad/sn)	14.284

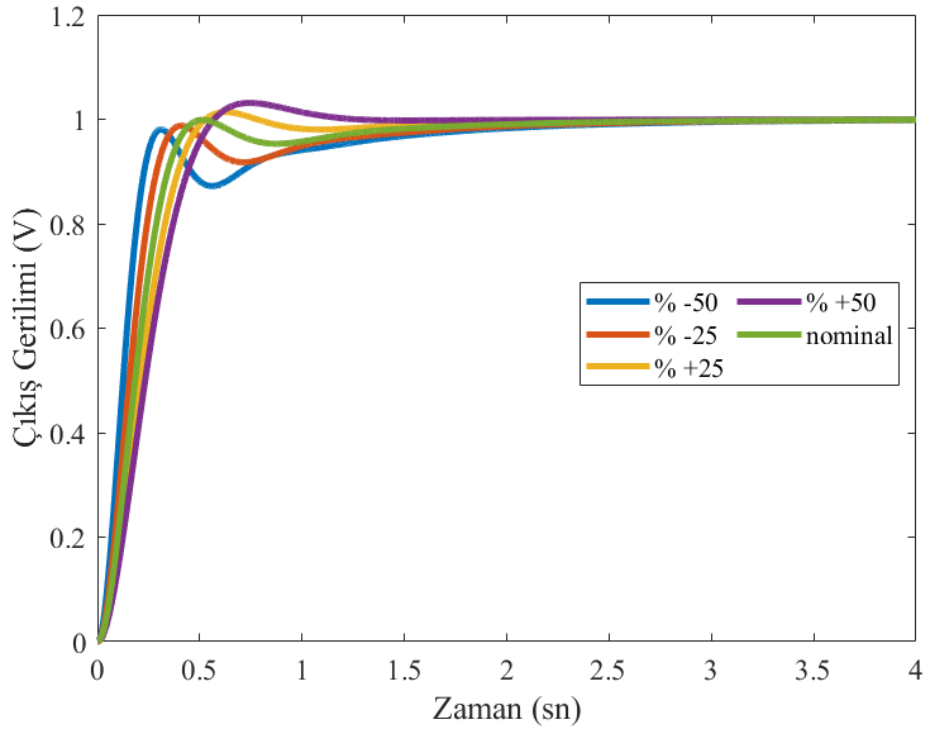
3.4. Dayanıklılık Analizi

Son olarak, AAO algoritması ile optimal ayarlanmış PID-F denetleyicili OGR sisteminde parametre değişikliğine karşı dayanıklılık analizi yapılmıştır. Dayanıklılık analizi için yükselteç, uyarıcı, generatör ve sensör bileşenlerinin zaman sabitleri % -50 ile % +50 arasında değiştirilerek geçici yanıt karakteristikleri irdelenmiştir. Her bir parametre değerine ait sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir. Bununla birlikte, kapalı çevrim OGR sisteminin her bir zaman sabiti için birim basamak yanıtı incelenmiştir. Çıkış gerilim yanıtları Şekil 9-12 arasında verilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile tasarlanan AAO-PID-F denetleyicisinin % -50 ve % +50 sınırlarında bile OGR sistemini kararsızlaştırmadığı ve kabul edilebilir sistem yanıtı sunduğu görülmektedir.

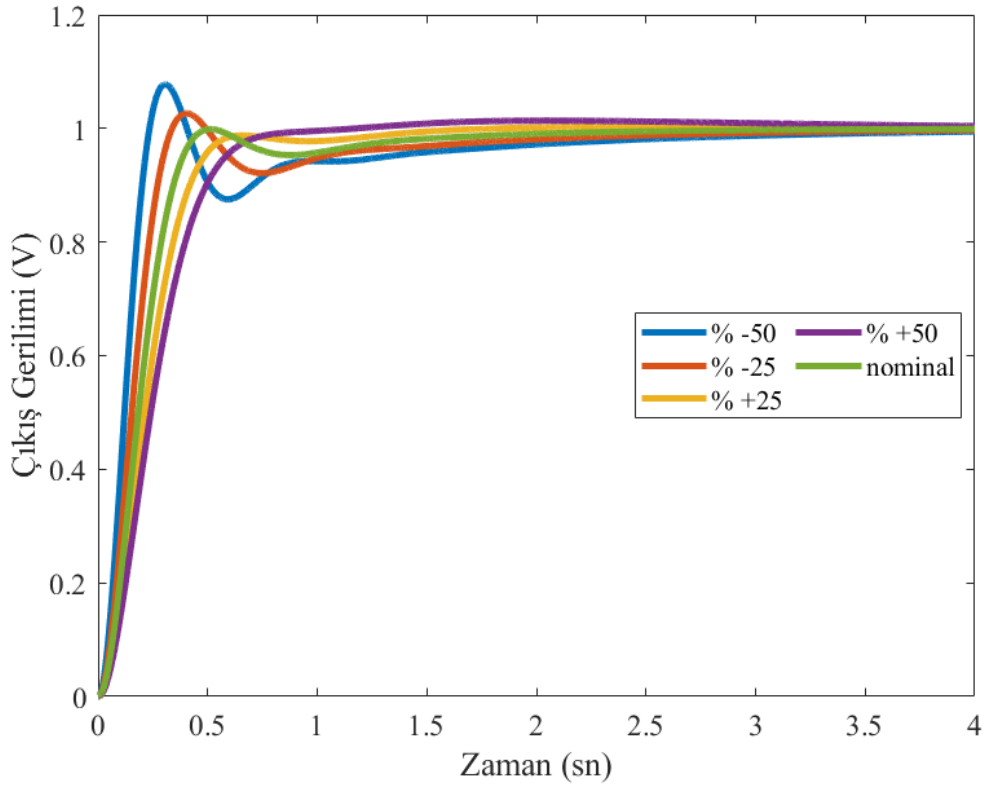
Tablo 6. AAO algoritması ile optimize edilen PID-F denetleyicinin dayanıklılık analizi sonuçları

Model Parametreleri	Değişim oranı (%)	Mp (%)	t _s (sn)	t _r (sn)	t _p (sn)
τ_s	-50	0	0.401	0.286	4
	-25	0	0.393	0.281	4
	+25	0.3703	0.379	0.273	0.508
	+50	0.8932	0.373	0.269	0.503
τ_g	-50	7.7744	1.3050	0.154	0.306
	-25	2.6632	1.0210	0.214	0.404
	+25	0.3104	0.483	0.343	2.66
	+50	1.3708	0.58	0.41	2.0450
τ_e	-50	0	1.1590	0.6560	4
	-25	0	1.0090	0.2310	4
	+25	1.3718	0.441	0.319	0.625
	+50	3.1352	0.49	0.358	0.744
τ_a	-50	0	0.8450	0.3240	4
	-25	0	0.8230	0.2810	4
	+25	3.1929	0.3890	0.2820	0.5430
	+50	6.0625	0.6480	0.29	0.576

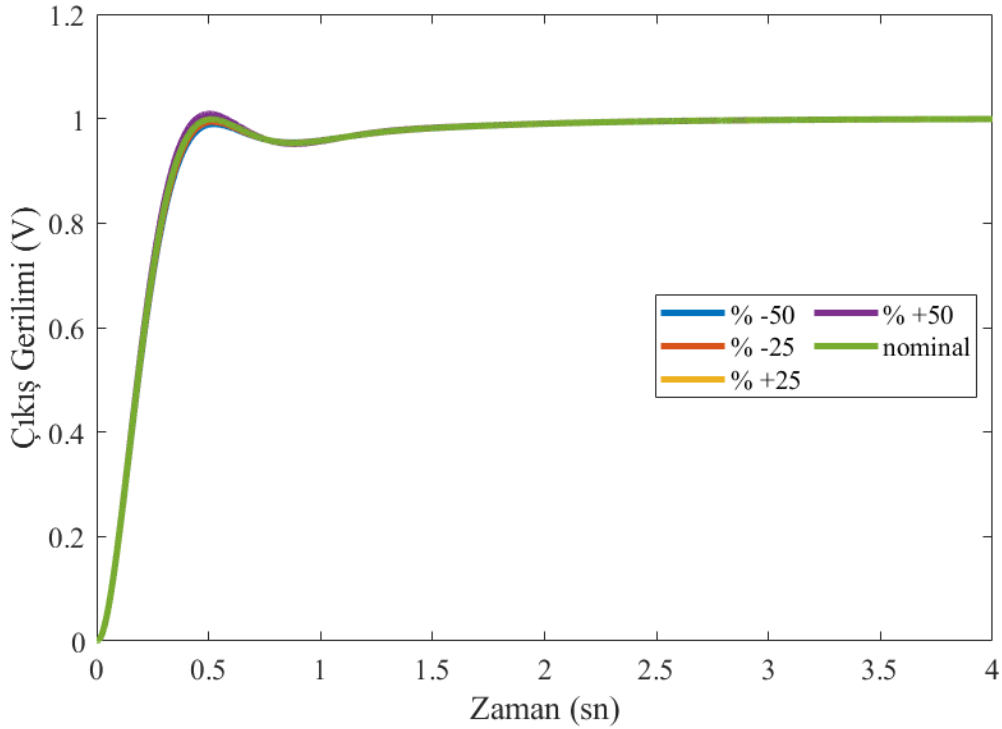
**Şekil 9.** AAO PID-F denetleyici ile tasarlanan OGR sisteminin τ_a değişimi için basamak yanıtı



Şekil 10. AAO PID-F denetleyici ile tasarlanan OGR sisteminin τ_e değişimi için basamak yanıtı



Şekil 11. AAO PID-F denetleyici ile tasarlanan OGR sisteminin τ_g değişimi için basamak yanıtı



Şekil 12. AAO PID-F denetleyici ile tasarlanan OGR sisteminin τ_s değişimi için basamak yanıtı

4. Sonuçlar

Bu çalışmada OGR sistem performansını iyileştirmek için parametreleri optimal ayarlanmış PID-F denetleyici tasarımı sunulmuştur. PID-F denetleyici parametrelerini ayarlamak için hem AAO hem de PSO algoritmaları kullanılmıştır. PID-F denetleyicisindeki filtrenin etkisini göstermek için AAO ve PSO algoritmaları ile klasik PID denetleyici tasarımları da gerçekleştirilmiştir. Ayrıca literatürde var olan iki farklı PID denetleyici (BDO-PID ve YAK-PID) de göz önüne alınarak her denetleyici için, geçici yanıt analizi, bode analizi, kutup-sıfır analizi ve dayanıklılık analizi Matlab/Simulink programında gerçekleştirilerek performans karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, filtreli PID denetleyicilerin (AAO-PID-F ve PSO-PID-F) klasik PID denetleyicilere (AAO-PID, PSO-PID, BDO-PID ve YAK-PID) göre OGR sistemi denetiminde daha başarılı olduğu ve OGR sisteminin kararlılığını arttırdığı gözlemlenmiştir. Ek olarak, tasarlanan AAO-PID-F denetleyicinin yüksek orandaki parametre değişikliklerine bile dayanıklı olduğu, OGR sistemini kararsızlaştırmadığı ve kabul edilebilir sistem yanıtı sunduğu gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

- Al Gizi, A. J., (2018). A particle swarm optimization, fuzzy PID controller with generator automatic voltage regulator. *Soft Computing*, 23, 8839–8853.
- Anbarasi, S., Muralidharan, S., (2016). Enhancing the Transient Performances and Stability of AVR System with BFOATuned PID Controller. *Control Engineering and Applied Informatics*, 18(1), 20-29.
- Ayas, M. S., (2019). Design of an optimized fractional high-order differential feedback controller for an AVR system. *Electrical Engineering*, 101, 1221-1233.
- Bingul, Z., Karahan, O., (2018). A novel performance criterion approach to optimum design of PID controller using cuckoo search algorithm for AVR system. *Journal of the Franklin Institute*, 355(13) 5534-5559.
- Blondin, M. J., Sanchis, J., Sicard, P., Herrero, J. M., (2018). New optimal controller tuning method for an AVR system using asimplified Ant Colony Optimization with a new constrained Nelder–Mead algorithm. *Applied Soft Computing*, 62, 216-229.
- Bourouba, B., Ladaci, S., Schulte, H., (2019). Optimal Design of Fractional Order PID Controller for an AVR System using Ant Lion Optimizer. *IFAC-Papersonline*, 52(13), 200-205.
- Coelho, L. S., (2009). Tuning of PID controller for an automatic Voltage regulator system using chaotic optimization approach. *Chaos, Solitons and Fractals* 39 (4) 1504-1514.
- Çelik, E., Durgut, A., (2018). Performance enhancement of automatic voltage regulator by modified cost function and symbiotic organisms search algorithm. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 21, 1104-1111.
- Gaing, ZL., (2004). A particle swarm optimization approach for optimum design of PID controller in AVR system. *IEEE Transaction on Energy Conversation*, 19(2), 384–391.
- Gozde, H., Taplamacioglu, M. C., (2011). Comparative performance analysis of artificial bee colony algorithm for automatic voltage regulator (AVR) system. *Journal of the Franklin Institute*, 348 (8) 1927-1946.
- Guvenc U, Yigit T, Isik AH and Akkaya I (2016) Performance analysis of biogeography-based optimization for automatic voltage regulator system. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences* 24(3): 1150–1162.
- Hameed, N. S. S., Othman, W. A. F. W., Wahab, A. A. A., Alhady, S. S. N., (2019). Optimising pid controller using bees algorithm and firefly algorithm. *ROBOTIKA*, 1(1), 22-27.
- Hekimoğlu, B., Ekinci, S., (2018, June). Grasshopper optimization algorithm for automatic voltage regulator system. *2018 5th International Conference on Electrical and Electronic Engineering (ICEEE)* (pp. 152-156), Istanbul.
- Hekimoğlu, B., (2019). Sine-cosine algorithm-based optimization for automatic voltage regulator system. *Transactions of the Institute of Measurement and Control*, 41(6), 1761-1771.
- Kennedy, J., Eberhart, R., (1995). Particle Swarm Optimization, *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks*, 4, 1942-1948.
- Sahib, M. A., (2015). A novel optimal PID plus second order derivative controller for AVR system. *Engineering Science and Technology*, 18, 194-206.
- Sambariya, D. K., Paliwal, D., (2016). Optimal design of PIDA controller using harmony search algorithm for AVR power system. *2016 IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS)* (pp. 1-6). New Delhi.
- Suribabu, A. G., Chiranjeevi, B. T., (2016). Implementation of Fractional Order PID Controller for an AVR System Using GA and ACO Optimization Techniques. *IFAC-Papersonline*, 49(1), 456-461.
- Tang, Y., Li, X., Wang, Y., Li, N., Han, M. ve Liu, F., (2017). Optimal fractional order PID controller design for automatic voltage regulator system based on reference model using particle swarm optimization. *Int. J. Mach. Learn. & Cyber*, 8, 1595–1605.
- Verma, S. K., Yadav, S., Nagar, S. K., (2017). Optimization of Fractional Order PID Controller Using Grey Wolf Optimizer. *J Control Autom Electr Syst*, 28, 314-322.
- Zhao, W., Wang, L., Zhang, Z., (2019). Atom search optimization and its application to solve hydrogeologic parameter estimation problem. *Knowledge-Based Systems*, 163, 283–304.

Tasarım- Uygulama Birlikteliğinin Kurgulanmasında Uyarlanabilirliği Sağlayan Mimari Detay Tasarımına Yönelik Bir Analiz Yöntemi

Onur KILIÇ^{1*}, Didem BAŞ²

¹Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, Adana, Türkiye

²İstanbul Arel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye

Geliş Tarihi: 30.01.2020

Kabul Tarihi: 17.05.2020

*Sorumlu Yazar: okilic@cu.edu.tr

Öz

Bu çalışma, bir yapının mevcut detay tasarımının uyarlanabilirlik seviyesinin tespiti ve gelecekte tasarlanacak yapıların kalıcı olmayan, uyarlanabilir mimari detay tasarımına sahip olmasını sağlayabilecek bir yöntem geliştirilmesini amaçlamıştır. Bu yöntem herhangi bir mimari yapının mevcut detay tasarımının uyarlanabilirliğini derecelendirmenin yanısıra, yeni tasarımlar için de rehber niteliğinde bir yardımcı araca ihtiyaç olduğu düşüncesi ile oluşturulmuştur. Mimari detayı oluşturan parçaların birbirlerine bağlantı biçimlerindeki anlayış, yapının varlığının her aşamasında onu değiştirmeye ve dönüştürmeye imkan verecek kontrol mekanizmasının anahtarıdır. Bu anahtar, detayın uyarlanabilirliğine imkan veren bağlantı biçimlerini şekillendiren ve bir kılavuz niteliğinde olan okunabilirlik, müdahale edilebilirlik ve basitlik ilkeleridir. Araştırma, bu ilkeler kıstas kabul edilerek ve mimari detayı etkileyen diğer unsurlar ile ilişki kurularak yapılmıştır. Çalışmada kuram oluşturma yaklaşımından ve nitel araştırma tasarımında etkileşimli yaklaşımdan yararlanılmıştır. Bu yaklaşımlar gereğince çalışmada analiz yöntemi bir model olarak ortaya konulmuştur. Örneklem oluşturmada sivil mimarinin el zanaatına dayanan, halk yapım sistemine sahip bir yapı ve çağdaş yapım sistemlerine sahip bir yapı belirlenmiştir. Böylece yapım sistemleri bakımından sivil ve çağdaş nitelikte olmak üzere iki uç noktada değerlendirilen karşıt iki yapının karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. Analiz ile detay tasarımı, yapı sistemleri ve bunları oluşturan unsurlar arasındaki ilişkiler tanımlanmış ve sayısal olarak karşılaştırılabilen sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır. Detay tasarımı ve yapının uyarlanabilirlik seviyesini ifade eden yapım dönüşüm hızı arasındaki ilişkiye dönük yeni bir yaklaşım ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tasarım, Uygulama, Uyarlanabilirlik, Mimari detay tasarımı.

A Method of Analysis for Architectural Detail Design Providing Adaptability in Construction of Design- Application Unity

Abstract

The aim of the study was to develop a method for the determination of the adaptability level of a structure and impermanent adaptable architectural detail design for the structures to be designed in the future. In addition to grading the adaptability of existing detail design of any architectural structure, the method is formed with the idea that there is a need for a guiding tool for new designs. The understanding of the way the components forming architectural detail connect to each other is the key to the control mechanism that will allow the structure to be changed and transformed at every stage of the structure's existence. This key refers to the principles of readability, interventionability, and simplicity shaping the connection patterns that allow the adaptability of the detail. Accepting these principles as benchmark, the study was conducted by establishing a relationship with other elements affecting architecture. The study benefited from grounded theory approach and interactive approach in qualitative research design. In accordance with these approaches, the analysis method was set forth as a model. In the process of sample organizing, one structure with vernacular construction systems based on handicraft of civil architecture and another structure with modern construction systems were selected. Thus, a comparative analysis of two opposing structures evaluated in two extreme points which are civil and contemporary in terms of construction systems. The relationships between analysis and detail design, construction systems and their composing elements were defined and the figures of comparable results were obtained. A new approach aimed at the relationship between construction and transformation speed indicating structure's adaptability level was suggested.

Keywords: Design, Application, Adaptability, Architectural detail design.

¹<https://orcid.org/0000-0001-6264-896X>

²<https://orcid.org/0000-0002-7061-3393>

1. Giriş

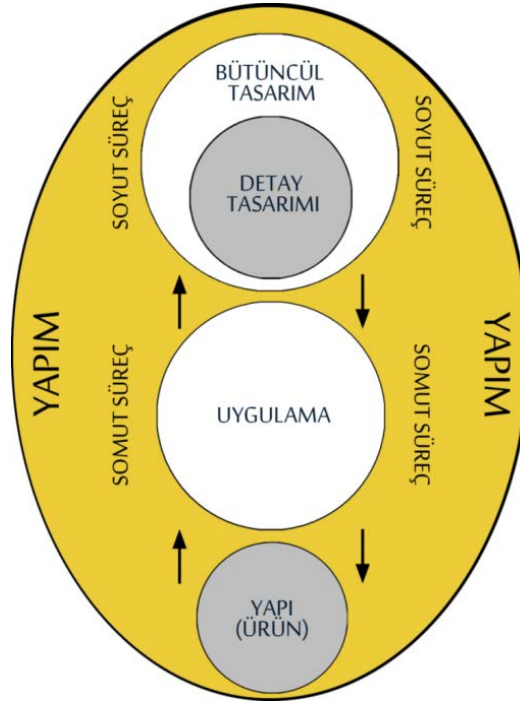
Çalışma, Howard T. Odum'un enerji ile ilgili ortaya koyduğu "emergy" (emerji) biçimleniş kuramına dayanmaktadır. Emergy kuramı, doğadaki enerji döngüsünü ve enerji türlerinin kendi aralarındaki ilişkilerini göreceli bir yapıda tanımlamaktadır. Bu kuramı ele alan Kibert, Sendzimir ve Guy (2002), çalışmalarında yapı tasarımını, yapıyı çevreyi ve bunu sürdüren materyalleri ve süreçleri içeren bir "ekosistem" in işlevlerine göreceli katkıları ile değerlendirmektedir. Buradan hareketle çalışmada Odum'un emergy kuramı, yapı tasarımını malzeme bileşenlerine bağlamaya yönelik, nicel bir çerçeve sunmak şeklinde yorumlamaktadır. Emerji kuramına göre, daha hızlı dönüşen bileşenlerin daha yavaş dönüşen bileşenler tarafından kontrol edilmesi, yüksek emerji dönüşüm değerlerine yansımaktadır. Bununla birlikte kuramın amacı, "daha yavaş ve hızlı değişen, dönüşen bileşenlerin çözümlenmesi için "emerji" kuramını kullanmak, tasarımcıların binaları üretim, yeniden kullanım ve geri dönüşüm işlemlerini daha mantıklı bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlar" şeklinde açıklanmaktadır (s.12). Bu kuram gereğince, yapının uyarlanabilme kabiliyetinin ölçülebilmesi yapıyı oluşturan yapısal öğelerin dönüşüm hızı ile ifade edilmektedir. Böylece yapı değerlemesinde, "uyarlanabilme kabiliyeti derecesi = dönüşüm hızı" şeklinde bir eşitliğin kurulabilmesi mümkün olmaktadır.

Mimari detay tasarımında, uyarlanabilirliği belirleyen ilkeler olarak "Okunabilirlik, Müdahale Edilebilirlik ve Basitlik" kavramları değerlendirme kriterleri olarak kabul edilmiştir. Bu ilkelerin, mimari detaya yansımaları ise kullanılan bağlantı yöntemlerinin ilkeleri karşılayacak niteliğe sahip olması ile mümkündür. Bunu sağlayan yöntemler ise yapıştırıcı, bağlayıcı veya sabitleme elemanı kullanılmayan bağlantılar, sabitleme elemanı kullanılarak yapılan bağlantılar veya karma yöntem kullanılan bağlantılar olarak belirlenmiştir. Söz konusu bağlantı yöntemlerinin kullanımı, mimari detay noktaları olan sistem düğümleri, bileşen birleşimleri ve eleman eklenmelerindeki yapım dönüşüm hızını belirlemektedir. Böylelikle bir yapının düğüm, birleşim ve eklenmelerde söz konusu ilkeleri karşılama düzeyine göre yapım dönüşüm başarı seviyesini ortaya koymak mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada yapıyı oluşturan ana sistemler olarak temel, taşıyıcı, döşeme, duvar, merdiven, cephe (kabuk), çatı ve tamamlayıcı iç mekan sistemleri değerlendirilmiştir. Yapıda yer alan tüm tesisat sistemleri, detay tasarımlarının mühendislik çözümleri ile doğrudan ilişkili olması nedeniyle kapsam dışında tutulmuştur.

2. Yapının Uyarlanabilme Kabiliyeti

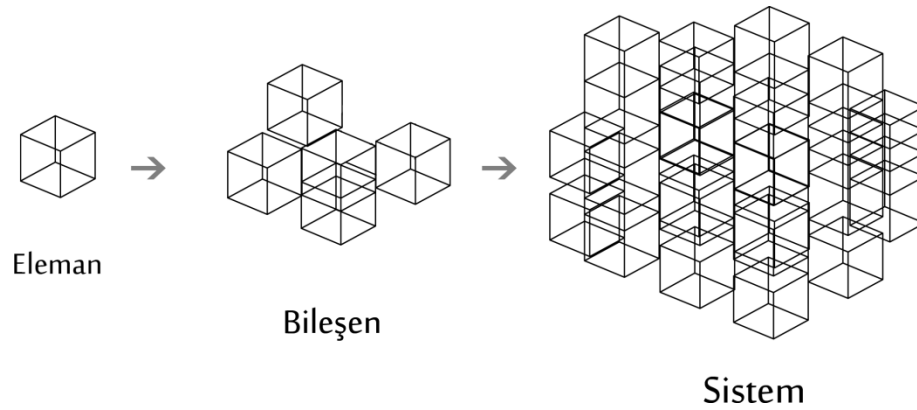
Yapıyı oluşturan tüm sistemler, sayısız detay çözümlemesi ile fiziksel niteliğe sahip kullanışlı yapı öğelerine dönüşmektedir. Bu sistemlerin birbiriyle olan ilişkilerinde ve bünyelerinde barındırdıkları bileşen ve elemanlar arasında da farklı ölçeklerde ilişkiler bulunmaktadır. Yapının bütününe etkileyen detay tasarımı, tasarım-uygulama birlikteliğinin kurgulanmasında uyarlanabilme kabiliyetini sağlayan anahtar unsur olarak öne çıkmaktadır. Tasarım-uygulama ilişkisinin doğru şekilde kurgulanması ortaya çıkan yapı ürününün kalitesi açısından önem taşımaktadır. Şekil 1’de bir bütün olarak yapım sürecinde soyut-somut süreç ve ürün arasındaki ilişki tanımlanmaktadır. Buna göre yapım kavramı, soyut ve somut süreçlerle oluşan, tüm tasarım ve uygulama süreçlerini kapsayan bir çerçeveyi ifade etmektedir.



Şekil 1. Yapım kavramı, soyut-somut süreç ve ürün ilişkisi

Mimari yapıların ve bunları oluşturan yapı ürünlerinin belirli bir kullanım ömrü vardır. Yapıyı oluşturan tüm sistemler zaman içinde birbirinden farklı oranlarda yıpranır. Yapısal bütünlüğe zarar veren deformasyonların yanısıra işlevsel ve tasarım ihtiyaçlarına bağlı dönüşüm ihtiyacı da ortaya çıkmaktadır. Ancak her sistemin onarım, değişim ve dönüşüme duyduğu ihtiyaç ve hiyerarşik ilişki bakımından müdahaleye izin verme oranı da birbirinden farklıdır. Tüm sistemlerde değişime duyulan ihtiyaç ve bunun karşılanabilme düzeyi, detayın uyarlanabilirlik seviyesi ile doğru orantılıdır.

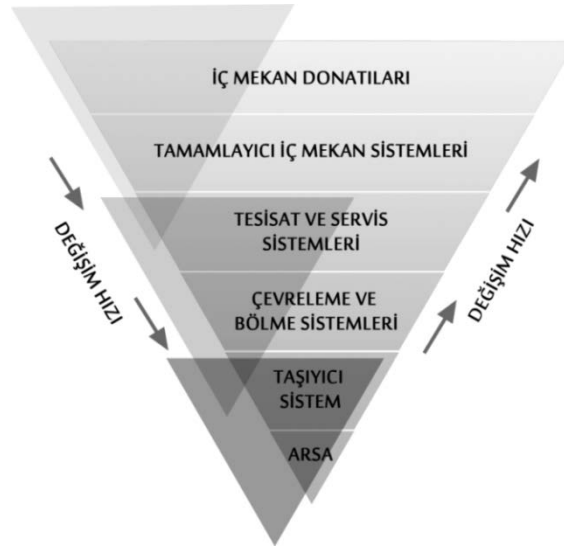
Yapım öğelerinin birbirleriyle ile ilişkilendirilerek yapı bütünü kurgulanması ve bu kurgunun çözümlenmesi, yapım detaylarının temel işlevleri ile okunması anlamına gelmektedir. Çözümleme öncelikle sistemleri oluşturan yapısal öğelerin bağlantılarının okunması ile başlar. Süreç daha sonra sistemin yapı bileşenlerini ve yapı bileşenlerinin elemanlarının tanımlanması ile devam eder. Yapısal öğelerin yapım çözümlemesi, kurgulamanın anahtar mekanizmasını oluşturmaktadır. Çözümleme yapı bağlantılarının sistem düğümlerinden, yapı bileşen birleşimlerine ve eleman eklenmelerine doğru tanımlanan bir kurgu okuma sürecidir (Baş, 2010 s.40). Buna göre elemanların birbirine bağlanması “eklenme” bileşenlerin birbirine bağlanması “birleşim” ve sistemlerin bir araya gelmesi “düğüm” olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 2. Yapıyı oluşturan birimlerin parçadan bütüne doğru kurgulanması

2.1 Yapıda Hiyerarşi

Yapı, birden fazla sistemin bir araya gelmesiyle oluşan bir bütündür. Bu sistemler temel, taşıyıcı sistem, döşeme, duvar, kabuk (cephe), çatı, merdiven ve tüm tesisat sistemleridir. Bu sistemlerin kendi aralarında buldukları konum ve işlevleri bakımından hiyerarşik ilişkileri vardır. Bu hiyerarşik ilişki sistemlerin uyulanabilirliğini doğrudan etkilemektedir.



Şekil 3. Yapı öğeleri arasındaki düşey hiyerarşi




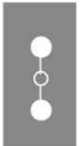








Kaynak: Baş, 2010 s.23'den uyarlanmıştır.

Hiyerarşik sıralamada bir sistemin üst sıralarda yer alması o sistemin erişilebilirlik seviyesini artırmaktadır. Alt katmanlarda yer alan sistemlerin erişilebilirlik seviyesi ise katman sayısı arttıkça azalmaktadır. Katman sayısı ve erişilebilirlik arasında ters orantı vardır. Uyarlanabilirliği olumsuz yönde etkileyen bu durumun değişmesi yapı sistemlerinde yatay hiyerarşik düzene geçilmesi ile mümkün olabilmektedir. Bir sistemin üzerinde yer alan ve onu sınırlayan başka bir sistemin basit şekilde sökülebilmesi, diğer sisteme erişimi kolaylaştırdığı için iki sistem arasındaki yatay hiyerarşik seviyeyi artmaktadır. Sistemi oluşturan bileşenlerin ve bileşenleri oluşturan elemanlarında kendi aralarındaki ilişki aynı şekilde değerlendirilmelidir. Sistemlerin kendi içerisindeki hiyerarşik düzeni bileşenlerin hiyerarşik ilişkileri ile orantılıdır. Bileşenlerin kendi içindeki hiyerarşik durumu ise elemanların birbirini sınırlaması ile orantılıdır. Tüm sistemlerde ve onları oluşturan unsurlarda bu yaklaşımın gözetilmesi, bir bütün olarak yapısal öğeler düşey hiyerarşisini farklı seviyelerde yatay hale getirebilmektedir. Bununla birlikte, erişilebilirlik ve sökülebilirlik arasında doğrudan bir ilişki vardır. Biraraya gelen parçaların sökülebilmesi için öncelikle bağlantı noktaları olan ve müdahale edilmek istenen düğüm, birleşim veya eklenmelere erişilebilmesi gerekmektedir. Erişilebilirlik de aynı şekilde karşılaşılan tüm düğüm, birleşim ve eklenmelerin sökülebilir olması ile sağlanabilmektedir. Bu durum kendi içinde bir döngüyü ifade eder.



Şekil 4. Sökülebilirlik ve erişilebilirlik arasındaki döngü

Sökülebilirlik uyarlanabilirliğin ana bileşenlerinden biridir. Müdahale edilebilirliğin ön koşuludur. Durmisevic ve Brouwer (2002), yapısal bütünlüğü bozmadan tekrar sökülmesi mümkün olmayan kimyasal yapıştırıcı kullanımını, sabit bağlantı yöntemi olarak ifade etmiştir. Parçaları birbirine bağımlı hale getirdiği için hazır iki parçanın birbirine fiziksel olarak geçmesi ile yapılan bağlantıların ise uyarlanabilirlik seviyesi düşüktür. Ahşap, plastik gibi malzemelerde kimyasal yapıştırıcı kullanımı veya metallerde uygulanan kaynaklama işlemi ise malzemeye zarar vermeden sökülmesi mümkün olmayan, uyarlanabilirliği çok düşük olan bağlantı yöntemleridir. Çivileme ile, iki parçanın birleştirilmesi ise uyarlanabilirliği nispeten olan, ancak çivilerin veya sabitleme elemanlarının sökülmesi ile malzemenin yapısal olarak zarar görmesine neden olabilen bir yöntemdir. Diğer bir yöntemde ise üçüncü bir parçanın kullanımı ile bağlantı oluşmaktadır. Bu yöntemde kullanılan ve birbirine bağımlı olan parça sayısı ile orantılı bir sökülebilirlik seviyesi vardır. Bir çerçeve sistemi içerisinde kurulan bağlantılar ise çerçeveleri oluşturan parçalara müdahale edilebilmesi ile bağımsız biçimde sökmeye veya bağlantıya imkan vermektedir. Ancak parçaların sıralı biçimde olması durumunda sökülebilirliği nispeten zorlaşmaktadır. Son yöntem ise “kuru bağlantı” olarak tanımlanan vida, civata, somun, bulon gibi ara parçaların kullanımı ile yapılan bağlantılardır. Bu bağlantılar iki parçanın, üçüncü bir parça yardımıyla birbirlerine sabitlenmesi ile oluşmaktadır. Bu yöntem malzemelerin yapısal bütünlüğüne zarar vermeden parçalarının sökülmesine ve tekrar birleştirilmesine olanak tanıyan uyarlanabilirliği en yüksek bağlantı yöntemlerinden biridir (Şekil 5).

1		Doğrudan kimyasal Bağlantı		Hazır iki parça arasında doğrudan bağlantı		Montaj sırası ve hiyerarşik konuma göre sökülebilirliği değişen bağlantı	Değiştirilmesi, yıkım harcinde mümkün değildir.
2		Kimyasal madde kullanımı ile dolaylı bağlantı		Sabitleme parçası ile doğrudan bağlantı		Sabitleme elemanı söküm işlemi zorlaştırmaktadır	
3		Bağsız parça ile dolaylı bağlantı		Bağsız üçüncü parça ile dolaylı bağlantı		Uygulanan kapak seritleri veya çerçeve ve kapak seritlerinin kombinasyonu sökme yi kolaylaştırır	
4		Ek tespit parçası ile dolaylı bağlantı		Ek tespit parçası ile dolaylı bağlantı		Kullanılan kuru bağlantı (cıvata, somun, vida vb) nedeniyle uyarlabilirliği yüksek bağlantı türü	

SABİT

ESNEK

Şekil 5. Bağlantı yöntemlerinin sökülebilme performansları
Kaynak: Durmisevic ve Brouwer, 2002 s.17'den uyarlanmıştır.

3. Materyal ve Metod

3.1 Detay Tasarım İlkeleri Kapsamında Yapıların Detay Tasarım Kurgusunun Analizi

Çalışma kapsamında yapı örneklerinin analiz edilebilmesi için bir model kurgulanmıştır. Bu model, yapıların yapım dönüşüm hızının (uyarlanabilirlik seviyesinin) tespit edilebilmesi için sayısal verilere dayalı bir sonuç ortaya koyacak şekilde düzenlenmiştir.

Modelin içeriği, yapının indirgenemeyen en küçük parçasından yapım dönüşüm hızını en fazla etkileyen yapı sistemlerine kadar değerlendirme yapmayı sağlamaktadır. Bu değerlendirme daha önce değinilen detay tasarım ilkeleri olarak ifade edilen okunabilirlik, müdahale edilebilirlik ve basitlik kriterleri temel alınarak yapılmıştır.

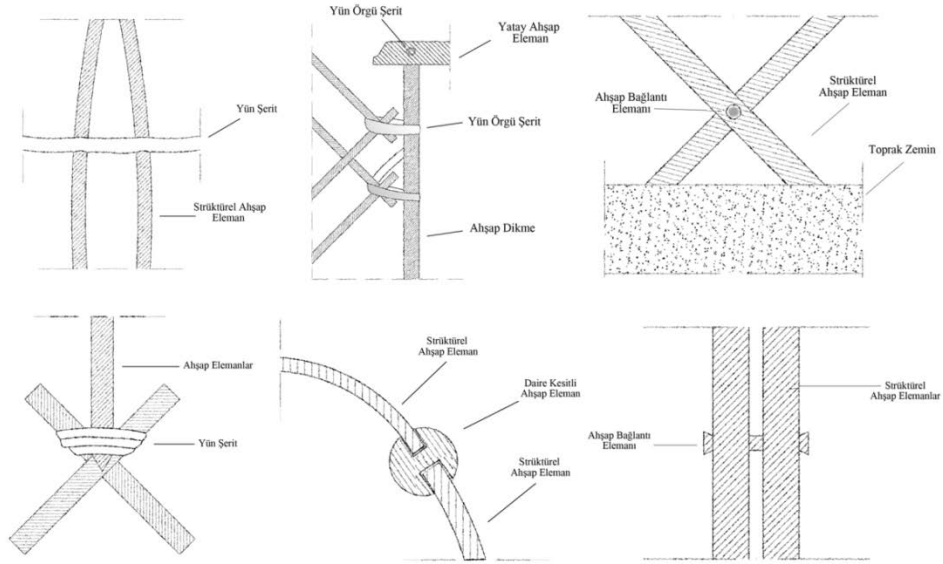
Değerlendirme; sistemlerin kendi aralarındaki birleşimleri olan düğümleri, bileşenlerin içinde buldukları sistem içindeki birleşimlerini, eleman eklenmeleri ise oluşturdukları bileşen içindeki birleşimlerini ifade etmektedir. Değerlendirme, tablo düzeninde değerlendirme yapmaya imkan verecek şekilde düzenlenmiştir.

Analiz yönteminin sınanması için birbirine zıt iki ayrı türde yapı örneği seçilmiştir. Yöntemin geçerliliğinin ortaya konulabilmesi için incelenecek yapı örneklerinin bu şekilde sınıflandırılması gerekli görülmüştür. Bu türler;

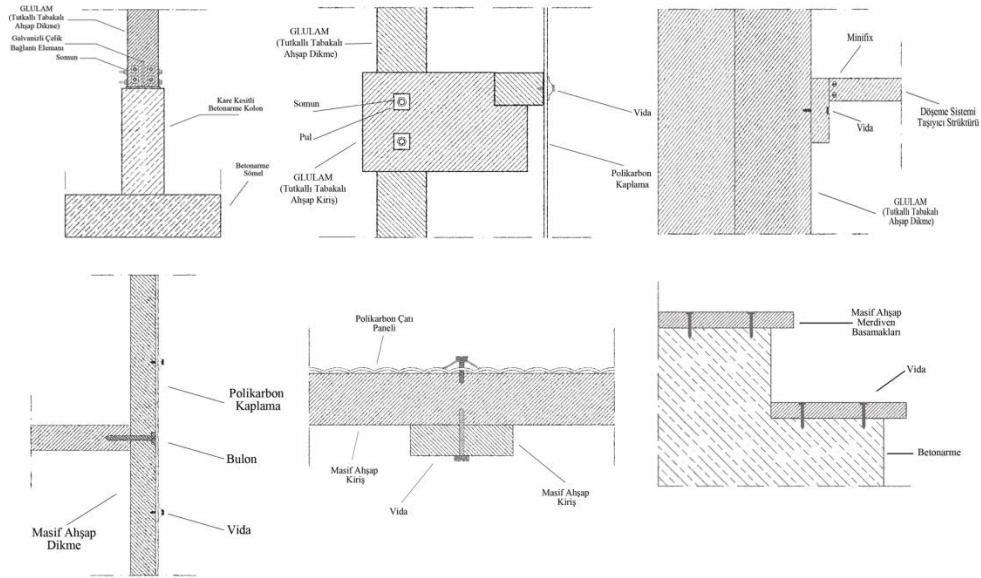
Geleneksel Yapı Örneği → **Asma-Germe Sistem**
Modern Yapı Örneği → **İskelet (Karkas) Sistem**
 şeklindedir.



Şekil 6. Değerlendirilen geleneksel ve modern yapı örnekleri (URL-1, URL-2)





Şekil 7. Geleneksel yapı örneğinin sistem detayları



Şekil 8. Modern yapı örneğinin sistem detayları

Yapı örneklerinin değerlendirilmesi için tablolar hazırlanarak, açıklama ve puanlama için sütunlar oluşturulmuştur. Her bir sütunun karşılığına gelen kısma, kriterleri karşılama durumuna göre verilebilecek en yüksek değer "1" olarak belirlenmiştir. Sistem düğümleri, bileşen birleşimleri ve eleman eklenmeleri için bu değerlendirme tek tek yapılmış ve sonuçlar toplanarak sütunun alt kısmına yazılmıştır. Elde edilen toplam veriler incelenen yapı örneğinin yapım dönüşüm hızının

saptanmasında kullanılmıştır. Bu çalışmada değerlendirme tablolarından yalnızca biri örnek olarak verilmiştir. Şekil 9'da modern yapı örneğinin değerlendirme tablolarından biri yer almaktadır. †

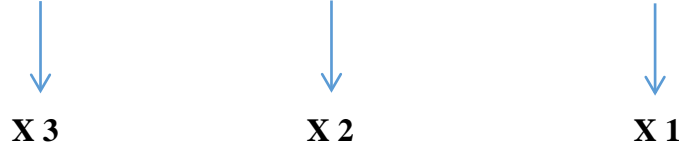
SİSTEMLERİN OLUŞUMUNDA BİLEŞEN BİRLEŞİMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ							
SİSTEMLER	BİLEŞENLER	BİLEŞEN BİRLEŞİMLERİ					
TAŞIYICI SİSTEMİ	Düsey ve Yatay Taşıyıcılar						
	Değerlendirme	Okunabilirlik	1	Müdahale Edilebilirlik	1	Basitlik	1
Aşap karkas taşıyıcı sistemin düşey ve yatay bileşenleri kertilerek birbirine oturtulmuş ve bulonlanmıştır. Bununla birlikte zemine bağlantısının güçlendirilmesi için alt kısımlarda galvanizli çelik çapraz takviyeler kullanılmıştır. Bu nedenle düşey ve yatay taşıyıcı bileşenlerin birleşimi okunabilir, müdahale edilebilir ve basit olarak değerlendirilmektedir.							3
MERDİVEN SİSTEMİ	Taşıyıcı Strüktür-Kullanım Yüzeyleri-Güvenlik Unsurları						
	Değerlendirme	Okunabilirlik	1	Müdahale Edilebilirlik	1	Basitlik	1
Merdiren sisteminin taşıyıcı strüktürü betonarmeden üretilmiştir. Kullanım yüzeyi olan aşap basamaklar bulonlama ile strüktüre monte edilmiştir. Merdiven sisteminde kullanılmamakla birlikte döşemenin bazı bölümlerinde güvenlik unsurları kullanılmıştır. Sonuç olarak, Merdiven sisteminin bileşen birleşimleri okunabilir, müdahale edilebilir ve basit olarak değerlendirilmektedir.							3
DÖŞEME SİSTEMİ	Düsey ve Yatay Taşıyıcılar						
	Değerlendirme	Okunabilirlik	1	Müdahale Edilebilirlik	1	Basitlik	1
Döşeme sistemini oluşturan taşıyıcı strüktürün ve yüzeylerin bileşimi vidalama ile yapılmıştır. Bu nedenle döşeme sisteminin oluşturan bileşenlerin birleşimi okunabilir, müdahale edilebilir ve basit olarak değerlendirilmektedir.							3

Şekil 9. Modern yapı örneğinin sistemlerinin oluşumunda bileşen birleşimlerinin değerlendirilme tablo örneği

Şekilde kullanılan görüntüler URL-3, URL-4 ve URL-5 adreslerinden edinilmiştir.

Yapım dönüşüm hızının tespitinde sistemlerin, bileşenlerin ve elemanların yapının tamamının dönüşümüne olan etkisi göz önünde bulundurulmuştur. Yapıyı oluşturan bir sistemin yapım dönüşüm hızına etkisiyle sistemi oluşturan bir bileşenin veya bileşeni oluşturan bir elemanın genel yapım dönüşüm hızına (**uyarlanabilirlik kabiliyetine**) etkisi aynı olmayacaktır. Bu nedenle;

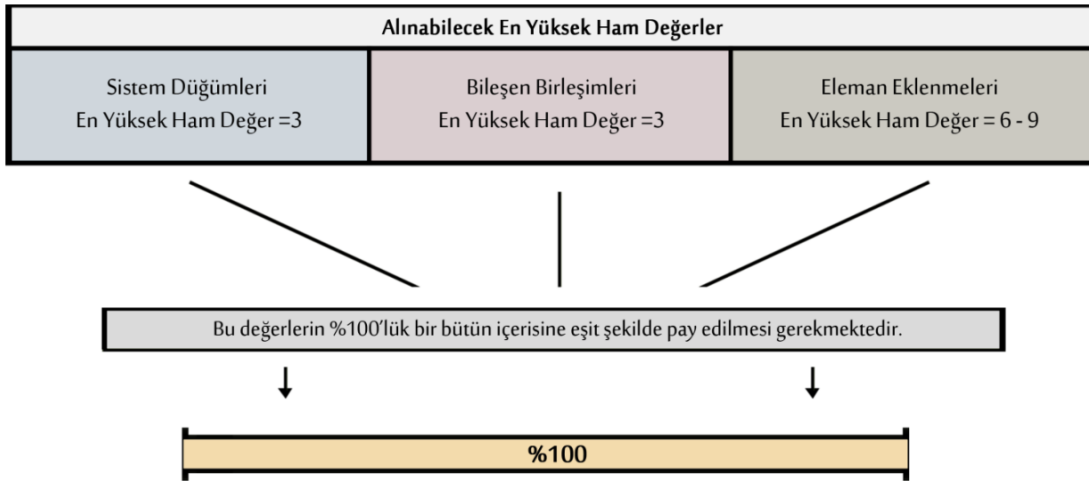
† Çalışmada, geleneksel ve modern yapı örneklerinde yer alan tüm sistem düğümleri, bileşen birleşimleri ve eleman eklenmeleri için değerlendirme tabloları ayrı ayrı düzenlenmiştir.

Sistem Dügümü > Bileşen Birleşimi > Eleman Eklenmeleri

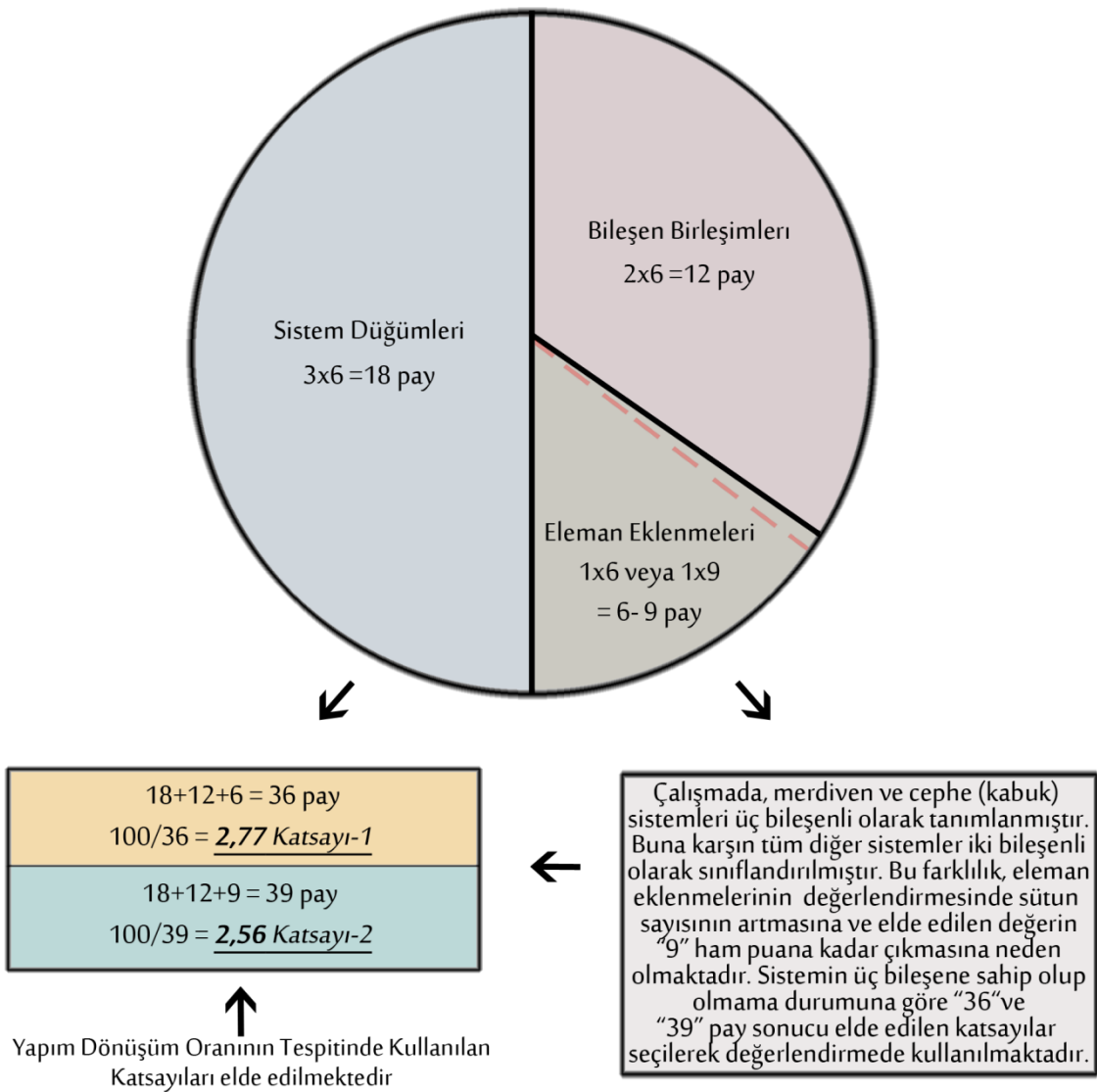
şeklinde bir çarpan oranı yapım dönüşüm hızının tespitinde kullanılmıştır. Değerlendirme sonucu elde edilen sayısal verilerin, Sistem düğümlerinde üç ile, bileşen birleşimlerinde ikiyle , eleman eklenmelerinde bir ile çarpımı, yapım dönüşüm hızına olan etkinin tespiti için kullanılacak yöntemin temelidir. Sistem ve bileşenlere kıyasla daha az etkiye sahip elemanların yapıdaki etkisi en düşük düzeydedir bu yüzden “bir” rakamı, bileşenlerin etkisi elemanlardan daha büyük olduğu için “iki” rakamı, sistemlerin etkisi bileşenlerden daha geniş ölçekte ve büyük için “üç” rakamı çarpan olarak belirlenmiştir.

Örnek inceleme aşamasında yapıyı oluşturan sistemler hiyerarşik sırasıyla ele alınmıştır. Bu sıralama yapım dönüşüm hızı en düşük sistemden başlayarak Temeller, taşıyıcı sistemler, döşemeler, duvarlar, merdivenler, çatılar, kabuklar ve tamamlayıcı iç mekan sistemleri şeklinde yapılmıştır. İncelenen örneklerde; Temel sistemi ele alındığında sistem düğümleri, bileşen birleşimleri ve eleman eklenmeleri değerlendirilerek puanlama yapılmış ve sütunlarda karşılığına yazılmıştır. Tüm değerler toplandıktan sonra daha önce belirlenen seviyelere göre hesaplanan katsayılarla çarpılarak çıkan sonuç ait olduğu sütuna yüzdelik olarak yazılmıştır.

Değerlendirme ve yapım dönüşüm hız oranının belirlenmesinde kullanılan tablolara, inceleme tablolarında elde edilen ham sayısal veriler yazılmıştır. Yukarıda da açıklandığı gibi sistem düğümlerinden elde edilen ham puanlar üç ile, bileşen birleşimlerinden elde edilen veriler ikiyle, eleman eklenmelerinden elde edilen veriler ise bir ile çarpılmaktadır. Ancak burada hesaplamaların bir sistematiğe oturtulması için doğrudan elde edilen ham puanların kullanımı yerine %100'lük bir bütün içerisinde ifade edilmesi gereklidir. Bu amaçla sistem düğümleri, bileşen birleşimleri ve eleman eklenmelerinin birbirleri arasındaki oransal dağılım bozulmadan %100'lük bütün içerisinde pay dağılımları yapılmıştır. Sonuç olarak en düşük değere sahip olan eleman eklenmelerinin değeri “6” bileşen birleşimlerinde çıkan ham puan iki ile çarpıldığı için değer “12” sistem düğümlerinde bu rakam üç ile çarpıldığı için “18” olarak belirlenmiştir (Şekil 11).



Şekil 10. Sistem düğümleri, bileşen birleşimleri ve eleman eklenmeleri etki dağılımları



Şekil 11. Pay dağılımlarına göre yapım dönüşüm oran tespitinde kullanılan katsayıların elde edilme yöntemi

Şekil 11'de ifade edilen sütun sayısının artışının açıklanması gerekli görülmektedir. Sistem düğümlerinin değerlendirilmesinde her sistem, okunabilirlik, müdahale edilebilirlik ve basitlik

ilkelerini karşılama durumuna göre tek sütunda puanlanmaktadır. Böylelikle değerlendirilen sistemin diğer sistemlerle olan düğümlerinin uyarlanabilirlik açısından durumu ortaya konulmaktadır. Sistemleri oluşturan bileşenler açısından da bünyesinde üç bileşen olan sistemlerde de iki birleşim olabilmektedir. Bununla birlikte üç bileşenden oluşabilen sistemin, incelenen örnekte tek bileşenden de kurgulanmış olması da mümkündür. Ancak üç bileşen yerine iki bileşenden oluşan sistemlerde tek bir bağlantı olması nedeniyle değerlendirme tek sütunda yapılabilmektedir. Eleman eklenmelerinde ise her bileşenin kendi içindeki eklenmeler değerlendirildiği için sütun sayısı, sistem ve bileşen değerlendirmelerinin aksine 3'ü geçerek 9'a kadar çıkabilmektedir. Sütun sayısının artışı puanlama yapılması gereken noktaların artışı nedeniyle olmaktadır. Daha öncede değinildiği gibi her sütuna da en fazla "1" puan verilerek değerlendirme yapılmaktadır.

Sistem düğümleri eleman eklenmelerinin yapım dönüşüm hızına etkisinin en az üç katına, bileşen birleşimleri eleman eklenmelerinin yapım dönüşüm hızına etkisinin en az iki katına sahiptir. Eleman eklenmelerinin en fazla alacağı ham puan ise 6 - 9 ve bununla birlikte X2 ve X3 çarpımları temel alınmaktadır.

Sistem düğümlerinden, bileşen birleşimlerinden ve eleman eklenmelerinden alınan ham değerlerin bu şekilde hesaplanması %100' lük bütün içinde % kaç başarı oranı olduğunu ortaya koymaktadır.

Örneğin; Sistem Düğümü ham puanı: **2**

Bileşen Birleşimi Ham Puanı: **1**

Eleman eklenmeleri ham puanı: **4** ise

Sistem Düğümü : $2 \times 6 = 12$ pay

Bileşen Birleşimi : $1 \times 4 = 4$ pay

Eleman Eklenmeler : $4 \times 1 = 4$ pay

Toplam pay sayısı "**36**" olan bir sistem değerlendirildiğinde, Şekil 11'de değinildiği gibi **Katsayı-1= 2,77** olarak alınmaktadır.

$$12+4+4 = \mathbf{20}$$
 pay

$$20 \times \mathbf{2,77} = \mathbf{\%55,4}$$
 sistemin başarı oranı

Toplam pay sayısı "**39**" olan bir sistem değerlendirildiğinde, Şekil 11'de değinildiği gibi **Katsayı-2 = 2,56** olarak alınmaktadır.

$$12+4+4 = \mathbf{20}$$
 pay

$$20 \times \mathbf{2,56} = \mathbf{\%51,2}$$
 şeklinde bir sistem başarı oranına ulaşılmaktadır.

Buna göre;

1 Sistem düğüm değerinin karşılığı 36 veya 39 pay içerisinde : **6** pay

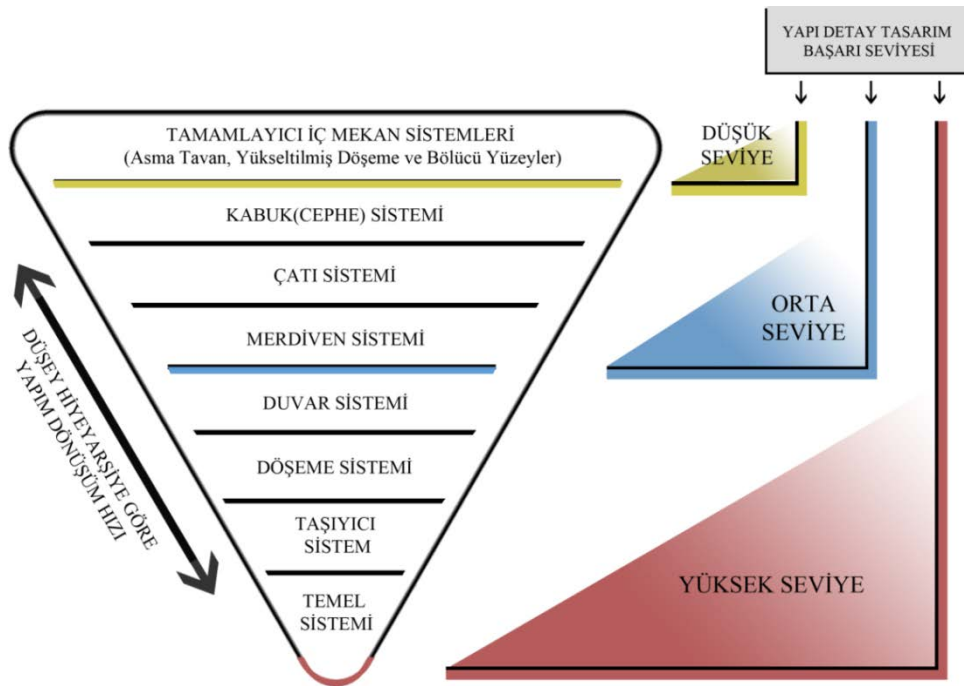
1 Bileşen birleşimi değerinin karşılığı 36 veya 39 pay içerisinde: **4** pay

1 Eleman eklenmesi değerinin karşılığı 36 veya 39 pay içerisinde: **1** pay'dır.

Bu noktada pay oranları, doğrudan diğerinin iki veya üç katı şeklinde düşünülmemelidir. Hesaplama aşamasında etki seviyesinin yapı bütününe doğru şekilde adapte edilebilmesi için düzenleme, en düşük oranlarının katları şeklinde yapılmıştır. Bu katsayılara %100'lük bir bütün içerisinde bakıldığında **X3- X2- X1** oranları elde edilmektedir.

Her sistemin kendi içinde aldığı yapım dönüşüm hızı yüzdelik oranlarının yanısıra, tüm sistemlerin sahip olduğu yapım dönüşüm hız oranlarının toplamı, genel yapım dönüşüm hızının tespitinin yapılmasını sağlamaktadır.

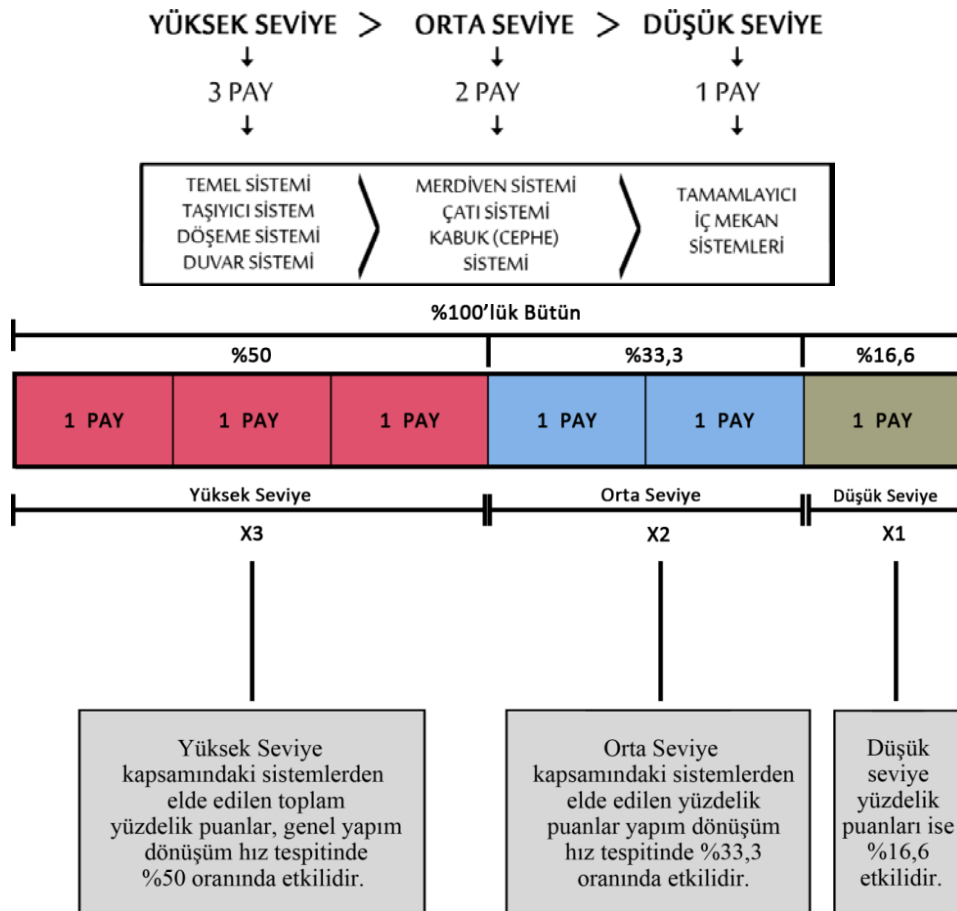
Yapısal öğeler düşey hiyerarşisi, müdahale edilmesi en zor sistemden başlayarak yapım dönüşüm seviyesinin artışına göre sistemlerin sıralanmasını ifade etmektedir. Bu temelde değerlendirme tablosuna göre sistemlerin ayrı ayrı aldıkları yüzdelik değerler onların seviyelerinin tespit edilmesi için yeterli olmaktadır. Müdahale edilmesi en zor sistem olan temel sisteminden başlayarak, taşıyıcı sistem, döşeme ve duvar sistemleri uyarlanabilme kabiliyeti açısından “yüksek seviye” kapsamındadır. Yüksek seviye, genel yapım dönüşüm seviyesine etki bakımından en büyük paya sahip bölümü ifade etmektedir. Ancak, müdahale edilmesi ve sonradan dönüştürülmesi daha kolay olan, merdiven, çatı ve kabuk sistemi ise daha düşük seviye olan orta seviye değerini ifade etmektedir. Bu sistemlerden daha hızlı ve kolay şekilde yapım dönüşüm hızına sahip Tamamlayıcı iç mekan sistemleri ise, yapının genel uyarlanma kabiliyetine katkısı bakımından en düşük etkiye sahip sistemlerdir. Ortaya konulan bu yaklaşım, “**Sistem Etki Yaklaşımı**” olarak tanımlanmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Yapı sistemlerinin düşey hiyerarşisiye göre uyarlanabilme kabiliyetinin, sistem etki yaklaşımına göre ifadesi

Yapım dönüşüm hızı düşük olan sistemlerin okunabilir, müdahale edilebilir ve basit olması yapının toplam detay tasarım başarısının değerlendirilmesi açısından olumlu sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Yapının yüksek seviye- orta seviye ve düşük seviye olarak sınıflandırılan yüzdellik başarı oranları toplanarak, o seviyede yer alan sistemleri, yapının toplam yapım dönüşüm hızına etkileri oranında değerlendirme imkanı elde edilmektedir.

Bu bağlamda sistem düğümleri, bileşen birleşimleri ve eleman eklenmelerinin değerlendirilmesinde kullanılan yaklaşımın benzeri tekrar kullanılmaktadır. Bu yöntemde bileşenler iki ile çarpılmakta sistem düğümleri ise üç ile çarpılmaktadır. Bu kısımda da yüksek seviyede yer alan sistemlerin aldığı toplam yüzdellik değerlerin, orta seviyede yer alan sistemlerin yapım dönüşüm hızına olan etkilerinden daha fazla etkiye sahip olduğu ve düşük seviyede yer alan sistemlerin aldığı toplam yüzdellik değerlerin ise daha da az etkiye sahip olduğu kanısına varılmıştır. Orta seviye, düşük seviyenin iki katı ve yüksek seviye ise düşük seviyenin üç katı olarak belirlenmiştir. Buna göre yüksek seviye üç ile çarpıldığı için üç pay, orta seviye iki ile çarpıldığı için iki pay ve düşük seviye bir ile çarpıldığı için, toplam yapım dönüşüm hızına etkisi açısından bir paya sahip olmaktadır (Şekil 13).



Şekil 13. Sistem Etki Yaklaşımı'na göre pay dağılımları ve yapım dönüşüm hızına etki oranları

4. Bulgular ve Tartışma

4.1 Yapı Örneklerinin Analizi

Tablo 1. Geleneksel yapı örneğinin yapım dönüşüm hız oranının tespiti

GELENEKSEL YAPI ÖRNEĞİ				YAPI ÖRNEĞİNİN YAPIM DÖNÜŞÜM HIZ ORANININ TESPİTİ						
YAPI DETAY TASARIMI HAM SAYISAL DEĞERLERİ				Sistemlerin Ham Yapım Dönüşüm Hız Yüzdeleri	Sistem Etki Yaklaşımı'na göre Yüzdelerik Dilimler	Sistem Etki Yaklaşımı'na göre Nihai Yapım Dönüşüm Seviye Tespiti				
Yapıyı Oluşturan Sistemler	Sistem Düğümleri	Bileşen Birleşimleri	Eleman Eklenmeleri	Sistemlerin Yüzdelerik Dilimdeki Toplam Payları	Katsayılar 1-2					
Temel Sistemi	0	0	0	Yapıda bu sistem yok.	2,77					
Taşıyıcı Sistem	3	3	6	$(3X6)+(3X4)+(6X1)=36$	2,77	100%	Yüksek Seviye Etki Yüzdeleri % 50	$\frac{4}{100} = \%100$ $\frac{2}{100} = \%50$		
Döşeme Sistemi	3	3	6	$(3X6)+(3X4)+(6X1)=36$	2,77	100%				
Duvar Sistemi	3	3	6	$(3X6)+(3X4)+(6X1)=36$	2,77	100%				
Merdiven Sistemi	0	0	0	Yapıda bu sistem yok.	2,56					
Çatı Sistemi	3	3	6	$(3X6)+(3X4)+(6X1)=36$	2,77	100%	Orta Seviye Etki Yüzdeleri % 33,3	$\frac{2}{100} = \%100$ $\frac{2}{100} = \%33,33$		
Kabuk (Cephe) Sistemi	3	3	6	$(3X6)+(3X4)+(6X1)=39$	2,56	100%				
Tamamlayıcı İç Mekan Sistemleri	0	0	0	Yapıda bu sistem yok.	2,56		Düşük Seviye Etki Yüzdeleri % 16,6			
Yapı Detay Tasarımı Toplam Ham Değeri	15	15	30	YAPIM DÖNÜŞÜM HIZININ TOPLAM HAM YÜZDELİK ORANI		100%	YAPIM DÖNÜŞÜM HIZININ TOPLAM NİHAİ BAŞARI YÜZDESİ	100,00%		

Tablo 2. Modern yapı örneğinin yapım dönüşüm hız oranının tespiti

MODERN YAPI ÖRNEĞİ		YAPI ÖRNEĞİNİN YAPIM DÖNÜŞÜM HIZ ORANININ TESPİTİ								
YAPI DETAY TASARIMI HAM SAYISAL DEĞERLERİ		Sistem Etki Yaklaşımı'na göre Nihai Yapım Dönüşüm Seviye Tespiti	Sistem Etki Yaklaşımı'na göre Yüzdelerik Dilimler	Sistemlerin Ham Yapım Dönüşüm Hız Yüzdeleri	Katsayılar 1-2	Sistemlerin Yüzdelerik Dilimdeki Toplam Payları	Eleman Eklennmeleri	Bileşen Birleşimleri	Sistem Düğümleri	Yapıyı Oluşturan Sistemler
Temel Sistemi	1	0	1	$(1X6)+(0X4)+(1X1)=7$	2,77	%19,39				
Taşıyıcı Sistem	3	3	2	$(3X6)+(3X4)+(2X1)=32$	2,77	%88,64				
Döşeme Sistemi	3	3	6	$(3X6)+(3X4)+(6X1)=36$	2,77	100%				
Duvar Sistemi	0	0	0	Yapıda bu sistem yok.	2,77					
Merdiven Sistemi	1	3	4	$(1X6)+(3X4)+(4X1)=22$	2,56	%56,32				
Çatı Sistemi	3	3	6	$(3X6)+(3X4)+(6X1)=36$	2,77	100%				
Kabuk (Cephe) Sistemi	3	3	9	$(3X6)+(3X4)+(9X1)=39$	2,56	100%				
Tamamlayıcı İç Mekan Sistemleri	0	0	0	Yapıda bu sistem yok.	2,56					
Yapı Detay Tasarımı Toplam Ham Değeri	14	15	28	YAPIM DÖNÜŞÜM HIZININ TOPLAM HAM YÜZDELİK ORANI		77,3%				
				YAPIM DÖNÜŞÜM HIZININ TOPLAM NİHAİ BAŞARI YÜZDESİ						63,10%

5. Sonuçlar ve neriler

Bu alışma herhangi bir mimari yapının detay tasarım seviyesinin sayısal veri olarak ortaya konulabilmesini sağlayan bir yönteme ulaşmayı amaçlamıştır. Bu amaç, mimarinin ürünü yapının uyarlanabilirliğini ifade eden yapım dönüşüm hızının tespitini kapsamaktadır. Detay tasarım seviyesinin ölçümünde ise birbirine zıt türde iki yapı rneği incelenmiştir. Bunlar geleneksel ve modern yapı örnekleridir.

Bu makale, bir tez çalışmasının ürünüdür ve ilgili kuramsal açıklamalar, incelenen yapı örneklerinin kapsamlı analizi tez çalışmasında yer almaktadır.

Yapıyı oluşturan her bir sistemin birbiri ile bağlantılarını ifade eden sistem düğümleri, sistemleri oluşturan bileşenlerin birleşimleri ve bileşenleri oluşturan eleman eklenmelerinin değerlendirilmesi yapı detay tasarım ham puanını ortaya koymaktadır. Sistem, bileşen ve elemanların genel uyarlanabilirliğe katkısı bakımından, etki seviyelerine bağlı olarak ortaya konulan katsayılar ise yapım dönüşüm hızının ham yüzdelik oranını ortaya çıkarmaktadır. Hesaplamada kullanılan bu katsayılar, Katsayı-1 ve Katsayı-2 olarak isimlendirilmiştir. Bununla birlikte değiştirilmesi ve dönüştürülmesi hiyerarşik açıdan en zor olan sistemlerden başlayarak yüksek, orta ve düşük seviye oranları belirlenerek nihai yapım dönüşüm hızı seviyeleri ortaya konulmuştur. Sistemlerin hiyerarşik durumuna göre ortaya konulan yapım dönüşüm hızına etki seviyeleri, (yüksek, orta ve düşük) ‘‘Sistem Etki Yaklaşımı’’ olarak tanımlanmıştır.

İlk olarak incelenen geleneksel bir yapı rneği olan çadırın yapım dönüşüm hız seviyesinin tespiti yapılmıştır. Değerlendirmede yapı örneklerinin görsel olarak tespit edilebilen detay tasarımları üzerinden puanlama yapılmıştır. Buna göre; sistem etki yaklaşımı kapsamında nihai yapım dönüşüm seviyesi %100 olarak tespit edilmiştir. Uyarlanabilirliği sağlayan ilkelerin karşılanmasında detayların karmaşadan uzak olması, katman sayısının azlığı, sıralı dizin yerine paralel dizin kullanımının etkili olduğu görülmüştür. Geleneksel yapı rneği olarak çadırın sahip olduğu uyarlanabilme özelliğinin, tm mimari yapılarda kullanımı genel olarak yapım dönüşüm hız seviyesinin artmasını sağlayacaktır.

Bir diğer örnek olan modern yapıda ise ağırlıklı olarak ahşap kökenli ve bazı sistemlerde de beton yapı ürünleri kullanılmıştır. Sistemlerin, bileşenlerin ve elemanların yapı detay tasarımı ham puan değerlendirmesinde temel, duvar ve merdiven gibi sistemlerde düşük puan almasına rağmen diğer sistemlerde yüksek değerler elde edilmiştir. Ancak seviyelerin yapım dönüşüm hızına etkileri nedeniyle hiyerarşik olarak dönüşmesi zor olan sistemlerden gelen düşük ham puanlar nihai dönüşüm hızını olumsuz yönde etkilemiştir. Model, hiyerarşik olarak müdahale edilmesi en zor olan sistemlerin uyarlanabilirlik kabiliyetinin, en yüksek seviyede etkiye sahip olması üzerine kuruludur. Bu nedenle geleneksel yapı rneği olan çadırdan daha düşük nihai yapım dönüşüm hız oranı elde edilmiştir. Buna göre sistem etki yaklaşımı kapsamında nihai yapım dönüşüm hız seviyesi %63,1 olarak elde

edilmiştir. Sistemlerde, sökülebilirlik seviyesi düşük yapı ürünü kullanımı, sistemin diğer sistemlerle bağlantısı ve kendi içindeki bağlantılarını olumsuz etkilemektedir. İki yapı örneğinin incelenmesi analiz yönteminin çalışma şeklini ortaya koymaktadır.

Geliştirilen yöntem tasarım ve uygulamayı kapsayan tüm yapım sürecinin dışında kullanım sonrasını da yönetilebilir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Uyarlanabilir detaylar mikro boyutta mevcut yapının kendisi ve yakın çevresi ile ilişkisini tanımlarken, makro boyutta daha büyük ölçekli etkileri ortaya çıkarmaktadır. Yapıyı oluşturan sistemlerin kendi içerisinde farklı periyotlarla değişime ve yenilenmeye ihtiyacı olduğu bir gerçektir. Aynı ihtiyaç daha büyük ve gittikçe genişleyen ölçekte tüm çevrenin de gereksinimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Zamanın, gelişen teknoloji ve değişen ihtiyaçlar ile zorunlu kıldığı bu gereksinim kentsel dönüşüm olarak tanımlanmaktadır. Kentsel dönüşüm süreçlerinin zorluğu ve çevresel etkileri göz önüne alındığında uyarlanabilir detayların kullanımının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Tasarım aşamasından başlayarak tüm yapım ve yıkım sürecini yönetilebilir yapmayı amaçlayan bu yöntemin, günümüzde büyük bir sorun olan kentsel dönüşümüne de katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma “Tasarım- Uygulama Birlikteliğinin Kurgulanmasında Uyarlanabilirliği Sağlayan Mimari Detay Tasarımına Yönelik Bir Analiz Yöntemi” başlıklı Sanatta Yeterlik tezinden türetilmiştir.

Kaynaklar

- Aközer, E., (1990), Kuram Nedir?, Mimarlık Dergisi 1990/3, (S. 50-51).
 Balanlı, A., Öztürk, A. (2006), Yapı Biyolojisi, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayım Merkezi, İstanbul.
 Baş, D., 2010, Mimari Düşüncenin Biçimlenişi: Yapım Dili, Es Yayınları, İstanbul.
 Brand, S., (1994), How Buildings Learn, Penguin Books, USA.
 Brookes, A.J., (2002) The Turning Point of Building, Drukkerij Rozbek BV, Nuth, ISBN:90 5262 305 6.
 Bürdek, B. E. (2005). Design : History, Theory and Practice of Product Design. Basel: Birkhäuser.
 Creswell, J.W. (2013), Qualitative Inquiry & Research Design Choosing Among Five Approaches, SAGE Publications, ISBN: 978-1-4129-9531-3, 978-1-4129-95306.
 Crowther, P. (1999) Durability of Building Materials and Components, 8th International Conference on, May 30 – June 3, Vancouver, Canada. Volume 3.
 Crowther, P. (2001), Developing an Inclusive Model for Design for Deconstruction. CIB Task Group 39-Deconstruction, Annual Meeting, Wellington, New Zealand.
 Dilworth, C. (2013), Simplicity : A Meta-Metaphysics. Lanham: Lexington Books.
 Duffy, F. (1998) Design for change, The Architecture of DEGW, Birkhauser, Basel 1998.
 Duffy, F., (1990), Measuring Building Performance, Facilities Vol 8/ No 5/ May.S:17
 Durmisevic E, Brouwer J. (2002), Design Aspects of Decomposable Building Structures, Design for Deconstruction and Material Reuse, Proceedings of the CIB Task Group 39, Karlsruhe, Germany.
 Durmisevic, E. (2006) Transformable Building Structures, Cedris M&CC, Netherlands.

- Emmitt, S., Olie, J., Schmid, P., (2004), Principles of Architectural Detailing, Blackwell Publishing, USA. ISBN: 1-4051-0754-5.
- Frazer, J. (1995). An Evolutionary Architecture, Architectural Association, London. ISBN:1 870890 47 7.
- Guy, B., Ciarimboli, N. (2007), DFD Design for Disassembly in the Built Environment: A Guide to Closed-Loop Design and Building, Hamer Center for Community Design, Pennsylvania State University, USA.
- Gürsel, Y., (1990), Tasarım, Üretim ve Kullanım Süreçleri Üzerine Eleştiri Denemesi : Mimarlıkta Kuram ve Kılğı, Mimarlık Dergisi 1990/3, (S. 46-50).
- İnceoğlu, M., İnceoğlu, N. (2004), Mimarlıkta Söylem Kuram ve Uygulama, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul.
- Kılıç, O. (2019), *Tasarım-Uygulama Birlikteliğinin Kurgulanmasında Uyarlanabilirliği Sağlayan Mimari Detay Tasarımına Yönelik Bir Analiz Yöntemi*, Sanatta Yeterlik Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- Kibert, C. J. & Chini, A. R. (2000) *Overview of Deconstruction in Selected Countries*, CIB publication no. 252.
- Kibert, C., Sendzimir, J., Guy, B. (2002) Construction ecology and metabolism, University of Florida, Conference Proceedings, United States.
- Kibert, C.J., Sendzimir, J., Guy, G.B., (2002), Construction Ecology: Nature as the basis for green buildings, Spon Press, New York.
- Kuban, D., 2014, Mimarlık Kavramları, Yem Yayın, İstanbul.
- Lawson, B. (1996) Building Materials Energy and the Environment, Red Hill, AU: The Royal Australian Institute of Architects.
- Lawson, B.R. (1980). How Designers Think, Architectural Press, London.
- Maxwell, J.A., (2013), Qualitative Research Design An Interactive Approach, SAGE Publications. ISBN: 978-1-4129-8119-4.
- Morgan, C., Stevenson, F. (2005) Design and Detailing for Deconstruction, SEDA Design Guides for Scotland: No. 1., Scottish Ecological Design Association (SEDA), Edinburgh, Scotland.
- O'Neill, R.V., DeAngelis, D.L., Waide, J.B., Allen, T.F.H., (1986), Hierarchical Concept of Ecosystems, Princeton University Press, New Jersey, USA.
- Odum, E.P., Barrett, G.W., (2008), Ekoloji'nin Temel İlkeleri (Fundamentals of Ecology), Palme Yayıncılık, Ankara. ISBN: 978-9944-341-74-5 Çeviri: Işık, K.
- Odum, H.T., (1996), Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making, John Wiley Press, Newyork. ISBN:0-471-11442-1.
- Seymen, Ü.B., (1990), Mimarlık ve Kuram, Mimarlık Dergisi 1990/3, (S. 36-37).
- Türkçü, H.Ç., (2015), Yapım- İlkeler-Malzemeler-Yöntemler-Çözümler, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Uraz, U.T.(1993), Tasarlama Düşünme Biçimlendirme, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, Birinci Baskı, Sayı:1514, İstanbul.
- Vale, B. and Vale, R. (1991) Green Architecture: Design For a Sustainable Future, Thames and Hudson, London
- Warm, P. and Oxley, R. (2002), Guide to Building Services for Historical Buildings, CIBSE, London
- Yener, N. (2000), Özelikten Biçime, Profesörlük Çalışması, İstanbul.
- URL-1:<https://e-history.kz/ru/contents/view/5145> Erişim Tarihi: 15.11.2019
- URL-2:<https://www.archdaily.com/592660/nest-we-grow-college-of-environmental-design-uc-berkeley-kengo-kuma-and-associates> Erişim Tarihi: 06.05.2019
- URL-3: <https://www.youtube.com/watch?v=7oXsZ-kUXPo> Erişim tarihi: 20.04.2018
- URL-4:<https://ced.berkeley.edu/events-media/news/nest-we-grow-is-5-on-archdailys-most-visited-sites> Erişim tarihi: 20.04.2018
- URL-5:<https://www.archdaily.com/592660/nest-we-grow-college-of-environmental-design-uc-berkeley-kengo-kuma-and-associates> Erişim tarihi: 20.04.2018

Genel Amaçlı Kübik Bir Robot Tasarımı ve Uygulaması

Halil GÖK¹, Ömür AKYAZI², Erdiç ŞAHİN^{3*}

^{1,2,3}Karadeniz Teknik Üniversitesi, Of Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

*Sorumlu Yazar: esahin@ktu.edu.tr

Geliş Tarihi: 03.04.2020

Kabul Tarihi: 04.05.2020

Öz

Bu çalışmada genel amaçlı kübik bir robot tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Dört adet küpten meydana gelen kübik robot, içerisinde var olan altı adet DC servo motor ile eş zamanlı hareketler, ileri-geri pozisyon değiştirme ve yükselme-alçalma hareketleri yapabilmektedir. Dört küpten ikisi birbirine bağlı ve merkezde yer almakta, serbest hareket eden diğer iki küp ise merkezin sağına ve soluna yerleştirilmiştir. Yazılım geliştirme kartı olarak Arduino nano kullanılmıştır ve bu kart merkez küplerde yer almaktadır. Tasarlanan robot internet üzerinden (web sayfası) mobil ara yüz ile açık çevrim kontrol edilmektedir. Robotun yapabildiği hareketlerin videosuna çalışmanın sonuç bölümünde verilen net adresinden ulaşılabilir.

Anahtar Kelimeler: Kübik Robot, Web Tabanlı Açık Çevrim Denetim, Servo Motor Uygulaması

Design and Implementation of a General Purpose Cubic Robot

Abstract

In this study, a general purpose cubic robot design and application has been realized. The cubic robot consisting of four cubes can perform simultaneous movements, forward-backward position change and ascending-descending movements by using six DC servo motors. Two of the four cubes are connected each other and located in the center of the robot, while the other two free-moving cubes are placed to the left and right of the center. Arduino nano is used as software development card and this card is located in the center cubes. The designed robot is open loop controlled via a mobile interface (web page). The video of the movements of the robot can be accessed from the net address given in the conclusion section of the study.

Keywords: Cubic Robot, Web-Based Open Loop Control, Servo Motor Application

¹<https://orcid.org/0000-0003-2026-1497>

²<https://orcid.org/0000-0001-6266-2323>

³<https://orcid.org/0000-0002-9740-599X>

1. Giriş

Robotik sistemlerin tanımı Amerikan Robot Enstitüsü tarafından geçmiş zamanda genel bir amaç için tasarlanmış programlanabilir ve çok fonksiyonlu manipulatörler olarak belirtilse de günümüzde robot tanımı için kullanılan yaygın algı; bir insanı sadece fiziksel olarak değil, aynı zamanda zekâ ve kişilik ile taklit etmek için manipüle edilebilir bir sistemdir (Gu, 2013). Teknolojik gelişmeler neticesinde robotik sistemler üretim endüstrisi, savunma sanayi, sağlık sektörü ve günlük hayatımızın birçok alanında sıkça kullanılmaktadır (Şahin ve ark., 2012; Gündoğdu ve ark.,2013). Robotik sistemlerin kullanım alanlarına göre sınıflandırılması üzerine yapılan bir çalışmada endüstriyel robotlar, mobil robotlar, insansı robotlar, çoklu robotlar, sürü robotları, mikro-nano robotlar ve bunun gibi birçok robot türü farklı başlıklar altında verilmiştir (Gürgüze ve ark., 2019).

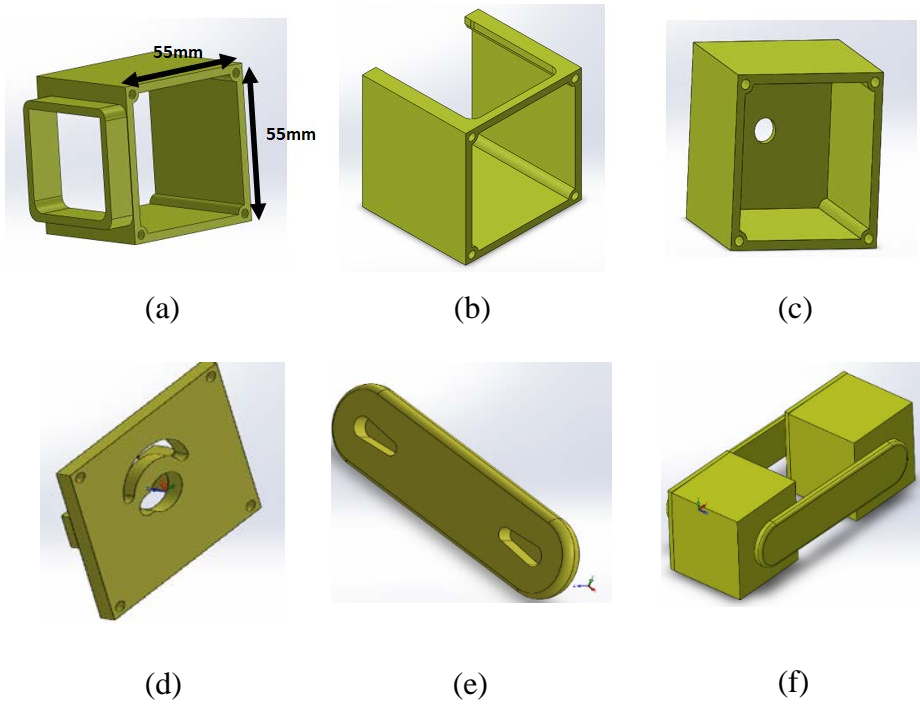
Robotik sistemlerin modellenmesi ve tasarımının yanında denetimi ve kullanılan algoritma tipi de önemli bir yer tutmaktadır (Akyazı ve ark., 2017). Parçacık sürü optimizasyonu, genetik algoritma, gri kurt algoritması, ateş böceği algoritması, karınca kolonisi algoritması, Kalman filtresi, bulanık mantık, petri ağları, Markov zinciri, Monte Carlo metodu ve levy uçuşu robot sistemlerinde uygulanan bazı algoritmalarıdır (Gürgüze ve ark., 2019). Denetleyici yöntemi olarak da araştırmacılar birçok konu çalışmaktadır. Robotik sistem denetiminde genel olarak kuvvet denetimi, tork denetimi, gürbüz denetim, uyarlamalı denetim ve akıllı denetim başlıkları karşımıza çıkmaktadır (Lewis ve ark., 2003). Referans yolun veya sinyalin takibi ile istenilen hareketin manipulatörlere yaptırılmasında genellikle AC veya DC servo motorlar eyleyici olarak kullanılmaktadır (Lewis ve ark., 2003). Bunun yanında bazı yüksek fiziksel güçlü uygulamalarda hidrolik eyleyiciler tercih edilmektedir.

Bu çalışma ile amacımız referans hareketleri izleyebilecek, gerektiğinde istenilen pozisyona kitlenip kalabilecek ve önüne çıkan engelleri aşabilecek genel amaçlı kübik bir robot sistemin tasarımıdır. Projenin fiziksel tasarım sürecinde, elektronik devre tasarımında ve yazılım uygulamasında sıra ile SolidWork programı, Proteus Programı ve Arduino geliştirme kartı kullanılmıştır. Dört adet küpten meydana gelen robot altı adet servo motor içermektedir. İstenilen referans hareketlerin gerçekleştirilmesi için bazı matematiksel hesaplamalardan yararlanıldı. Tasarlanan robot bir web sayfası üzerinden kontrol edilmektedir. Kontrol panelinde manuel ve otomatik kontrol seçenekleri yer almaktadır. Gelecek başlıklarda sıra ile kübik robotun fiziksel tasarlanma süreci, denetim süreci ve sonuçlar yer almaktadır.

2. Kübik Robotun Tasarımı

2.1. Fiziksel Parçaların Üretimi

Robotu oluşturan küplere ait tasarımlar ve ölçüler aşağıda Şekil 1’de görülmektedir. Küpler yapboz gibi takılıp birbirine montajlanmaktadır. Her küpe takılan kapaklar aynı boyuttadır. Kapaklar 3.2 mm çaplı vidalar ile tutturulmuştur. Kolların tasarımı motorun ucuna gömülecek biçimde yapılmıştır. Bu parçalar SolidWork programında tasarlanmış ve 3 boyutlu yazıcı ile basılmıştır. Aşağıda verilen parçalar birleştirilerek Şekil 2’de görülen robotun son hali elde edilmiştir.



Şekil 1. Küplere ait tasarımların görünüşleri (a,b,c), kapak ve kol çizimleri (d,e), örnek bir bağlantı şekli (f).

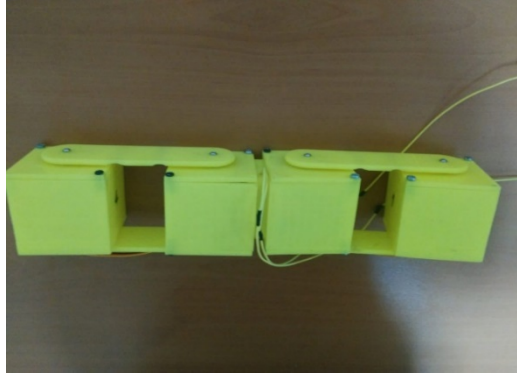
2.2. Donanım Kısmı

Bu başlık altında tasarlanan robota ait donanımsal parçalar hakkında bilgi verilmektedir. Robot hareketleri SG-90 servo motor ile sağlanmaktadır. Motora ait bağlantı şekli ve Arduino uygulamaları ile ilgili detaylı bilgiye (Cameron, 2019)’ten ulaşılabilir. Devrenin güç gereksinimi MT3608 modülü üzerinden sağlanmaktadır. MT3608 modülü yüksek verimli, çıkış gerilimi ayarlanabilen yükselten tip bir DA-DA çeviricidir (URL-1, 2020). NodeMCU ESP8266 ünitesi düşük güç tüketimiyle çalışan geliştirilebilir bir mikrodenetleyicidir. Üzerinde var olan WiFi aparatıyla nesnelerin interneti olarak bilinen IOT tabanlı ürün geliştirmede kullanılmaktadır (Patel ve ark., 2019). Proje kapsamında tasarlanan robotun denetimi bir web sayfası üzerinden gerçekleştirileceği için bu ürün sisteme dâhil

edilmiştir. NodeMCU ESP8266 ünitesine ait bağlantı şekli ve detaylar (URL-2, 2020)'de verilmektedir. Donanım kısmına ait alt sistemler delikli plaketa üzerinde birbirine bağlanmıştır. Donanımsal bağlantıya ait Proteus programı ile çizilen şematik gösterim Şekil 3'te verilmektedir.

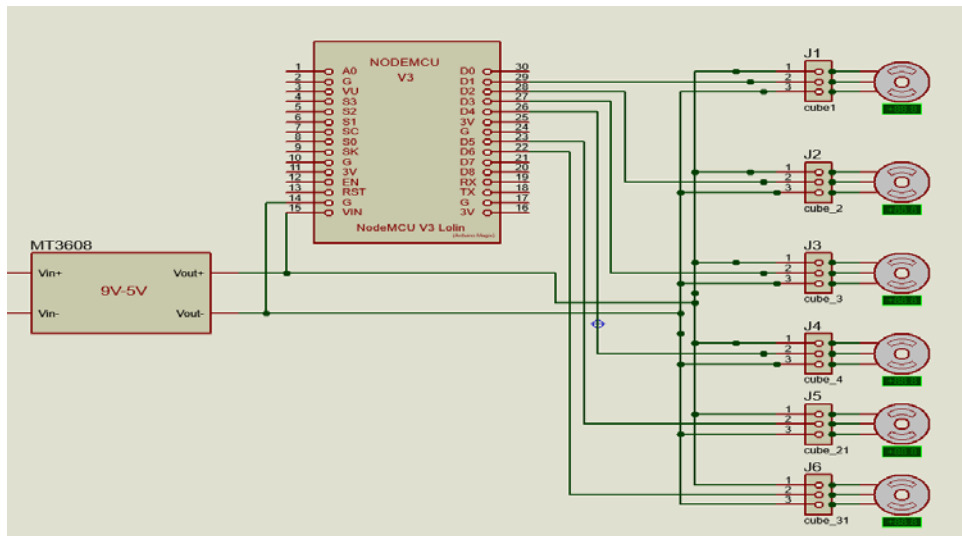


(a)



(b)

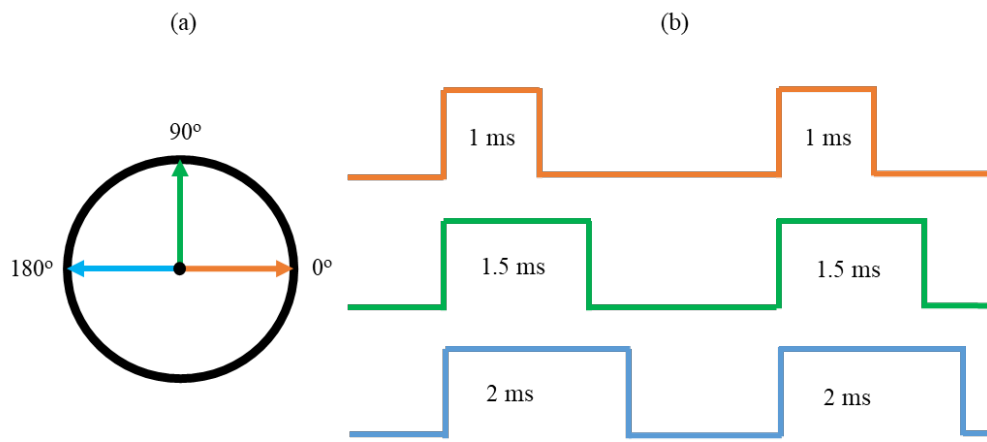
Şekil 2. Kübik robotun (a) yandan ve (b) üstten görünümü.



Şekil 3. Devre bağlantılarının gösterildiği Proteus programı çizimi.

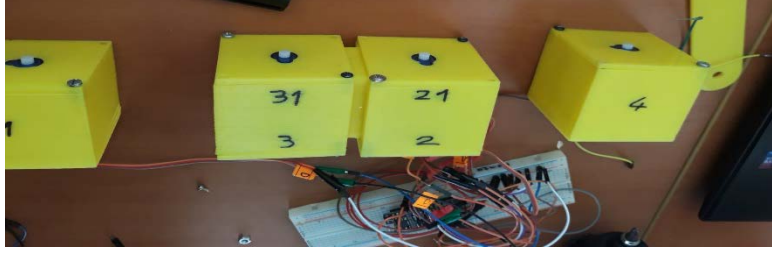
2.3. Yazılım Kısımı

Servo motorlar darbe genişlik modülasyonu (PWM) sinyalleri ile çalışmaktadırlar. Bu PWM sinyalleri kablosuz veya kablolu olarak bir mikro denetleyici yardımıyla üretilebilir. Üretilen pals sinyalinin genişliğine göre servo motor pozisyon değiştirmektedir. Pozisyonun devamlılığı için motora uygulanan sinyalin tekrar edilmesi gerekmektedir. Motor tipine göre motora uygulanacak giriş sinyalinin genişlik limitleri değişkenlik gösterebilir. Genellikle alt ve üst darbe genişliği 1-2 ms aralığındadır (URL-4, 2020). Aşağıda verilen şekilde giriş sinyallerine göre servo motorun aldığı pozisyonlar örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 4. Giriş sinyallerine göre servo motorun aldığı pozisyonlar. (a) Servo motor konumu, (b) giriş sinyali.

Önerilen robotun gerçekleştirme aşamasında Şekil 5'te görüldüğü gibi küplerin içindeki servo motorlara sembolik sayısal değişkenler (1, 2, 21, 3, 31, 4) atanmıştır. Bu sayısal değerler robota hareket kabiliyetini sağlayacak olan servo motorları temsil etmektedir. Belirli hareketleri veya sistemin doğru bir şekilde istenilen hareketleri yapabilmesi için ilgili küpün içindeki servo motorun istenilen yönde hareket ettirilmesi gerekmektedir. 2. ve 3. küpte 2'şer adet servo motor bulunmaktadır. Bu karşılıklı olan küpler zıt yönde dönmektedirler. Eğer 3. Küp ile ilgili hareket yapılacaksa, örneğin 3 numaralı motor "0° konumunda" ise diğer 31 numaralı motorda "180° konumunda" olmalıdır. Robotun hareket kabiliyetini artırmak için servo motorların başlangıç pozisyonunda 1. ve 4. küpler "0° konumunda", 2. ve 3. küpler "135° konumunda" olacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 5. Küplere atanmış sembolik sayısal değerler.

Yazılan kod ile tüm servo motorları bir değişken (i) üzerinden kontrol edilmektedir. Bir döngü başlatarak motorun hareket işlemleri sağlanmaktadır. Referans verilen motor hareketlerinin gerçekleştirilebilmesi için motorların istenilen konumlara gitmesi gerekmektedir.

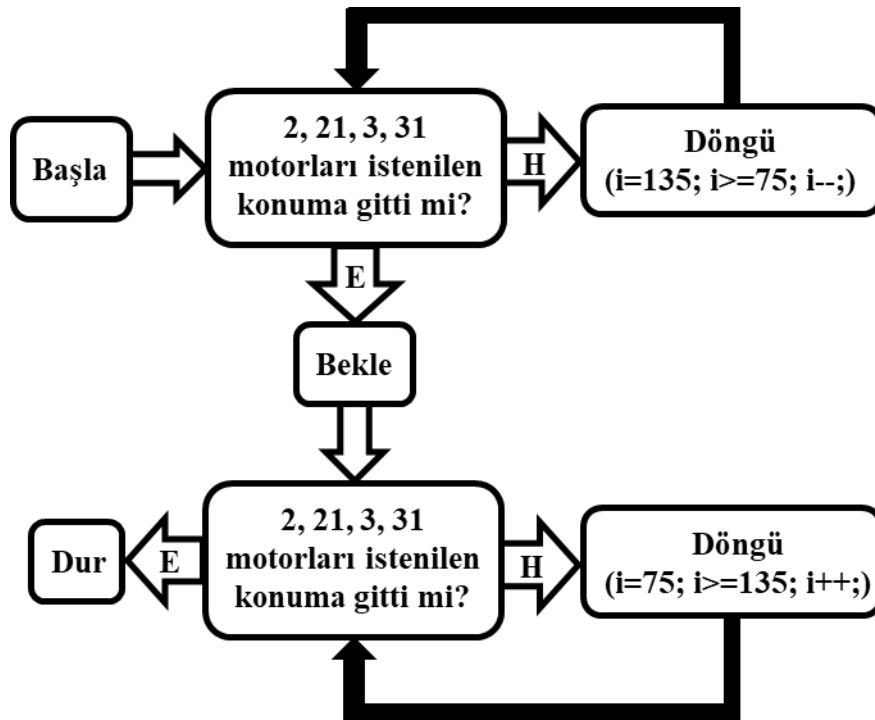
Önerilen robota yaptırılacak ilk hareket yükselme-alçalma hareketidir. Başlangıç konumundan başlatılarak her farklı harekette motorların (i) değişkeni üzerinden hareket açılarını tamamlaması gerekmektedir. Kübik robot 1.ve 4. küpü kaldırma hareketini yaptıktan sonra 2500 milisaniye bekletilmekte ve sonrasında kalkan merkez küpleri indirmek için (i) değişkenindeki değerler yani motorun konumları başlangıç konumuna gelene kadar azaltılmaktadır. Bu hareketi ifade eden akış diyagramı Şekil 6’da verilmektedir.

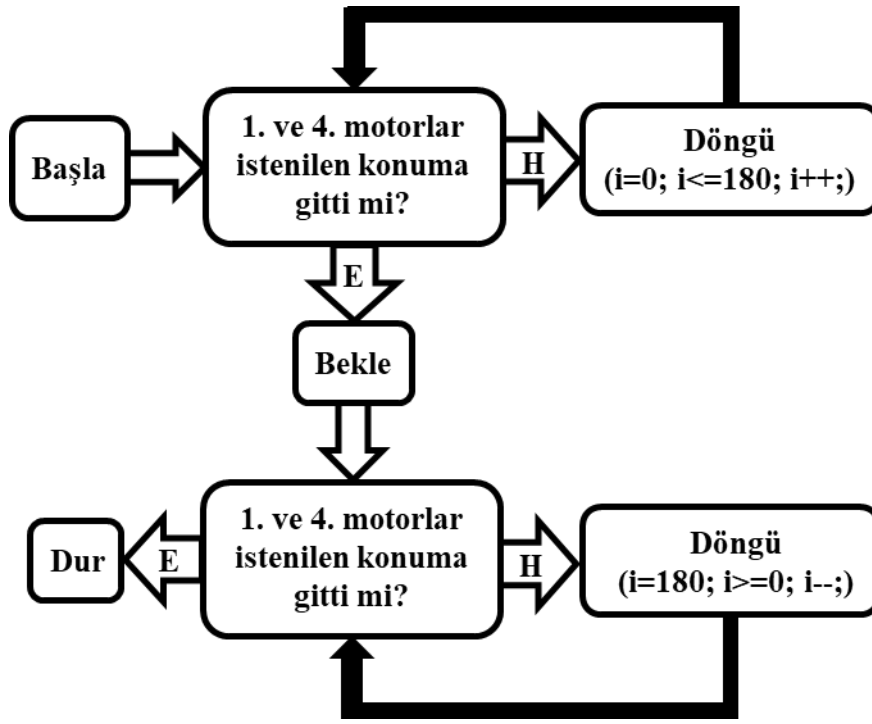
Kübik robotun ikinci referans hareketi ileri-geri gitme hareketidir. Bu hareket yapılırken 1. ve 4. motorlar yere temas etmektedir ve merkez küpleri yerden yüksekte konumlandırılmıştır. Bu harekete ait akış diyagramı Şekil 7’de sunulmuştur.

Son olarak ise kübik robota dik durma hareketi yaptırılmıştır. Bu hareket 4 adımda gerçekleştirilmiştir. Sıra ile küplerin senkronize çalışması dik durma hareketini sağlamaktadır. İlk adım da 2. ve 3. Küpün yükselmesi hareketi vardır. Bu durumda 2. motor ile 21. motor ve 3. motor ile 31. motor birbirinin tersi hareket edecek şekilde çalışmalıdır. Yani 2. motor (i) konumunda iken 21. motor (180-i) konumunda olmalıdır. Bu hareket için yazılan döngü Tablo 1 (a)’da verilmektedir. Dik durma hareketinin 2. adımında denge pozisyonuna geçilmektedir. Bu adımda ağırlık merkezi dengelenmeye çalışılmaktadır. Bu adım için yazılan döngü de Tablo 1 (b)’de gösterilmektedir. 3. adım kübik robotun tam dikey pozisyonuna geçmeden bir önceki adımdır. Bu adımda 1. küp dengeyi sağlamak amacıyla yukarı kaldırılır. Son adımda ise tam bir denge halinin sağlanması için tüm küpler senkronize şekilde çalışarak kübik robotun dikey konumda durması gerçekleştirilir. Bu durumun sağlanması için her bir küp farklı açığa gitmektedir. Bu açılarının hesabında iki noktası bilinen doğru denklemi kullanılmıştır. Son iki adıma ait döngü hesapları sıra ile Tablo 1 (c) ve (d)’de gösterilmiştir. 4. adımda tam dikey pozisyona getirilen kübik robota yukarıda anlatılan işlemlerin tersi yönde uygulanması ile yatay konumu geri gelmektedir.

Tablo 1. Kübik robotun dikey konumu için hesaplanan motor konumları

(a)	(b)
<pre>for(i=135;i>=45;i--) cube_1.write(0);cube_4.write(0); cube_2.write(i); cube_21.write(180-i); cube_3.write(i); cube_31.write(180-i); end</pre>	<pre>for(i=45;i>=14;i--) cube_4.write(49-i); cube_2.write(i); cube_21.write(180-i); cube_3.write(90-i); cube_31.write(90+i); end</pre>
(c)	(d)
<pre>for(i=70;i<=180;i++) cube_3.write(i); cube_31.write(180-i); end</pre>	<pre>for(i=20;i<=135;i++) cube_2.write(i+2); cube_21.write(178-i); y=(41.08696-((0.30435)*i)); cube_4.write(y); cube_3.write((4320-9*i)/23); cube_31.write(180-(4320-9*i)/23); end</pre>

**Şekil 6.** Kübik robotun yükselme-alçalma hareketlerini ifade eden akış diyagramı. (H: Hayır, E: Evet)



Şekil 7. Kübik robotun ileri-geri gitme hareketlerini ifade eden akış diyagramı.

2.4. Kübik Robotun İnternet Sayfası Üzerinden Denetimi

Kullanılan Wi-Fi ve denetleyici kartının IP adresi ile bir net sayfası oluşturma özelliğinden yararlanarak Arduino kartında hem internet sayfamızın tasarımına hem de projenin işleyen kodlarına tek bir sistem içerisinde yer verilmiştir. Web sayfasını oluştururken yazılan HTML kodları Arduino programı içerisinde bir blok halinde paketlenip internet ağına gönderilmektedir. Bu başlık altında yapılan işlemlere (URL-3, 2020)'den detaylı bir şekilde ulaşılabilir. Tasarımı yapılan sistemin görünümü Şekil 8'de verilmektedir.



Şekil 8. Kübik robotun internet üzerinden denetimi.

3. Tartışma ve Sonuç

Kübik robot projesinde yatay ve dişey eksenleri üzerinde istenilen hareketler başarı ile gerçekleştirilmiştir. Bu hareketlerin videosuna aşağıda verilen linkler üzerinden ulaşılabilir.

(<https://www.youtube.com/watch?v=2sNsvLFiqKE>, <https://www.youtube.com/watch?v=BWYNP3ynPg>). Proje süresince yazılım, tasarım, donanım olarak 3 ayrı bölümde detaylı çalışmalar yapılmıştır. Önerilen robot kübik yapıda olup servo motorlar ile küplerimiz hareket etmektedir. Bu sistem veya benzeri genel amaçlı sistemler doğrudan veya dolaylı proje geliştiriciler tarafından bir ürünü ortaya koyarken kullanılabilir. Kübik robot projesinde istenen hareketler doğrudan internet ara yüzünden mikrodenetleyiciye iletilmektedir. Haberleşme ve motora iletilen sinyaller nodeMCU kartı ile sağlanmaktadır. Projede kullanılan servo motorlar 180 derece (adım) gidebilmektedir. Bu durum ileri-geri hareketlerini sınırlandırmaktadır. Maliyet açısından uygun olması ve kolay ulaşılabilirliğı nedeniyle servo motor olarak SG90 modeli seçilmiştir. Ayrıca motor yük üzerinde iken bazı hareketlerin gerçekleştirilmesinde titreme sorunu ile karşılaşılmıştır. Bu projede motor seçimi step motordan yana kullanılsaydı, sınırsız adım sayısı ile ileri-geri yön hareketleri ve dik durma hareketi daha başarılı bir şekilde titreme olmaksızın yapılacaktır.

Kübik robot projesinde hedefimiz drone, arazi araçları, savunma sanayiye dönük sistemler üzerinde geliştirilebilir, iyileştirilebilir çalışmalara destek vermektir. Ön beceri, temeller, sistem dinamiğı, tasarım, algoritma tasarlama, ürün geliştirme süreci gibi yoğun vakit harcanan çalışmalar bu projede başarı ile gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Gu, E.Y.L., (2013). Introduction to Robotics and Digital Human Modeling. *A Journey from Robot to Digital Human*, Modeling and Optimization in Science and Technologies, vol 1., 1-13, Springer, Berlin, Heidelberg
- Şahin, İ., Yalvaç, M., (2012). Kablosuz Kontrol Edilebilen Mobil Araştırma Robotu. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 7 (1), 340-347.
- Gündoğdu, K., Yüceldağ, İ., (2013). Ses veya Arayüz Yardımı ile Kontrol Edilebilen Mobil Robot Kol Tasarımı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1 (1), 24-31.
- Gürgüze, G., Türkoğlu, İ., (2019). Kullanım Alanlarına Göre Robot Sistemlerinin Sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(1), 53-66.
- Akyazı, Ö., Aktoğlan, A., Başar, B., İnan, T.A., (2017, Eylül). Remote Control of Arduino Based Caterpillar Robot. *2nd International Conference on Advanced Engineering Technologies- ICADET2017* (546-551). Bayburt.
- Gürgüze, G., Türkoğlu, İ., (2019). Robot Sistemlerinde Kullanılan Algoritmalar. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 8(1), 17-31.
- Lewis, F. L., Dawson, D. M., Abdallah, C. T., (2003). *Robot manipulator control: theory and practice*. CRC Press.
- Cameron, N., (2019). *Servo and Stepper Motors*. In: *Arduino Applied*. Apress, Berkeley, CA

URL-1: <https://prom-electric.ru/media/MT3608.pdf>, (Erişim Tarihi: 7 Şubat 2020).

Patel, A., Devaki, P., (2019). Survey on NodeMCU and Raspberry pi: IoT. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 6(4),5101-5105.

URL-2: <https://www.instructables.com/id/NodeMCU-ESP8266-Details-and-Pinout/>, (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2020).

URL-3: <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-web-server-with-arduino-ide/>, (Erişim Tarihi: 12 Ocak 2020).

URL-4: <https://maker.robotistan.com/rc-servo-motor-nedir/> (Erişim Tarihi: 17 Ocak 2020).

Botanic Origin and Antioxidant Activity of Some Bitlis Honey

İlginç KIZILPINAR TEMIZER^{1*}, Aytaç GÜDER², Birol BAŞER³

^{1,2}Giresun University, Vocational High School of Health Services, Giresun, Turkey

³Bitlis Eren University, Faculty of Science and Art, Department of Biology, Bitlis, Turkey

Received: 20.02.2020

Accepted: 24.04.2020

*Corresponding Author: ilginc.kizilpinar@giresun.edu.tr

Abstract

Honey is one of the most known bee product in worldwide. The aim of this study is to interpret botanic origin, and antioxidant activity of five honey samples from Bitlis region. All the samples were classified as multifloral. The total phenol content (TPC), total flavonoid content (TFC), hydrogen peroxide scavenging activity (HPSA), ferric reducing antioxidant power (FRAP), DPPH radical scavenging activity (DPPH), ferrous ions chelating activity (FICA), ABTS radical cation scavenging activity (ABTS) of honey samples were found between, 165.73-349.41 mg GAE/100 g, 1.26-4.08 mg CAE/100, 201.76-216.59 µg/mL, 52.46-71.2%, 256.41-419.29 µg/mL, 69.44-94%, and 20.06-20.59 µg/mL, respectively. These results were compared with Trolox (TRO), Rutin (RUT) and Butylated Hydroxy Anisole (BHA) standard antioxidant components. The reported information gives increased nutrition characteristics to honey and support to the growing of beekeeping, supplying a choice to family income raise.

Keywords: antioxidant activity, beekeeping, Bitlis honey, multifloral.

Bitlis'ten alınan bazı balların Botanik Orijini ve Antioksidan Aktivitesi

Öz

Bal, dünya çapında en iyi bilinen arı ürünlerinden biridir. Bu çalışmanın amacı Bitlis yöresinden alınan 5 bal örneğinin botanik orijini ve antioksidan aktivitesini değerlendirmektir. Bütün bal örnekleri multifloral olarak sınıflandırılmıştır. Bal örneklerinin antioksidan aktivitesi toplam fenol içeriği, toplam flavonoid içeriği, hidrojen peroksit giderme aktivitesi (HPSA), demir indirgeme antioksidan gücü (FRAP), DPPH radikal giderme aktivitesi (DPPH), demir iyon şelatlama aktivitesi (FICA), ABTS, sırasıyla 165.73-349.41 mg GAE/100 g, 1.26-4.08 mg CAE/100, 201.76-216.59 µg/mL, 52.46-71.2%, 256.41-419.29 µg/mL, 69.44-94%, and 20.06-20.59 µg/mL, olarak sırasıyla bulunmuştur. Bu sonuçlar Trolox (TRO), Rutin (RUT) ve Butillenmiş Hidroksi Anisol (BHA) standart antioksidan bileşenler ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, bölgede besin değeri daha yüksek ballar üretilmesini sağlayarak arıcılığın büyümesine destek vermekte ve arıcılık yapan ailelerin gelir düzeyinin yükselmesini sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: antioksidan aktivite, arıcılık, Bitlis balı, multifloral.

1. Introduction

Beekeeping is one of the most common agriculture businesses worldwide. Beekeeping offers a comfortable way for people to permit finance from natural sources without damaging local flora. Bee products are specific to location, season, and climatic factors and depend heavily on flora. Turkey covers three different floristic regions and possesses rich vegetation with approximately 120000 plants. Therefore, Turkey is one of the major producers in the honey global market. Bitlis is located at the Irano-Turanian floristic region which has high levels of plant biodiversity. Asteraceae, Fabaceae, Poaceae Caryophyllaceae, Ranunculaceae and Brassicaceae are found most commonly families in Bitlis. Astragalus, Trifolium, Vicia, Veronica, Ranunculus, Gypsophylla, Silene, Alyssum and Centaurea are widely present genus (Altan and Behçet, 1995; Altıok, 2004; Behçet, 1991; Çelik, 2006; Keser and Özgökçe, 2019). These taxa constitute a big potential of melliferous sources for Bitlis region.

Honey that essentially consist of fructose, glucose and sucrose is a natural sweet solution, while also contains other natural products such as enzymes, organic acids, vitamins, minerals, numerous volatile and phenolic compounds (Dzukan et al., 2018; Kireççi and Kireççi, 2018). The chemical composition of honey has been reported to be highly variable and dependent on the native flora as well as climatic conditions (Temizer et al., 2016; Temizer et al., 2019).

Honey has a large spectrum of biological activities and has been used for various purposes by the people because of natural antioxidant and antimicrobial properties (Pasiyas et al., 2018; Temizer et al., 2016). There are many analytical methods for definition of the antioxidant capacity of honey, a lot of analytical methods are been used. The most generally experiments are total phenolic and flavonoid contents, DPPH, HPSA, FRAP, ABTS, FICA (Al-Hindi Shehata, 2014; K1vrak and K1vrak, 2017; Temizer et al., 2018; Temizer et al., 2019).

Beekeeping is a very long-standing and habitual farmer activity for rural societies in Bitlis. However, there is not enough literature on honey produced from Bitlis. To our knowledge this is the first time that honey obtained from Bitlis location have been comprehensively researched. The objective of this study is to assess the antioxidant capacity and botanic origin of honey samples derived from Bitlis, a region with richness of vegetation.

2. Materials and Methods

2. 1. Honey sample collection and pollen analysis

The present study was carried out using honey samples from local beekeepers of Bitlis (Figure 1). The samples were stored at a room temperature ($22\pm 2^{\circ}\text{C}$) as well as experiment time.



Figure 1. Honey samples collected from localities (Google earth)

A 10 g sample of each honey was conducted following traditional method without acetolysis (Louveaux et al., 1978) The botanic classifications of each honey sample were done by microscopic pollen analysis. The following terms were used for frequency classes: predominant pollen (>45%), secondary pollen (16–45%), important minor pollen (3–15%) and minor pollen (<3%) (Pound et al., 2018). The following equation (Eq. 1) was used to obtain the frequency per taxon.

$$\text{Frequency (\%)} = \frac{\text{Total number of pollen of a particular species}}{\text{Total number of observed pollen}} \times 100 \quad (1)$$

2. 2. Antioxidant analyses

2.2.1. Preparation of honey solution

A 10 g of honey was added to 50 ml of distilled water and kept in a water bath until the honey dissolved. Finally, total volumes are adjusted to 100 mL by using distilled water.

2.2.2. TFC assays

The TFC of the honey solution were determined according to the colorimetric method described by Chung et al. (2002) with minor modifications. Sample solutions (0.5 mL) were added to a tube containing 1.5 mL of absolute ethanol. To the mixture was added subsequently $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ solution (0.1 mL, 10.0 %) and potassium acetate (0.1 mL, 1.0 mol/L). Distilled water was added to bring the total volume to 5.0 mL and the absorbance was read after 30 min at 415 nm (Optizen Pop UV / Vis Single Beam). Total flavonoids contents were expressed as microgram of catechin equivalent that was obtained from standard graph ($R^2=0.9979$).

2.2.3. TPC assays

The TPC of samples were analyzed by the Folin&Ciocalteu' s phenol reagent (Folin C) colorimetric method described by Slinkard and Singleton(1977). Sample solutions (0.5 mL) were mixed with 7.0 mL of distilled water and subsequently with Folin C reagent (0.5 mL). After 3 min, Na_2CO_3 solution (3.0 mL, 2.0 %) was added into the mixture. The color developed for 1 h and the absorbance was measured at 760 nm in a spectrophotometer (Optizen Pop UV / Vis Single Beam). Gallic acid was used as the standard, and total phenolic content was expressed as microgram of gallic acid equivalent by using an equation that was obtained from standard gallic acid graph ($R^2= 0.9995$).

2.2.4. DPPH assays

The DPPH were studied by following a previous report with slowly modified (Blois, 1958). Serially diluted samples (3.0 mL) at the different concentrations (10-100 $\mu\text{g}/\text{mL}$) were added to DPPH \cdot solutions (1.0 mL, 0.2 mM) in ethanol. The mixtures were shaken forcefully and allowed to sit at room temperature for 30 min. Then, absorbance was recorded at 517 nm by using a spectrophotometer (Optizen Pop UV / Vis Single Beam) and the results were expressed as SC_{50} ($\mu\text{g}/\text{mL}$) by linear regression analysis and represent mean of the data.

2.2.5. HPSA assays

The HPSA was assayed according to the method described by Ruch et al. (1989). Briefly, the samples (3.4 mL) were mixed with 0.6 mL of 40 mM H₂O₂ solution (prepared in the same buffer). The absorbance of the mixture was measured at 230 nm versus blind sample after 10 min with UV/VIS spectrophotometer (Optizen, Korea). Phosphate buffer without hydrogen peroxide was used as blank. The decrease in absorbance value showed the high level of hydrogen peroxide scavenging activity designation. The results were expressed as SC₅₀ values (µg/mL).

2.2.6. FICA assays

The FICA of the standards and antioxidant material samples were investigated according to Dinis Method (1994) (Dinis et al., 1994). For this reason, sample or standard solutions (0.4 mL) mixed with FeCl₂ (0.05 mL, 2 mM). The obtained mixture was kept for 10 min. Then, ferrozine (0.2 mL, 5 mM) and absolute ethanol (3.3 mL) were added to all tubes. The final mixture tubes were vortexed and the absorbance values were measured at 562 nm. The FICA was calculated by using this formula (2):

$$\text{Ferrous Ions Chelating Activity (\%)} = [1 - (A_s/A_c)] \times 100 \quad (2)$$

2.2.7. ABTS assays

ABTS^{•+} scavenging activities of the standards and samples were carried out following by Gökce et al. method (2019). For this assay, ABTS (2.0 mM) and potassium persulfate (2.45 mM) was mixed for generation of ABTS radical cation. The obtained mixture was kept during 16 h at room temperature in the dark. The stable ABTS^{•+} solution can be used during 2 days. The final absorbance was adjusted as 0.750 ± 0.020 at the 30°C and 734 nm. For calibration of absorbance value, PBS (0.1 M pH 7.4) was used for dilution. The final ABTS^{•+} solution (1.0 mL) was mixed with the standard and sample solutions (3.0 mL) at the different concentrations (1-10 µg/mL in PBS). The results were calculated as SC₅₀ by linear regression analysis.

2.2.8. FRAP assays

The FRAP was determined by using Oyaizu method (1986) (Oyaizu, 1986). For this experimental method, PBS (2.5 mL, pH 6.6, 0.2 M) and potassium ferricyanide (2.5 mL, 1.0%) were mixed with sample and standard (2.5 mL) solutions, respectively. The obtained mixture tubes were kept at 50°C during 20 min and then TCA (2.5 mL, 10%) were added to all tubes. Finally, 2.5 mL of this solution were mixed with distilled water (2.5 mL) and FeCl₃ (0.5 mL, 0.1%). The FRAP was expressed as % by using the absorbance values at 700 nm following the formula (3):

$$\text{FRAP (\%)} = (A_s/A_c) \times 100 \quad (3)$$

3. Findings and Discussion

Melissopalynological results of 5 honey samples collected from different localities of Bitlis (Figure 1) were summarized in Table 1. Honeys were classified as multifloral due to the frequencies of the pollen per taxa never exceed 45% (Table 1). The pollen spectra of the samples were found to overlap with Bitlis vegetation. Anthemis typ, Taraxacum typ and Astragalus were represented in all of the samples. The secondary taxa were changed in samples which Astragalus and Frangula were in sample 1, Anthemis typ and Lamiaceae in sample 2, Cynoglossum in sample 3, Astragalus in sample 4 (Table 1). Sorkun et al. (1989) determined that pollen grains belonging to the families of Asteraceae, Fabaceae, Fagaceae, Myrtaceae, Malvaceae, Brassicaceae, Scrophulariaceae, Lamiaceae and Oleaceae are the important source of Turkish flower honey (Sorkun et al., 1989). Özkan et al. (2016) argued that melliferous plants described Fabaceae 34 taxa (16%) Asteraceae 22 taxa (11%), Rosaceae 21 taxa (10%) and Labiatae 18 taxa (9%) (Özkan et al., 2016). Özler (2018) claimed that Fabaceae, Rosaceae, Eucalyptus, Centaurea were determined melliferous plants (Özler, 2018). The results obtained in the study were match with previous studies.

Table 1. Pollen spectra of honey samples from Bitlis (%)

Taxa	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5
Asteraceae					
<i>Artemisia</i>		2			5
<i>Anthemis</i> typ	5	25	14	8	10
<i>Taraxacum</i> typ	5	4	8	12	8
Betula		2	2		2
Brassicaceae		15	13	15	6
Boraginaceae				3	2
Cynoglossum	15	6	22		2
Caryophyllaceae	4				
Chenopodiaceae	2				2
Fabaceae		8		5	9
<i>Astragalus</i>	32	10	15	21	7
<i>Vicia</i>			12	16	5
<i>Frangula</i>	35			3	10
Lamiaceae (6-colpate)		18		6	5
<i>Juglans</i>	2			2	
Poaceae		2			
Rosaceae		8	14	7	
<i>Rumex</i>				2	
<i>Verbascum</i>					23
<i>Veronica</i>					4

The honey samples have between 165.73-349.41 mg GAE/100g. Juszczak et al. (2016) argued that the total phenol content of the investigated honey samples have from 21.73 to 50.12 mg GAE/100g. Stagos et al. (2018) declared that the TPC of the honey samples ranged from 0.55 to 0.92 mg GAE/gr sample. Dzugan et al. (2018) declared that the honey samples 236.94-1876.58 mg GAE/kg. Nayik and Nanda (2016) determined that total phenolic content 37–117 mg GAE/100 g and total flavonoid content 8–17 mg QE/100 g for 37 honey samples from Kashmir, India. The result. Temizer et al. (2019) determined that total phenolic and total flavonoid amounts of Ordu honeys varied from 32.5-171.05 mg GAE/100g, 1.65-38.75 mg CAE/100g, respectively.

Table 2. Biochemical properties of Bitlis honey samples

Samples	TPC ¹	TFC ²	FICA ³	FRAP ³	HPSA ⁴	ABTS ⁴	DPPH ⁴
Sample 1	349.41	4.08	92.26	68.55	201.76	20.59	359.07
Sample 2	327.86	3.66	93.24	62.23	204.14	20.2	419.29
Sample 3	165.73	1.39	93.62	71.2	210.53	20.17	256.41
Sample 4	283.74	1.88	94	68.42	209.4	20.06	328.95
Sample 5	205.75	1.26	93.89	52.46	216.59	20.14	293.69
BHA			84.25	72.05	193.27	8.42	8.47
RUT			86.80	92.66	122.98	15.54	16.90
TRO			69.44	53.04	445.06	4.18	26.74

¹ mg GAE/100 g; ²mg CAE/100 g; ³ %; ⁴ SC₅₀ (µg/mL)

Juszcak et al. (2016) determined that the total flavonoid content of the investigated honey samples have from 3.61 to 7.13mg QE/100g. Navajas et al. (2011) studied Mexico honey samples and their total flavonoid contents were found as $29.58 \pm 0.49 - 187.08 \pm 0.59$ RE /100 g sample. Nayik and Nanda (2016) declared that total flavonoid content 8–17 mg QE/100 g. These results are higher than our results. Temizer et al. (2018) determined that total flavonoid contents were $5.51 \pm 0.19 - 8.29 \pm 0.05$ mg CAE/100 g.

The DPPH of the analysed five honey types was fairly low (256.41-419.29 %) as compared to different states (13.46-53.31%) (Alzahrani et al., 2012). Al-Hindi and Shehata (2014) were determined the DPPH radical scavenging activity as 2.15 – 3.68 µg/mL in Saudi Arabia honey samples. These results are higher. IC₅₀ values were found as between 29.388 and 458.450 mg/mL at the end of DPPH radical scavenging activity assay (Ertürk et al., 2014). These results are compatible with our results. These results are compatible with our results. When our samples' DPPH radical removal activities are compared with the standards, we can say that the samples do not show an effective activity.

ABTS radical cation scavenging activities of our samples are ranged from 20.06 – 20.59 µg/mL. Al-Hindi and Shehata (2014) carried out the Saudi Arabia honey samples and ABTS radical scavenging activities were found as 0.36 -1.2 µg/mL. We can see that these results are better. Kivrak and Kivrak (2017) determined that DPPH free radical scavenging activity and ABTS⁺ cation radical scavenging activity which were measured as SC₅₀: 54.33 – 99.40 µg/mL and SC₅₀: 10.33 – 41.20 µg/mL, respectively. While DPPH activity is higher, ABTS activity similarity is detailed. The ABTS radical removal activities of our samples are as remarkable as standard compounds.

Sherin et al. (2015) determined the metal-chelating activities for honey samples as 54.2%. Our results are higher. Bellik and Selles (2017) studied two different Algerian honey samples and their results are lower than our results (Bellik Selles, 2017). García-Tenesaca et al. (2017) declared that

FRAP ($\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ of honey) 92.05-425.35; DPPH ($\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ of honey) 18.22-84.05. While our samples showed FRAP activity close to BHA, lower activity than RUT was determined than TRO. We encounter a similar situation in HPSA.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the honey samples were classified as a multifloral honey. Each honey sample was collected from same location that has unique and different pollen spectra and antioxidant properties from each other. Standard compounds usually showed better antioxidant activity as compared to Bitlis honeys. However antioxidant activity of Bitlis honeys were almost exhibited the stronger than that reported elsewhere. Also, chromatographic analyse methods can be used for identification of dominant component(s) in the future. So information about the contribution of these components to antioxidant activity can be obtained. Moreover, the components, whose structure is not illuminated, can be used in medicine, pharmacology, food sectors etc.

References

- Al-Hindi, R. R., and Shehata, A. (2014). Evaluation of Antioxidant and Antibacterial Activities and Essential Elements Content of Locally Produced Honey in Saudi Arabia. *Life Sci J*, 11(5), 175-185.
- Altan, Y., and Behçet, L. (1995). Hizan (Bitlis) Florası. *Turk Journal of Botany*, 19 (3), 331-344.
- Altıok, A. (2004). *Bitlis Çayı Havzası Florası*. (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van
- Alzahrani, H. A., Boukraa, L., Bellik, Y., Abdallah, F., Bakhotmah, B. A., Kolaylı, S., and Sahin, H. (2012). Evaluation of the antioxidant activity of three varieties of honey from different botanical and geographical origins. *Global journal of health science*, 4(6), 191-196. doi:10.5539/gjhs.v4n6p191
- Behçet, L. (1991). Süphan Dağı (Bitlis) Florası. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 29-38.
- Bellik, Y., and Selles, S. M. A. (2017). In vitro synergistic antioxidant activity of honey-Mentha spicata combination. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(1), 111-118. doi:10.1007/s11694-016-9377-1.
- Chung, Y.-C., Chang, C.-T., Chao, W.-W., Lin, C.-F. and Chou, S.-T. (2002). Antioxidative Activity and Safety of the 50 Ethanolic Extract from Red Bean Fermented by Bacillus subtilis IMR-NK1. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2454-2458. doi:10.1021/jf011369q
- Çelik, T. (2006). *Kesan Deresi (Bitlis) Florası*. (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van
- Dinis, T. C. P., Madeira, V. M. C., and Almeida, L. M. (1994). Action of Phenolic Derivatives (Acetaminophen, Salicylate, and 5-Aminosalicylate) as Inhibitors of Membrane Lipid Peroxidation and as Peroxyl Radical Scavengers. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 315(1), 161-169. doi:https://doi.org/10.1006/abbi.1994.1485
- Džugan, M., Tomczyk, M., Sowa, P., and Grabek-Lejko, D. (2018). Antioxidant activity as biomarker of honey variety. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(8), 2069. doi:10.3390/molecules23082069
- Ertürk, Ö., Şahin, H., Kolaylı, S., and Ayvaz, M. Ç. (2014). Antioxidant and antimicrobial activity of East Black Sea Region honeys. *Turkish Journal of Biochemistry*, 39(1), 99-106. doi:10.5505/tjb.2014.77487
- García-Tenesaca, M., Navarrete, S. E., Iturralde, A. G., Villacrés Granda, M. I., Tejera, E., Beltrán-Ayala, P., and Alvarez-Suarez, M. J. (2017). Influence of Botanical Origin and Chemical Composition on the Protective Effect against Oxidative Damage and the Capacity to Reduce In Vitro Bacterial Biofilms of Monofloral Honeys from the Andean Region of Ecuador. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(1), 45. doi:10.3390/ijms19010045

- Gökce, H., Alpaslan, Y. B., Zeyrek, C. T., Açar, E., Güder, A., Özdemir, N., and Alpaslan, G. (2019). Structural, spectroscopic, radical scavenging activity, molecular docking and DFT studies of a synthesized Schiff base compound. *Journal of Molecular Structure*, 1179, 205-215. doi:https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.11.005
- Juszczak, L., Gałkowska, D., Ostrowska, M., and Socha, R. (2016). Antioxidant activity of honey supplemented with bee products. *Natural Product Research*, 30(12), 1436-1439. doi:10.1080/14786419.2015.1057582
- Keser, A. M., and Özgökçe, F. (2019). The Flora of Karz (Garez) Mountain (Tatvan, Bitlis/ Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 12(2), 78-91. doi:10.5505/biodicon.2019.46220
- Kireççi, A. D. Ö., and Kireççi, O. A. (2018). Examination of Some Biochemical Properties of Honeys in Mutki (Bitlis-Turkey). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(6), 936-943.
- Kıvrak, Ş., and Kıvrak, İ. (2017). Assessment of phenolic profile of Turkish honeys. *International Journal of Food Properties*, 20(4), 864-876. doi:10.1080/10942912.2016.1188307
- Louveaux, J., Maurizio, A., and Vorwohl, G. (1978). Methods of Melissopalynology. *Bee World*, 59(4), 139-157. doi:10.1080/0005772X.1978.11097714
- Nayik, G. A., and Nanda, V. (2016). A chemometric approach to evaluate the phenolic compounds, antioxidant activity and mineral content of different unifloral honey types from Kashmir, India. *LWT*, 74, 504-513. doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.016
- Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, 44(6), 307-315. doi:10.5264/eiyogakuzashi.44.307
- Özkan, N. G., Aksoy, N., and Değermenci, A. S. (2016). Melliferous plants of Hasanlar dam (Duzce-Yigilca) and surroundings. *Ormançılık Dergisi*, 12(2), 44-65.
- Özler, H. (2018). Pollen analysis of the honey from South Anatolia. *Uludağ Bee Journal*, 18(2), 73-86.
- Pasias, I. N., Kiriakou, I. K., Kaitatzis, A., Koutelidakis, A. E., and Proestos, C. (2018). Effect of late harvest and floral origin on honey antibacterial properties and quality parameters. *Food Chemistry*, 242, 513-518. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.083
- Pound, M., Dalgleish, A., McCoy, J., and Partington, J. (2018). Melissopalynology of honey from Ponteland, UK, shows the role of Brassica napus in supporting honey production in a suburban to rural setting. *Palynology*, 42(3), 400-405. doi:10.1080/01916122.2017.1362485
- Ruiz-Navajas, Y., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Zaldivar-Cruz, J. M., Kuri, V., and Pérez-Álvarez, J. Á. (2011). Antioxidant Activity of Artisanal Honey From Tabasco, Mexico. *International Journal of Food Properties*, 14(2), 459-470. doi:10.1080/10942910903249480
- Sherin, M. S., Benny, B., and Ashadevi, S. (2015). Antioxidant Activity, DNA and Cellular Protective Effect of Honey from Srilanka. *Asian Journal of Biochemistry*, 10(3), 106-116. doi:10.3923/ajb.2015.106.116.
- Slinkard, K., and Singleton, V. L. (1977). Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49-55.
- Sorkun, K., Güner, A., and Vural, M. (1989). Rize ballarında polen analizi. *Doğa Türk Botanik Dergisi*, 13(3), 547-554.
- Stagos, D., Soultiotis, N., Tsadila, C., Papaconomou, S., Arvanitis, C., Ntontos, A., and Mossialos, D. (2018). Antibacterial and antioxidant activity of different types of honey derived from Mount Olympus in Greece. *International Journal of Molecular Medicine*, 42(2), 726-734. doi:10.3892/ijmm.2018.3656
- Temizer, İ. K., Güder, A., and Çelepli, Ö. G. (2016). Botanic Origin, Various Physicochemical and Antioxidant Properties of Honey Samples From Giresun, Turkey. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 44(3), 209-215.
- Temizer, İ. K., Güder, A., Temel, F. A., and Cüce, H. (2018). Antioxidant activities and heavy metal contents of Castanea sativa honey. *Global Nest Journal*, 20(3), 541-550. doi:10.30955/gnj.002628
- Temizer, İ. K., Türkmen, Z., and Güder, A. (2019). Assessment of Palynological Characterization and Total Phenol-Flavonoid Content of Some Honeys from Ordu in Turkey. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(3), 1275-1282.

Güvenlik Seviyesi Arttırılmış Akıllı Otopark Sistemi

Ayşegül ÖZDEMİR¹, Onur Özdal MENGİ^{2*}

^{1,2}Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Giresun, Türkiye

Geliş Tarihi: 05.05.2020

Kabul Tarihi: 05.06.2020

***Sorumlu Yazar:** onur.ozdal.mengi@giresun.edu.tr

Öz

Araçlarımızı park ettiğimiz otoparklar ne kadar güvenli? Yanına park ettiğimiz araç kime ait? Bu gibi sorulara cevap bulmak önemli bir problemdir. Bu sorulara cevap bulmak için, ortak yaşam alanlarında ve yüksek güvenlik gereken kamusal alanlarda akıllı otopark sistemi ihtiyacı doğmuştur. Bu nedenle araçları tanıyan, tanımadığı aracın içeri girmesine müsaade etmeyen ve park eden aracı adresleyen bir otopark tasarlanmıştır. Bu otoparkın girişinde araç kabulü için RFID (Radio Frequency Identification-Radyo Frekansı Tanımlama) teknolojisi kullanılmıştır. Bu teknoloji araçların kimliklerinin tanınması ve tanınan araçların kabulünü sağlamaktadır. Ayrıca geliştirilen akıllı otopark sisteminde, araçlar boş alanlara yönlendirilmekte, zaman kaybı azaltılmakta, insan müdahalesiz otopark yönetimi sağlanmaktadır. Araçlar otopark bölümlerine en küçük numaralı otopark bölümünden başlayarak kabul edilmektedir. Bariyer sistemlerinin kontrolü ve park alanlarının doluluk kontrolü için kızılötesi sensörler kullanılmaktadır. Bariyerlerin mekanik tahriki ise servo motorlarla sağlanmaktadır. Araç kabulü, bariyerlerin açılış sırası, yönlendirme ve servo motorların kontrolü mikro denetleyici tarafından yapılmaktadır. Böylece güvenilir ve ekonomik bir otopark sistemi ortaya konmuştur. Ayrıca bu sistemin değişik alanlarda da uygulanabilirliği için bir yol açılmıştır.

Anahtar Kelimeler: RFID, Güvenlik, Tanımlama, Kızılötesi sensör, Mikro denetleyici.

Smart Vehicle Parking System with Increased Security Level

Abstract

How safe are the car parks? Who owns the vehicle we parked with? It is important to find answers to such questions. To find answers to these questions, there was a need for a smart parking system in communal areas and public spaces where high security is required. For this reason, a parking lot has been designed that recognizes vehicles, does not allow the vehicle that it does not recognize, and addresses the vehicle that parked. RFID (Radio Frequency Identification) technology is used for vehicle acceptance at the entrance of this parking lot. This technology ensures the identification of vehicles and the acceptance of recognized vehicles. Also, in smart parking system developed, vehicles are directed to empty spaces, time loss is reduced and parking management without human intervention is provided. Vehicles are accepted to the car park sections starting from the smallest car park section. Infrared sensors are used for the control of barrier systems and occupancy control of parking areas. The mechanical drive of the barriers is provided by servo motors. Vehicle acceptance, opening order of barriers, steering and control of servo motors are carried out by the microcontroller. Thus, a reliable and economical parking system has been introduced. In addition, a way has been opened for the applicability of this system in different areas.

Keywords: RFID, Security, Identification, Infrared sensor, Microcontroller.

¹<https://orcid.org/0000-0002-5258-2204>

²<https://orcid.org/0000-0001-5669-0766>

1. Giriş

1920 ve 1960 yılları arasında araç üretiminde artış meydana gelmesiyle otopark talebi artmış ve yeni bir sektör ortaya çıkmıştır (Eckermann, 2001). İnsanların araçlarını park ettikleri, özellikle hassas bölgeler ile meskenlerin bulunduğu yerlerdeki kapalı otoparkların güvenilirliğinin yüksek olması artık temel bir ihtiyaçtır. Yakın bir zamana kadar bizzat insanlar tarafında takip edilen otoparkların yerini günümüzde nesnelere haberleştiği, akıllı otoparkların alması bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Günümüzde otoparkların dijital tekniklerle yönetimi ve denetimi gelişen teknolojiyle zorunlu hale gelmiştir. Çünkü teknoloji ile desteklenmiş otoparklar yönetim ve denetim açısından birçok kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca çevreci çözümler sunması açısından da kayda değer bir öneme sahiptir. Dünyada ekonomik büyüme, motorlu araçlara olan ihtiyacın artmasına, hava kirliliğine, enerji ihtiyacının artmasına ve yaşam alanlarında meydana getirdiği olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu olumsuzlukları azaltmak için her türlü faaliyette olduğu gibi otoparklarda da ekonomik, tutarlı ve çevresel bir yönetimin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yeni tip akıllı otopark sistemlerinde kabul edilecek araçların yönetici sistem tarafından tanınması ve kabul edilmesi maksadıyla çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır. Araç kimliklerinin (Identification-ID) tanınmasında en geçerli yollardan birisi RFID okuyucu ve ID kart sistemidir.

RFID ilk olarak 1926 yılında askeri amaçlı kullanılmıştır (Want, 2006). II. Dünya Savaşı esnasında RFID düşman uçaklarının belirlenmesinde önemli bir rol almıştır. RFID'in ilk ticari kullanımı ise 1984 yılında General Motors tarafından gerçekleştirilmiştir. General Motors'un otomobillerin gövdelerine yerleştirdiği RFID etiketler ile gövdede doğru donanımların kullanıldığını kontrol etmeyi amaçlamaktaydı. RFID ile 1970'lerde nükleer malzeme izleme uygulamaları, 1990'larda ürün takip gibi ticari uygulamaları başlamıştır (Saatçioğlu, 2006).

Makalemizde anlatılan otopark sisteminde de araç kimliği tanımlamada RFID teknolojisi kullanılmıştır. Bu otopark sistemi, tanımadığı aracı kabul etmeyen, içeri giren ve tanımlanan aracı boş alanlara yönlendirebilen, park eden aracı adresleyerek üst düzey güvenlik tedbirlerine sahip bir akıllı otopark sistemidir.

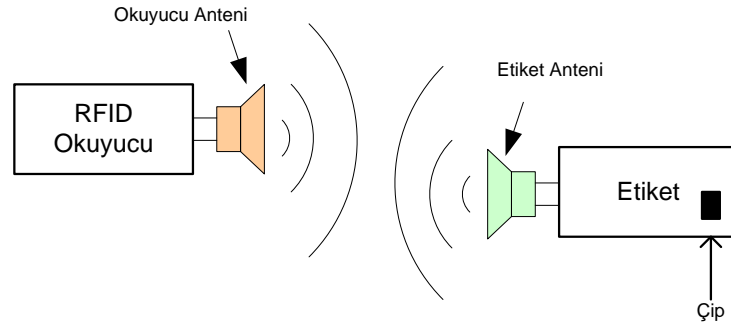
Makalede anlatılan sistemin çalışması genel olarak; sistemde kayıtlı olan araçların tanımlı ID kartları veya etiketleri RFID okuyucu modülü tarafından okunur ve giriş bariyeri otomatik olarak açılır. ID tanımlaması olmayanlar kabul edilmez, otoparka girişi bariyer tarafından engellenir. Kabul edilen araçlar ana bariyeri geçtikten sonra, otopark alanlarından en küçük numaraya yönlendirme işlemi yapılır. Aynı zamanda otopark alanına araç girişi yaptığı anda aracın ID numarası bilgisayarın ara yüzünden takip edilerek kaç aracın girişi yaptığı park alanı ve geriye ne kadar boş alanın kaldığı kayıt altına alınır.

Eser, ortak yaşam ve yüksek güvenlik tedbirlerinin alınması gerekli güvenlik seviyesi yüksek alanlarda, güvenliği yükseltilmiş, zaman ve maddi kayıpları az, akıllı otopark sistemini geliştirerek uygulanabilirliğini ortaya koymaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. RFID Teknolojisi ve Bileşenleri

RFID teknolojisi, canlı ve cansız bütün nesnelerin Auto ID (Automatic Identification) numaraları içeren ve içerisine bütünleşmiş anten, tag (etiket) taşıyan nesne ile hareketlerinin temassız bir şekilde uzaktan izlenmesine, analiz edilip yönlendirilmesine olanak sağlayan teknolojidir. (Bhuptani ve Moradpour, 2005). Bütün bu işlemleri elektromanyetik tayf içerisindeki radyo dalgaları aralığında yapılmaktadır. Temel olarak tanımlanma ve veri toplamaya dayanan insan müdahalesiz bir teknolojidir. Şekil 1’de temel bileşenleri gösterilmiştir. Şekil 1’de gösterilmiş bileşenlerin çalışma prensibi kısaca şöyledir; RFID okuyucu taşıyıcı sinyal gönderir ve etiket tarafından modüle edilmiş sinyali algılar, etiket okuyucunun sinyali alır ve etiket içindeki çip (yonga) sinyali modüle ederek okuyucuya gönderir.



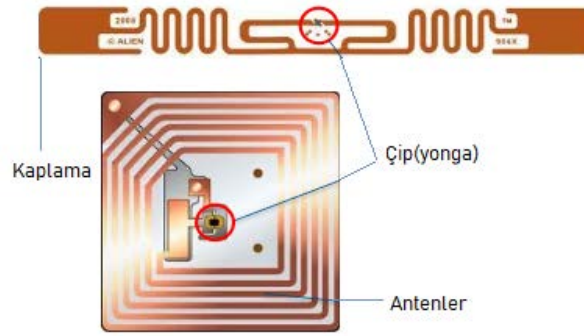
Şekil 1. RFID temel bileşenleri

RFID okuyucu ve etiket bu işlemi temassız bir şekilde yapmaktadır. Gözlemlenebilir bir yol gerekmez. Radyo frekansı ile yapılan bu işlem genel olarak etiket (transporter), okuyucu (alıcı-verici) ve alınan bilgilerin depolandığı veri tabanında gerçekleşmektedir. Okuyucular etikete enerji sağlar, taşıyıcı sinyali gönderir ve etiket tarafından modüle edilmiş sinyali algılar, şifresini çözer ve okur. RFID teknolojisini her alanda kullanabilir. RFID kullanmak hem zamandan hem de iş gücünden kazanmak istediğimiz durumlarda bize büyük bir avantaj sağlamaktadır. Başta güvenlik olmak üzere, personel takip sistemi, lojistik takip sistemi, mağaza yönetimi gibi sistemlerde RFID çözümlerine

birer örnektir. RFID teknolojisi, günümüzde mobil ve kablosuz iletişim teknolojileri içerisinde kendisine önemli bir yer edinmiştir (Roberts 2006).

Etiketler ve okuyucular sistemin önemli bileşenlerindedir. Etiketler, bilgileri depolayan yonga ve okuyucu ile iletişime geçen bileşenlerdir. Etiketler ile yapılan denetlemeleri alır ve cevaplar. Sınırlı büyüklükte belleğe sahiptir. Etiketlerin 3 çeşit tipi bulunmaktadır. Bunlar pasif, yarı pasif ve aktif etiketlerdir (Chen ve ark., 2008).

Şekil 2’de etiketin içyapısı görülmektedir. İçinde bilgi barındıran mikroçip, anten ve kaplamadan oluşmaktadır. Nesneye ilişkin bilgileri depolar ve içerisinde bulunan anten radyo frekansını kullanarak nesneye ait bilgilerin okuyucuya gönderilmesini sağlar. Kaplama ise etiketin nesne üzerine yerleştirilebilmesi için mikroçip ve anteni çevreler. Etiketler kullanım yerlerine bağlı olarak değişik boyut ve fonksiyonda olabilmektedir (Syed ve Ilyas, 2008).



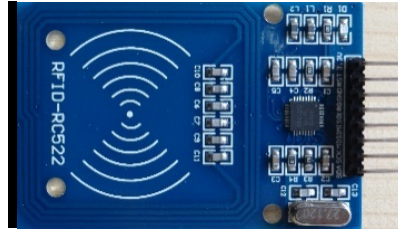
Şekil 2. Etiket iç yapısı

Şekil 3’de ki gibi etiketi bir kartın veya bir anahtarlığın içine yerleştirebiliriz. Yapıştırılabilir tip etiketler de araçlarda sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 3. Etiket taşıyıcı kart ve anahtarlık

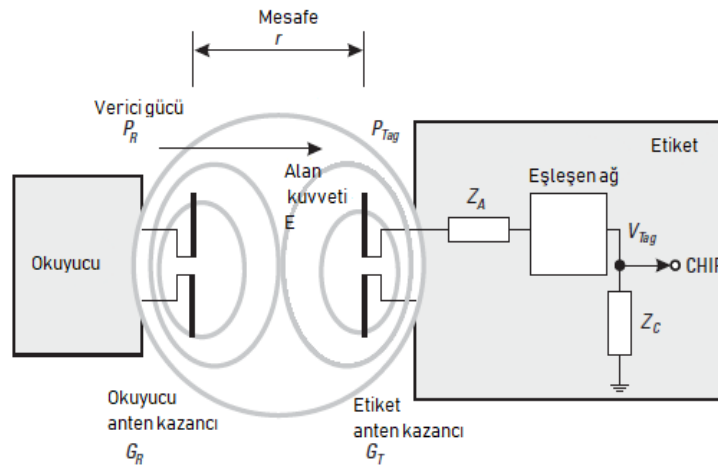
Şekil 4’deki görüldüğü gibi okuyucu kartlara ihtiyaç bulunmaktadır. Şifreli olarak gelen veri okuyucu tarafından algılanarak gerekli işlemler gerçekleştirilir (Roberts, 2006).



Şekil 4. RC522 RFID okuyucu modülü

2.2. RFID’de Güç Aktarımı

RFID etiketi, her ikisi de karmaşık empedanslara sahip bir anten ve bir çip (yonga) içerir. Çip, iletilen RFID okuyucu adı verilen radyo frekansı sinyalinden güç alır. RFID etiket anteni, empedansı genellikle yüksek ve düşük olmak üzere iki empedans durumu arasında değişen çip ile yüklenir. Her yük durumunda, RFID etiketi belirli bir radar kesiti (RCS) sunar. Şekil 5’de RFID ile güç aktarımı görülmektedir. Burada etiket, bilgilerini değiştirerek bilgileri geri gönderir ve böylece geri saçılmış sinyalin modüle edilmesi sağlanır.



Şekil 5. İleri güç aktarımı eşdeğer devresi

Şekil 5’de görülen etiket içerisindeki empedanslar $Z_A=R_A+jX_A$ (Ω) karmaşık anten empedansı, $Z_C=R_C+jX_C$ (Ω) karmaşık yonga (yük) empedansıdır. Çip empedansı, frekans ve giriş gücüne göre değişir. Antenler arasındaki mesafe ‘r’, etiketin okuyucunun uzak alanında olması için yeterince büyük olduğu varsayılan mesafedir. E, etiket yerinde okuyucunun elektrik alan gücüdür. (ağdaki kayıplar G_T değerinde de açıklanabilir). P_{etiket} (tag) gücü Şekil 5’teki eşdeğer devre göz önüne alındığında Denklem 1’deki formül elde edilir.

$$P_{etiket} = (E^2/120 \pi)(\lambda^2/4 \pi).G_T \quad (1)$$

Denklem 1 'de, P etiket = Etiket Gücü (dBm), E = Elektrik Alanı (V/m), λ = dalga boyu (m), G_T = Etiket anten kazancı (dB), π sabit değer (22/7). Denklem 1'deki formülü en kısa haliyle etiket voltajının (V_{tag}) karesini (V_{etiket})² yukarıda belirttiğimiz yonga omik direnci (R_c)' ye bölerek de bulabiliriz.

$$P_{etiket} = (V_{etiket})^2 / R_c \quad (2)$$

Denklem 2'de, P_{etiket} (W) V_{etiket} (V_{tag})=Etiket gerilimi (V.), R_c =Çip omik direncini (Ω) ifade etmektedir.

$$E^2 / 120 \pi = P_R G_R / 4 \pi r^2 \quad (3)$$

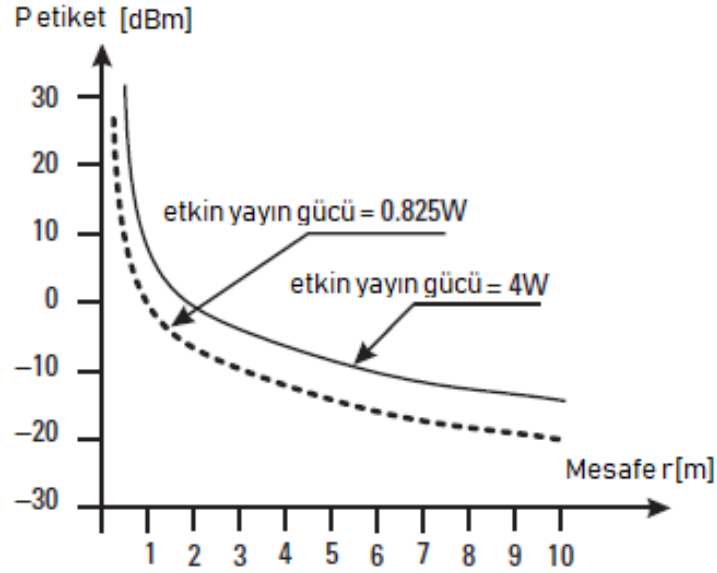
Denklem 3'de, P_R = Verici gücü (dBm.), G_R =Okuyucu anten kazancı (dB), r = Antenler arası mesafe (m). Bu denklemleri düzenlediğimizde Denklem 4 elde edilir:

$$P_{etiket} = P_R G_R G_T \lambda^2 / (4 \pi)^2 r^2 \quad (4)$$

Denklem 4'de; P_{etiket} = Etiket Gücü (dBm), G_R =Okuyucu anten kazancı (dB), G_T = Etiket anten kazancı (dB), λ = dalga boyu(m), π sabit değer(22/7), r = Antenler arası mesafe (m).

Tipik maksimum okuyucu çıkış gücü 500 mW, 2W (ERP, CEPT) ve 4W (EIRP, FCC). DBm 'ye dönüştürülürse, izin verilen maksimum sınırlar yaklaşık 29 dBm (500 mW ERP, 825 mW EIRP), 35 dBm (2W ERP, 3.3W EIRP) ve 36 dBm'dir (4W EIRP). Alınan gerilim V_{etiket} 'i düzeltilebilecek kadar büyük olmalıdır ve etiketi güçlendirmek 1,2 V_{rms} 'yi aşan bir gerilim gerektirebilir. R_c 'nin maksimum pratik değeri 600 Ω 'dur. Alınan gerilim V_{etiket} 'i düzeltilecek ve etiket değerindeki güç değerinden büyük olmalıdır; 1,2 V_{rms} 'yi aşan bir gerilim gerekebilir (Harwey, 2008).

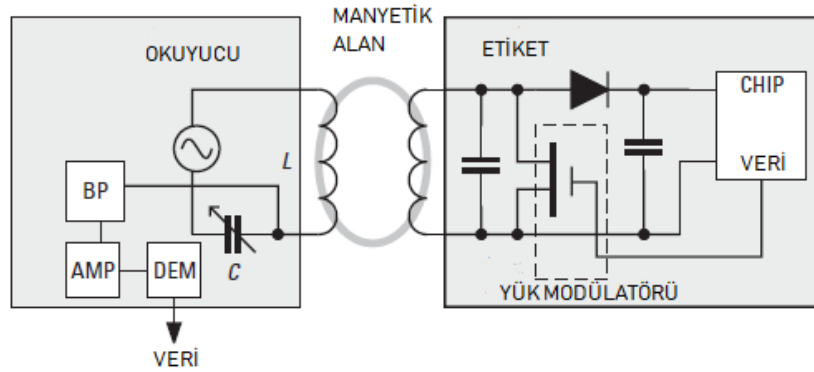
Şekil 6'da giriş etiket gücü ile antenler arası mesafenin değişim grafikleri görülmektedir. Güç arttığında etkin yayın gücünün yükseldiği, buna karşın mesafe arttıkça azaldığı takip edilebilir.



Şekil 6. Mesafeye karşı etiketten alınan güç

2.3. Yakın Alan Yayılım Sistemleri

Düşük ile orta RFID frekanslarında, RFID sistemleri yakın alan iletişimini ve manyetik alandan endüktif kuplajın fiziksel özelliğini kullanır. Şekil 7' de görüldüğü gibi okuyucu ve etiket arasında manyetik bir alan oluşturur. Etiketın anteninde, tümleşik enerjiye güç sağlamak için kullanılan bir gerilim indüklenir ve elektrik akımı oluşur. Etiket, antenindeki yükü değiştirdiğinde, okuyucunun iletişim bobinine çekilen akım da değişerek okuyucuya geri iletilir.

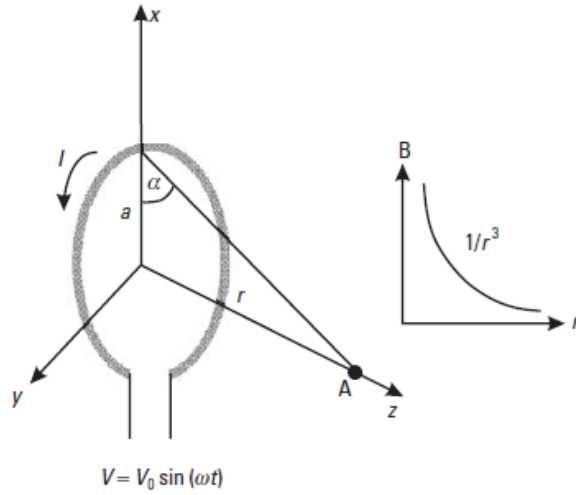


Şekil 7. Okuyucu ile etiket arasındaki yakın alan yayılım sistemi

Etiketın okuyucu alanından verimli bir şekilde enerji çekebilmesi, elektrik rezonans etkisine dayanır. Etiketın kuplajı veya anten elemanı gerçekten bir endüktör bobini ve birbirine bağlı 13.56 MHz sistem çalışma frekansında rezonansa gelecek şekilde tasarlanmış kapasitördür. İndüktörden geçen akım Amper yasasına göre çevreleyen bir manyetik alan oluşturur.

Şekil 8'de manyetik alan etkisinin olduğu A noktası ve manyetik alanın uzaklığa göre değişim eğrisi de göz önüne alınırsa; Kaynaktan $r \gg a$ ile uzaklaştıkça, basitleştirilmiş karakteristik $1/r^3$

zayıflamasını gösterir. Manyetik alanın bu yakın alan bozulma davranışı, bir RFID cihazının okuma aralığındaki ana sınırlayıcı faktördür.



Şekil 8. Manyetik alanın bobinden uzağa hesaplanması

Endüktif kuplaj prensibinden,

$$B = \frac{\mu_0 I N a^2}{2r^3} \quad [\text{Weber/m}^2] \text{veya tesla} \quad (5)$$

Denklem 5’de, B= Manyetik Alan Şiddeti (Tesla), I= bobin boyunca akım (A), N=bobin içindeki sargı sayısı, a=bobin yarıçapı (mm), μ_0 =manyetik geçirgenlik ($4 \pi \times 10^{-7}$ H/m), r =antenden noktaya dik mesafe (m)’yi göstermektedir.

Ohm yasası kullanırsak:

$$I = \frac{V}{ZL} = \frac{V}{\omega L} \quad (6)$$

Denklem 6’da, I= Bobin akımı (A), V=bobin gerilimi (V) , ZL=Bobin empedansı (Ω), L=Bobin Endüktansı (H) ifade etmektedir. L’nin aşağıdaki gibi tahmin edilebileceğini varsayılır:

$$L \approx \mu_0 \pi a N^2 \quad (7)$$

Denklem 7’de, L=bobin Endüktansı (H), μ_0 =manyetik geçirgenlik ($4 \pi \times 10^{-7}$ H/m), N=bobin içindeki sargı sayısı(sipir), a=bobin yarıçapı (mm)’dir. Denklem 5’i tekrar yazarsak:

$$B = \frac{V}{2 \omega N \pi r^3} \quad (8)$$

Son denklemde, B=Manyetik alan şiddeti (Tesla), V=Bobin gerilimi (Volt), N=Bobin içindeki sargı sayısı, r =antenden noktaya dik mesafe (m).

Bobinden belirli bir mesafede belirli bir bobin voltajı ile (8) 'den itibaren, B'nin N ile ters orantılı olduğunu görebiliriz. Bunun nedeni, akımın belirli bir bobin voltajı ile $1 / N^2$ oranında artmasıdır.

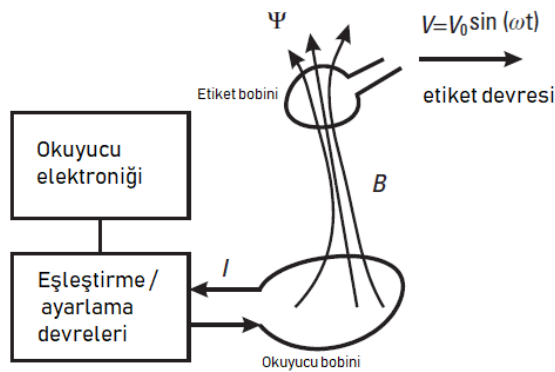
Manyetik alanı en üst düzeye çıkarmak için, sabit anten boyutları verildiğinde, antene verilen akımın en üst düzeye çıkarılması gerektiğini belirtir. Ek olarak, akımı en üst düzeye çıkarmak için anten, okuyucu devresi tarafından sağlanan uyarma frekansında rezonansa girmelidir. Okuyucunun rezonans frekansı (f_0) antenin endüktansı (L) tarafından belirlenir (okuyucunun yarıçapı ile belirlenir) bobin, sargı sayısı, sargıların kalınlığı ve bobinin uzunluğu) ve bir ayarlama kapasitörü (C) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$f_0 = 1/2 \pi \sqrt{LC} \quad (9)$$

Denklem 9'da, f_0 = Rezonans frekansı (Tesla), L=Bobin endüktansı (H), C=Kondansatör kapasitansı (μF)'nı ifade etmektedir.

2.4. Anten Devrelerinde Verilen Gerilimler

Faraday yasası, kapalı bir yolla sınırlanmış bir yüzeyde zamanla değişen bir manyetik alanın döngü etrafında bir voltaj indüklediğini belirtir. Şekil 9, bir RFID uygulaması için basit bir yapı göstermektedir. Etiket ve okuyucu antenleri yakın olduğunda, bir okuyucu anten bobini tarafından üretilen zamanla değişen manyetik alan B, kapalı etiket anten bobininde bir voltaj (elektromotor kuvvet veya sadece EMF olarak adlandırılır) indükler.



Şekil 9. Temel okuyucu ve etiket yapılandırması

Bobin içindeki indüklenen voltaj, bobin üzerinde bir akım akışına neden olur. Etiket anten bobinindeki indüklenen gerilim manyetik akının zamana göre akı değişiminin anten bobini siper sayısı ile çarpımına eşittir. Denklem 10'daki negatif işaret, indüklenen voltajın, onu üreten manyetik akıya karşı koyacak şekilde davrandığını gösterir. Bu "Lenz Kanunu" olarak bilinir ve devredeki akım yönünün, indüklem akım tarafından üretilen manyetik alanın kendini oluşturan manyetik alana karşı çıkacağını vurgular.

$$V = -N \frac{d\Psi}{dt} \quad (10)$$

Denklem 10'da, V= İndüklenen gerilim (V), N= anten bobinindeki siper sayısı; dψ= manyetik akıdaki değişim, dt=zamandaki değişimi göstermektedir.

Anten bobininin tüm yüzeyinden geçen toplam manyetik alan ve şu şekilde bulunur:

$$\Psi = \int B \cdot dS \quad (11)$$

Denklem 11'de, Ψ= toplam manyetik akı (maxwell) B = manyetik alan şiddeti (Tesla), S = bobinin yüzey alanı (mm²), • = vektörlerinin iç çarpımı (iki vektör arasındaki kosinüs açısı)'dır.

Yüzey alanı S Hem manyetik alan B hem de yüzey S vektör miktarlarıdır. İki vektörün iç çarpımının sunulması, anten bobininden geçen toplam manyetik akının Ψ anten bobinlerinin yönünden etkilendiğini düşündürmektedir. İki vektörün iç çarpımı, ikisi arasındaki kosinüs açısı 90 ° olduğunda veya iki (B alanı ve bobinin yüzeyi) birbirine dik olduğunda kosinüs açısı 0 ° olduğunda minimize edilir. Etiket bobininden geçen maksimum manyetik akı iki bobin (okuyucu bobin ve etiket bobin) birbirine paralel olarak yerleştirildiğinde elde edilir. Bu durum, etiket bobininde maksimum indüklenen voltaj ve ayrıca maksimum okuma aralığı ile sonuçlanır. Okuyucu ve etiket bobinleri arasındaki karşılıklı birleşme açısından da ifade edilebilir. Şimdiye kadar verilen ifadeleri birleştirerek, rezonans frekansında etiket anteni üzerindeki voltaj aşağıdaki Denklem 12'deki olduğu gibi hesaplanabilir:

$$V_{\text{etiket}} = 2 \pi f N Q B S \cos(\alpha) \quad (12)$$

Denklem12'de, V_{etiket}=etiket gerilimi (V) , f= taşıyıcı sinyalin frekansı (Hz), S = bobin alanı (m²), Q = rezonans devresinin kalite faktörü, α = etiket alanına normal alanın açısı ifade etmektedir.

(Harwey, 2008).

2.5. Kızılötesi (InfraRed-IR) Sensör Teknolojisi

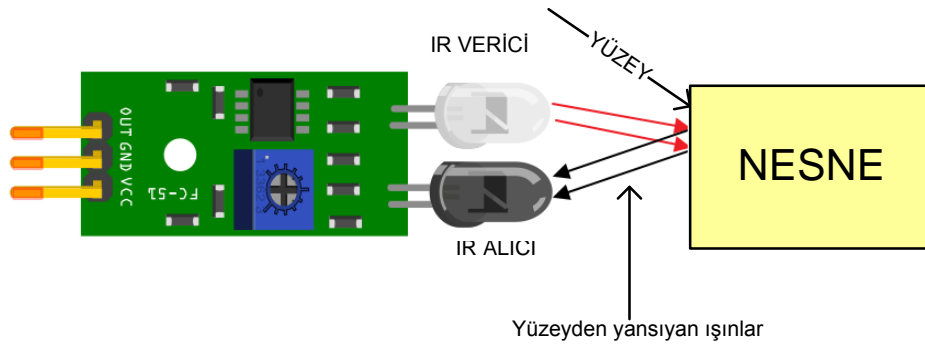
Kızılötesi (InfraRed-IR) sensör, çevrenin bazı özelliklerini algılamak için yayan elektronik bir cihazdır. Kızılötesi sensör bir nesnenin hareketini tespit edebilir. Bu tür sensörler pasif kızılötesi sensör olarak adlandırılan yaymak yerine sadece kızılötesi radyasyonu ölçer. Genellikle kızılötesi spektrumda, tüm nesnelere bir tür termal radyasyon yayar. Bu tip radyasyonlar, kızılötesi bir sensör tarafından tespit edilebilen fakat gözlerimiz için görünmezdir. Kızılötesi engel algılayıcılar genelde kızılötesi LED ve bunun yaydığı kızılötesi ışığın üzerine düştüğünde direnci veya çıkış voltajı değişen foto eleman çiftidir.

Kızılötesi spektrumunun çeşitli bölgelerinde çalışan farklı kızılötesi sensörler üç fizik yasası ile açıklanır.

- Planck'ın Radyasyon Kanunu
- Stephan Boltzmann Yasası
- Wein Yer Değiştirme Kanunu

2.5.1. Kızılötesi Engel Sensörü Yansıma Prensipli

Kızılötesi engel sensörü bir IR LED'i ve bir IR foto diyottan oluşur ve optokuplör olarak adlandırılırlar. Şekil 10'da bu tip bir sensörün çalışma prensip şeması görülmektedir.



Şekil 10. Kızılötesi engel sensörü çalışma prensibi

Şekil 10'da görüldüğü gibi; IR verici LED kızılötesi ışık yaydığı anda, nesneye ulaşır ve kızılötesi ışığın bir kısmını IR alıcısına geri yansıtır. IR alıcısı tarafından geri dönen kızılötesi ışık yoğunluğuna bağlı olarak, sensörün çıkış gerilimi değişir. Değişen gerilim NPN veya PNP bir transistör iletime veya yalıtıma geçirerek sensörün (OUT) ucu gerilimini pozitif çalışma gerilimi verecek şekilde veya

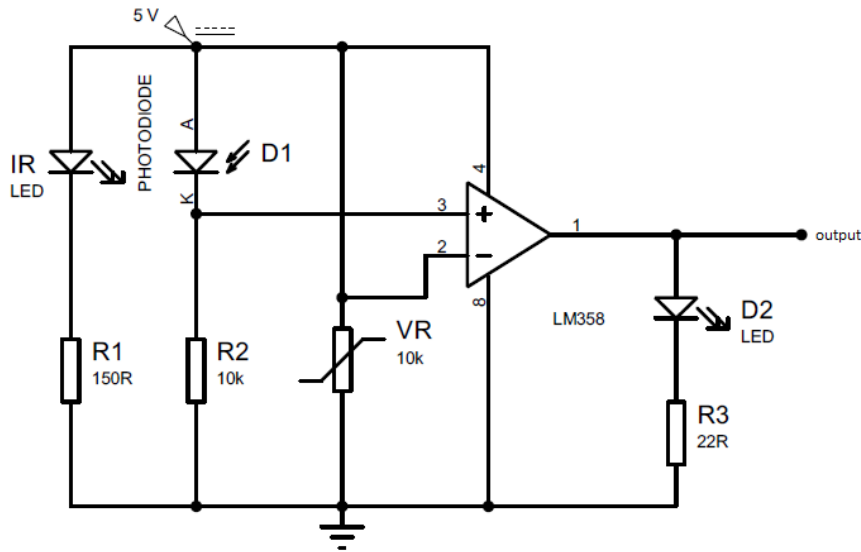
0 V yapar. Eğer verici ve alıcı karşısına herhangi bir nesne yaklaşmaz ise vericinin gönderdiği kızılötesi ışık alıcıya ulaşamayacağından alıcı foto eleman uçlarında herhangi bir direnç veya gerilim değişimi yaşanmaz.

2.5.2. Engel Algılama Devresi veya IR Sensör Devresi

Kızılötesi sensör devresi, bir elektronik cihazdaki temel sensör modüllerinden biridir. Bu sensör, engelleri tespit etmek için kullanılabilen insanın duyularına benzer ve gerçek zamanlı olarak yaygın uygulamalardan biridir. Bu devre yukardaki Şekil 11'deki bileşenlerden oluşur. Bir kızılötesi LED, bir foto diyot, bir potansiyometre, bir amplifikatör ve bir LED'den oluşur. Kızılötesi LED kızılötesi ışık yayar. Foto diyot kızılötesi ışığı algılar. Bir amplifikatör gerilim karşılaştırıcısı olarak kullanılır. Potansiyometre, sensörün çıkışını ihtiyaca göre kalibre etmek için kullanılır.

Kızılötesi LED tarafından yayılan ışık bir nesneye vurulduktan sonra foto diyotta meydana geldiğinde, foto diyotun direnci büyük bir değerden düşer. Operatör girişlerinden biri potansiyometre tarafından belirlenen eşik değerdedir. Olay radyasyonu foto diyotta daha fazla olduğunda, seri direnç üzerindeki gerilim düşüşü yüksek olacaktır.

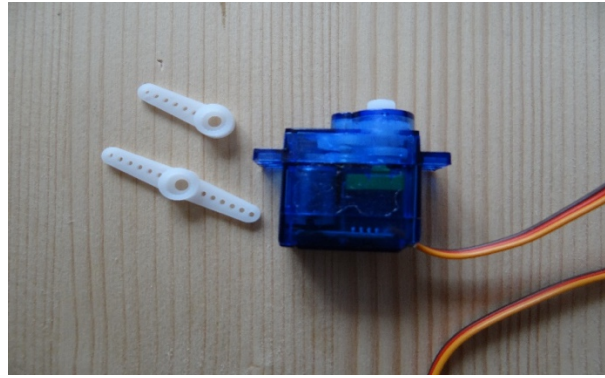
Kızılötesi alıcısı bir sinyal almadığında, evirici girişindeki potansiyel, karşılaştırıcı LM358 evirmeyen girişinden daha yüksek olur. Böylece karşılaştırıcının çıkışı azalır, ancak LED yanmaz. Kızılötesi alıcı modülü, evirici girişindeki sinyal aldığında azalır. Böylece karşılaştırıcının LM 358 çıkışı yükselir ve LED yanmaya başlar. Direnç R_1 150 Ω , R_2 10k Ω ve R_3 22 Ω , minimum 10 mA akımın IR LED Cihazlarından geçmesini sağlamak için kullanılır. Foto diyot ve normal LED'ler. Direnç VR (ön ayar = 10k Ω) çıkış terminallerini ayarlamak için kullanılır (JHA, 2000).



Şekil 11. Kızıl ötesi engel sensörü devresi

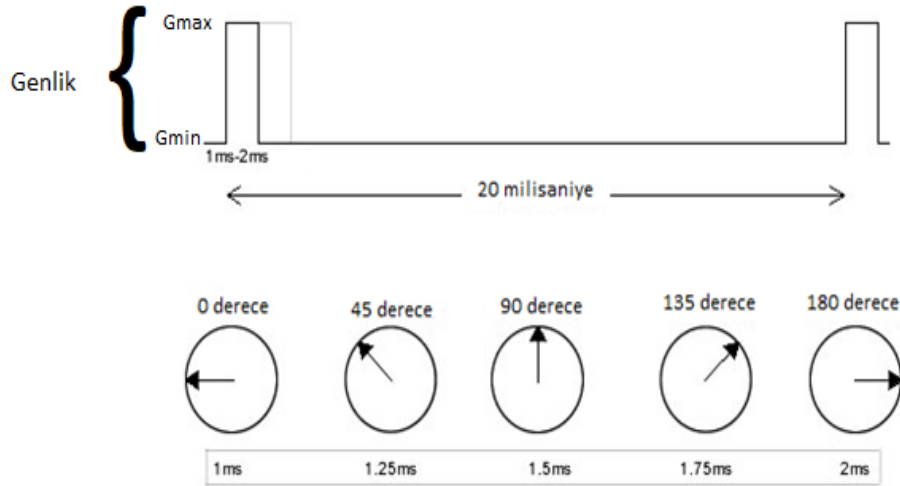
2.6. Servo Motor Teknolojisi

Servo motorlar, kontrol sistemlerinde sınırlandırılmış hareket sağlayan motorlardır. Güç değerleri endüksiyon motorlarından düşüktür. Dolayısıyla ataletleri de düşüktür. Çapları endüksiyon motorlarına nazaran küçüktür. Düşük hızda veya belirli bir açı kadar dönecek şekilde çalışırlar ve bu sebeple momentleri adı motorlarına nazaran daha yüksektir. Robotlar, otomasyon sistemiyle çalışan tezgâhlar, anten tahrik sistemleri, gibi çeşitli yerlerde kullanılabilirler. DC ve AC tipleri vardır. Şekil 12’de servo motor ve bağlantı pinleri görülmektedir.



Şekil 12.Servo motor ve bağlantı pinleri(SG 90)

Servo motorların kontrolü için PWM (sinyal genişlik modülasyonu) kullanılır. Motor’un girişine gelen PWM sinyali görev çevrimine göre motor pozisyon değiştirmektedir. Şekil 13’te görülen servo motor açısal pozisyonlarının değişimi görülmektedir. Toplam çalışma süresi 20 ms ‘dir. 1 ms ‘de 0 derece, 1.25 ms de, 1.5ms ‘de 90 dereceye ve 2 ms ‘de 180 dereceye gelmiş olur.2ms’de görev çevrimini tamamlamış olur. (Sen, 2012)



Şekil 13. PWM darbe genişliği modülasyonu

$$G = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (13)$$

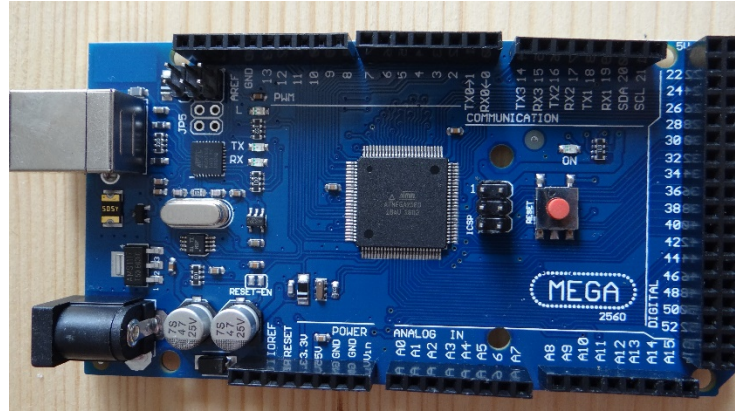
$$G = \frac{1}{T} \left(\int_0^{DT} G_{max} dt + \int_{DT}^T G_{min} dt \right) \quad (14)$$

Denklem 13 ve 14'de, üretilen kare dalganın genlik değerini kare dalganın frekansı $f(t)$ = zamana bağlı fonksiyon olarak belirlersek, G_{min} =en düşük genlik değeri, G_{max} = en yüksek genlik değeri, D = (duty cycle) görev döngüsü, T =Darbe genişlik modülasyonu periyodudur.

2.7. Arduino Teknolojisi

Arduino bir I/O (giriş/çıkış) kartı ve Processing/Wiring dilinin bir uygulamasını içeren geliştirme ortamını oluşturan bir fiziksel programlama platformudur. Mikro denetleyici komutları bekleyen küçük bir komuta merkezidir. Birkaç satır kodla ışık açıp kapayabilir, bir sensör değerini okuyabilir veya bilgisayar ekranımızda görüntüleyebiliriz. Arduino IDE ise mikro denetleyiciler için entegre geliştirme ortamıdır. C ve C++ dilleri kullanılarak yazılım oluşturulabilir. Bu uygulama sayesinde günlük hayata kolaylık getirebilecek projeler yapabiliriz (Warren ve arl., 2014).

Akıllı otopark sisteminde birden fazla sensör ve bileşen kullandığımız için uygun olarak Şekil 14 'de gördüğümüz Arduino Mega 2560 mikro denetleyici kullanılmıştır.



Şekil 14.Arduino Mega 2560

2.8. Sistemin Yapısı ve Çalışma Prensibi

Otopark daha önceden veri tabanına tanımlanmış araçlar için giriş bariyerini açmaktadır. Tanımlama işinde araçlara yerleştirilmiş ve plakası ile eşleştirilmiş RFID kartlar kullanılmaktadır. 9 adet otopark alanı bulunmaktadır. Tanınmış aracın yönlendirilmesi ise, boş olan ve en küçük numara verilmiş otoparka yapılmaktadır. Bariyerlerin açılış sırası ve yönlendirme yazılım ile sağlanmaktadır. Ayrıca park eden her aracı adresleyerek hangi aracın nerede olduğu takip edilebilmektedir.

Araçların üzerinde araçların kodunu içeren RFID kartlar bulunmaktadır. Sistem başlangıçta iken tüm bariyerler kapalı, boş otoparkların üstünde yeşil LED lambalar, dolu otopark bölümlerinin üstünde kırmızı LED lambalar yanmaktadır.

Tanımlanmış araç ana kapıya gelince araç üzerinde bulunan kart RFID okuyucu tarafından okunacak eğer araç sisteme tanıtılmış ve geçiş izni varsa ana bariyer ana servo tarafından açılacak. Araç 1. kızılötesi sensörü geçtiğinde ana bariyer kapanıp 1. otopark boşsa 1. otopark bariyeri 1 nolu servo tarafından açılacak. Bu bariyer ile birlikte 1 nolu yön levhası yanacak. Araç yerine yerleşince 1. Otopark bariyeri 1 nolu sensör tarafından kapatılacak. Aracın yerleştiği bilgisi sistem tarafından kayıt edilecek ve aracın yerleştiği otopark bölümünün kırmızı LED lambası yanıp yeşil LED lambası sönecek. Eğer 1. Otopark doluyorsa ana bariyer kapandığında 2 nolu otopark bariyeri 2 nolu servo tarafından açılacak. Bu bariyerin açılması ile birlikte 2 nolu yön levhası yanacak. Araç yerine yerleşince 2. Otopark bariyeri 2 nolu sensör tarafından kapatılacak.

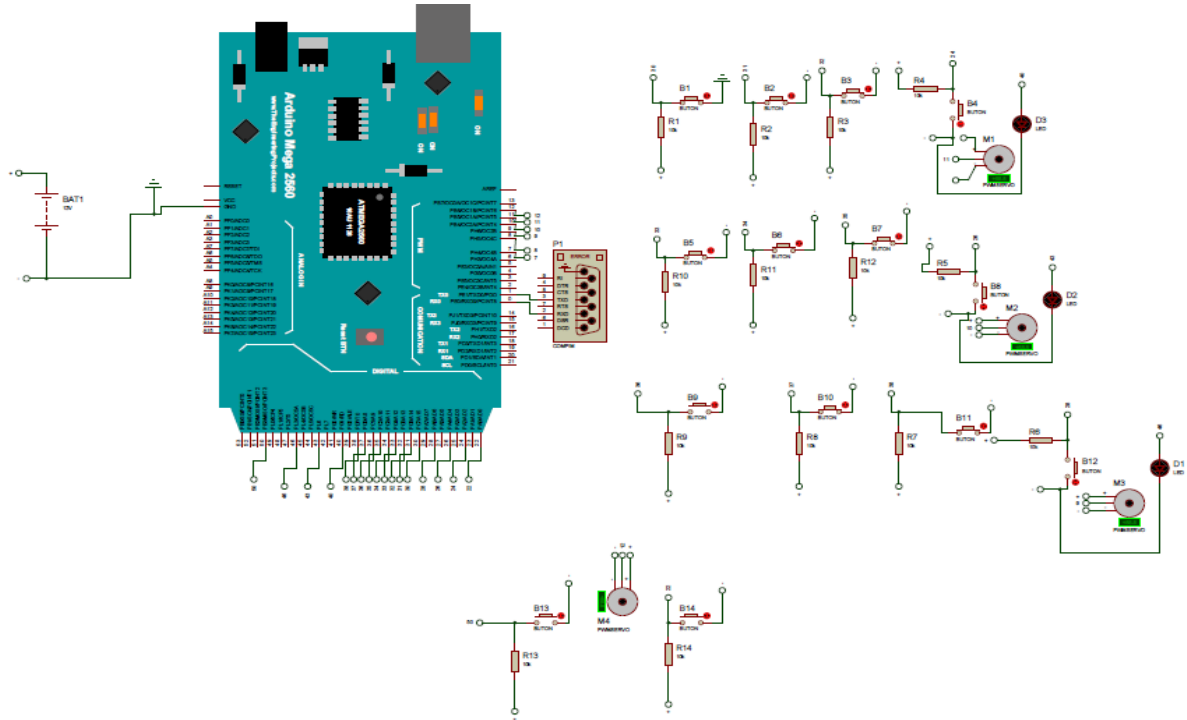
Aracın yerleştiği bilgisi sistem tarafından kayıt edilecek ve aracın yerleştiği otopark bölümünün kırmızı led lambası yanıp yeşil led lambası sönecek. Eğer 2. Otopark doluyorsa ana bariyer kapandığında 3 nolu otopark bariyeri 3 nolu servo tarafından açılacak. Bu bariyerin açılması ile birlikte 3 nolu yön levhası yanacak. Araç yerine yerleşince 3. Otopark bariyeri 3 nolu sensör tarafından kapatılacak. Aracın yerleştiği bilgisi sistem tarafından kayıt edilecek ve aracın yerleştiği otopark bölümünün kırmızı led lambası yanıp yeşil led lambası sönecek. Bir araç çıkış yaparsa ilk

gelecek araç en küçük numaralı otoparktan itibaren yerleşecektir. Tüm otoparklar dolduğunda tanınan bir araç gelse dahi ana bariyer açılmayacaktır.



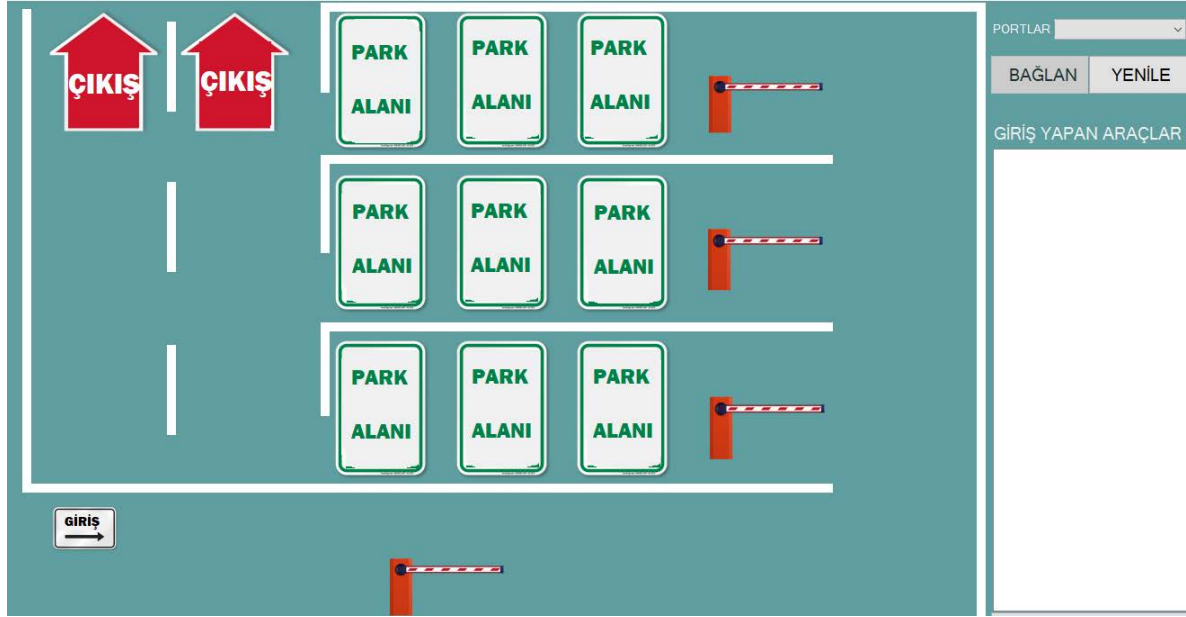
Şekil 15. Akıllı otopark modeli

Şekil 15’de Proteus ISIS programında sistemin eş değer devresi çıkarılarak yazılan kodun doğru çalıştığını kontrol etmek için yapılan benzetim çalışması görülmektedir.



Şekil 16. Akıllı otopark sisteminin ISIS programındaki simülasyon şeması

C# programlama dili ile yazılan ara yüz ile hangi otopark alanının dolu olup hangi alanın boş olduğu takip edilmektedir. Şekil 17’de sistem görülmektedir.



Şekil 17. Arayüz ekranı

3. Bulgular ve Tartışma

Projede kullanılan kızılötesi sensör önünde engel olmadığında sinyal ucu pozitif çıkış vermektedir. Sensörün önünde engel bulunmadığında şase-sinyal ucu arası potansiyel farkın 5,4 V ile 6 V arasında değiştiği, önüne engel konulduğunda ise; şase-sinyal ucu arası potansiyel farkın 0,2 V-0,4V arası olduğu görülmektedir.

Pozitif gerilimin sistemi çok etkilemediği ancak kızılötesi sensörde alıcı ve verici arasına giren engel sonucu gerilimin 0V üzerinde olması mikro denetleyici ünitesinin çalışmasında sıklıkla hata yapmasına neden olmaktadır. Bu denemeler ve ölçümler az da olsa gün ışığı olan ortamda yapılmıştır. Aynı deneme ve ölçümler kızılötesi sensör karanlık veya yapay ışık altında çalışırken yapıldığında sinyal çıkış geriliminin sıfıra çok yaklaştığı ve sistemin kararlı çalıştığı test edilmiştir. Ayrıca kızılötesi sensör alıcı ve verici ünitesine ışık sızdırmayacak kılıf uygulaması yapılmasının gün ışından olan etkilenmeyi azaltacağı tezinden yola çıkılarak yapılan testlerde sensörün yapısı nedeniyle bunun teknik açıdan mümkün olamayacağı görülmüştür. Bu nedenle bu sensörden yaklaşık 5 kat daha maliyetli kılıf içinde çalışan MZ-80 kodlu başka bir sensör kullanılmıştır. Sensör aynı çalışma prensibi ile çalıştığı halde alıcı ve verici ledlerin kılıf içine alınmış olması sebebiyle gün ışığından etkilenme en aza indirilmiş durumdadır. Önüne engel geldiğinde tam olarak sinyal şase arası 0V okunabilmektedir.

Özellikle açık otoparklarda kullanılacaksa günışığı etkisinin göz önünde bulundurulması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ancak kapalı otoparklarda gün ışığı olmayacağı ve maliyeti gereksiz şekilde arttırmamak için bu sensörün kullanılmasına gerek yoktur.

Otopark doluluk gösterge lambaları yerine kullanılan ledlerin çok güç sarf etmediği düşünülerek beslemeleri direkt Arduino MEGA2560 üzerinden yapıldığında çeşitli sistem sorunları (yer seçme işleminin bozulması, sönük yanma, gömülü sistem üzerinde her işlem sonrası resetleme işlemi yapılması gerektiği) ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle doluluk lambalarını temsil eden led sistemi için ayrı kızılötesi sensörler ve her otopark alanı için ayrı röle kullanılması sonucu daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu büyüklükte akıllı otopark modelinde otopark doluluk gösterge sisteminde kullanılacak güç kaynağı en az 5V 900mA olduğunda yani yaklaşık 5V/5W olduğunda düzgün bir çalışma sergilemektedir. Daha az akım sağlayan güç kaynakları gösterge ledlerinde sönük yanmaya veya ışık verememesine sebep olmaktadır. Gerçek bir otopark boyutu düşünülecek olursa çıkış gerilimi de LED'lerin besleme gerilimi ve gerilim düşümleri dikkate alınarak hesap edilmelidir.

Sinyal iletimi özellikle ekranlı çok telli sinyal kabloları ile iletilirse manyetik dış etkiler sıfıra yaklaşacaktır. 0,22 mm² ekranlı çok telli ve 3 damarlı sinyal kablosu özellikle sinyali 12 m'ye kadar 0,3V gerilim düşümü ile iletebilmektedir. Bu gerilim düşümü de devrenin çalışmasına herhangi bir etki etmeyecek seviyededir. Ancak bu uzunluğun üzerinde daha yüksek kesitli iletkenlere ihtiyaç duyulacağı açıktır. Sistemin ilk araç kabul işlemi için başka bir gömülü sistem kullanılırsa yani araç kabul ve yönlendirme ve yerleştirme sistemleri ayrılırsa, bekleme süresi daha kısalmaktadır.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Eserde, Arduino platformu kullanılarak RFID okuyucu ünitesi, kızılötesi sensörler ve servo motorlar kullanılarak, kontrol edilen 3 bölümlü 9 araçlık bir otoparkın insansız otomatik kontrolü sağlanmıştır. Daha çok bölmeli otoparklar için daha fazla sayıda mikro denetleyici kullanmak gerekebilir. Yapılan modelde sisteme temassız müdahale edilmeden devamlılık sağlanmıştır. Ancak girişte kullanılan tanımlama sistemi, tamamıyla otopark seçim sisteminden ayrılırsa yani ayrı bir mikro denetleyici kullanılırsa yeni gelen araçların da kabulü daha hızlı gerçekleşebilir. Otopark içerisindeki yön levhaları ve bağımsız bölüm doluluk gösterge ledleri sayesinde araçların park etme süreleri kısaltılmıştır. Ancak doluluk gösterici aydınlatmaların mikro denetleyici dışında sadece sensör ve röle sistemiyle kontrolü daha kararlı bir çalışma sağlayacaktır. Kızılötesi sensörler ve mikro denetleyici ile bariyerlerin kontrolü sağlanmıştır. Oluşturulmuş olan ara yüz ve yazılım ile otopark girdi ve çıktıları kayıt altına alınmıştır.

Sistem esnek bir yapıya sahiptir. Başka alanlarda da kullanılabilir şekilde tasarım geliştirmesine açıktır. Geliştirilmiş olan ara yüz ile araç takibi yapılabilir. Ayrıca sistem daha çok işlev görevi aktarılıp geliştirilebilir. Daha geniş ve büyük yerler için kullanımı sağlanabilir. Yüz tanıma ve plaka tanımlama sistemleri de eklenerek güvenlik seviyesi artırılabilir.

Teşekkür

2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 13.03.2020 tarihinde başlayan 1919B011903536 başvuru numaralı ‘Akıllı Otopark Sistemi’ başlıklı projeye desteklerinden dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) BİDEB birimine desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Bhuptani, M. and Moradpour, S. (2005). RFID Field Guide:Deploying Radio Frequency Identification Systems, Sun Microsystems Press , New Jersey.
- Chen, N-K., Chen, J-L., Chang,(2008), T9-H., Lu, H-F.,Reliable ALE middleware for RFID network applications, Wiley InterScience
- E. Eckermann (2001) World History of the Automobile.
- Harvey LEHPAMER,(2008), RFID Design Principles, Artech House Microwave Library, United States of America
- JHA A. R. ,(2000), Infrared Technology Applications to Electrooptics Photonic Devices and Sensors, John Wiley & Sons, Inc, Canada.
- Roberts,C.M,(2006) ,Radio Frequency Identificaiton (RFID),Computers&security, pp 18-36.
- Saatçioğlu,Y (2006),RFID Fırsatlar, Engeller ve Örnek uygulamaları
- SEN.P.C.,2012,Principles of Electric Machines and Power Electronic, Wiley, Ontario, Canada
- Syed A,Ilyas M.,(2008), RFID Handbook Applications, Technology,Security, and Privacy, CRC Press
- Want R, (2006),An Introduction to RFID Technology, IEEE Pervasive Computing Intel Research, Santa Clara.
- Warren J.,David, Adams J.,Molle H,(2014), Arduino Robotıc, Apress.



Delocalized π - π^* Orbital Interactions and Stabilization Energies of Phenyltrichlorosilane

Nihal KUS^{1*} and Saliha ILICAN²

^{1,2}Eskisehir Technical University, Science Faculty, Department of Physics, Yunus Emre Campus, Eskisehir, Turkey

*Corresponding Author: nkus@eskisehir.edu.tr

Received: 27.02.2020

Accepted: 17.05.2020

Abstract

In this study, the optimized Phenyltrichlorosilane (PTS, $C_6H_5SiCl_3$) using Density Functional Theory (DFT) with B3LYP/6-311++G(d,p) level was studied using natural bond orbital (NBO) theory with NBO 3.1, as integrated in Gaussian09 program. It was determined that there are only π - π^* transitions for PTS. Donor-acceptor interactions and stabilization energies for these transitions were calculated. The highest transition energy occurred in the orbital interaction of the $\pi(C1-C6) \rightarrow \pi^*(C2-C3)$ transition and was calculated *ca.* 99.32 kJ mol⁻¹, which is in a delocalized state. From the NBO calculation results, it was determined that hybridization occurred by settling in p-orbitals of electrons. Natural charges for PTS were calculated and it was determined that the strongest polarization was between Si and C3 atoms. Harmonic Oscillator Measure of Aromaticity (HOMA) index was calculated for the PTS ring.

Keywords: Phenyltrichlorosilane, NBO, Stabilization energy, Orbital interaction, Polarization.

Feniltri-klorosilanın Delokalize Olmuş π - π^* Orbital Etkileşimleri ve Stabilizasyon Enerjileri

Öz

Bu çalışmada, B3LYP / 6-311 ++ G (d, p) seviyesi ile Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi (DFT) kullanılarak optimize edilmiş Feniltri-klorosilan (PTS, $C_6H_5SiCl_3$) molekülü, NBO 3.1 ile Doğal Bağ Orbital (NBO) teorisi ile Gaussian09 programında çalışıldı. PTS için sadece π - π^* geçişlerinin olduğu belirlenmiştir. Bu geçişlere ait donör-akseptör etkileşimleri ve stabilizasyon enerjileri hesaplandı. En yüksek geçiş enerjisi $\pi(C1-C6) \rightarrow \pi^*(C2-C3)$ geçişinin orbital etkileşiminde meydana geldi ve delokalize durumda olan bu orbital enerjisi yaklaşık 99.32 kJ mol⁻¹ olarak hesaplandı. Yapılan NBO hesaplamalarının sonuçlarından, hibritleşmenin, elektronların p-orbitallerine yerleşerek meydana geldiği belirlendi. PTS için doğal yükler hesaplandı ve en güçlü polarizasyonun Si ve C3 atomları arasında olduğu tespit edildi. PTS halkası için Harmonik Osilatör Aromatiklik Ölçümü (HOMA) indeksi hesaplandı.

Anahtar Kelimeler: Feniltri-klorosilan, NBO, Stabilizasyon enerjisi, Orbital etkileşimi, Polarizasyon.

1. Introduction

Silane (SiH_4) is an inorganic compound with group 14 hydride compound, which has an important application as a precursor of elemental silicon, especially in semiconductor production and industry (Filtvedt et al., 2012; Liu et al., 2015; Zhang et al., 2018). Generally, silanes are used in sealants and adhesives, coatings, filler treatment, and surface treatment (Witucki, 1993; Child and Ooji, 1999). Trichlorosilane, a chlorinated complex of silane (TS; HSiCl_3) is the most important precursor for the synthesis of many organosilicon derivatives. It takes a considerable part in the process of manufacturing extreme pure silicon in the semiconductor industry (Vorotyntsev et al., 2001; Fishman, 2008; Fester et al., 2010). TS is also a reagent in the conversion of benzoic acids to toluene derivatives; and used in surface science and nanotechnology to form self-assembled monolayers (SAMs) (Cech and Taboryski, 2012). Phenyltrichlorosilane (PTS; $\text{C}_6\text{H}_5\text{SiCl}_3$), analyzed in present study, used to make silicones for water repellents, heat resistant paints, insulating resins. Also it uses in industries for production of metals, in cosmetics, chemical manufacturing, etc. Lei et al. (2015) reported that four silylating agents (one is PTS) were used as a silane modification of silicon dioxide (SiO_2) gate dielectric. This report was about that these silylating agents effect how on performance of field-effect transistor (FET).

In this study, Orbital interactions and strong stabilization energies of the optimized PTS molecule were calculated and analyzed with the NBO method. Orbital states of hybridizations were examined. The polarized states of the molecule were determined from their calculated natural charges.

2. Theoretical Calculations

In the calculations, it was used Lee-Yang-Parr correlation (Lee et al., 1988) that invention of Becke's three-parameter hybrid function (Becke, 1988). Molecule energies were minimized by DFT/B3LYP/6-311++G(d,p) level of approximation in gas phase. Stabilization energies and orbital interactions of the PTS were explained using the NBO method. The method was used considering Weinhold and Landis (2005), by NBO 3.1 (Reed et al., 1988). The approximate geometry of the PTS in three dimensions was drawn in the GaussView 5.0 molecular imaging program (Dennington et al., 2009) to get stable state and the space arrangement of the atoms in the molecule. All theoretical calculations were indicated in Gaussian 09 program (Frisch et al., 2009).

3. Findings and Discussion

Figure 1 shows the optimized PTS using DFT with B3LYP/6-311++G(d,p) basis set and the molecule in minimum energy plotted with adopted atom numbers.

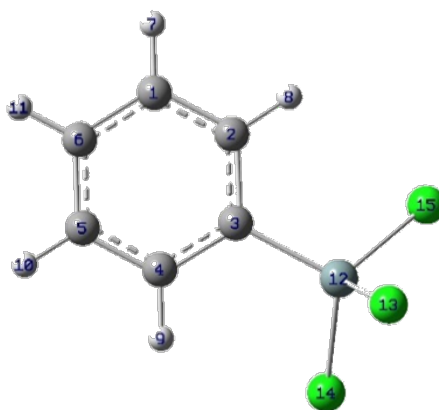


Figure 1. Optimized PTS scheme of PTS at B3LYP/6-311++G(d,p) basis set.

The electronic energy (E), electronic+zero point vibrational energy ($E+ZPV$) and Gibbs energy (G) for PTS were calculated with B3LYP/6-311++G(d,p) basis set. After minimized, it was found approximately -1902.062, -1901.966 and -1902.003 Hartree, respectively.

Interaction energies between orbitals, $E(2)$, donor-acceptor NBOs are obtained from the second-order perturbation theory (Weinhold and Landis, 2005).

$$E(2) = \Delta E_{ij} = q_i \frac{F_{ij}^2}{\varepsilon_j - \varepsilon_i} \quad (1)$$

where F_{ij}^2 is the Fock matrix element between the i and j NBO orbitals, q_i is the occupancy of the donor orbital, ε_j and ε_i are the energies of the acceptor and donor NBOs. It was found that all these transitions are $\pi-\pi^*$ transitions related to delocalization over the C atoms. Total stabilization energy of donor and acceptor pairs was calculated as 506.57 kJ mol⁻¹. As seen in Table 1, the most significant NBO interaction is $\pi(\text{C1-C6}) \rightarrow \pi^*(\text{C2-C3})$, and orbital interaction energy was calculated about 99.32 kJ mol⁻¹. Stabilization energy values bigger than 10% were selected.

Table 1 shows the most relevant NBO interactions for PTS. These interactions are plotted also in Figure 2. It can be noticed that electrons are delocalized along the phenyl ring. The π -system of the molecule involves the orbital interaction types of A, B, C, D, E and F in Figure 2. The highest stabilization energy is the $\pi(\text{C1-C6})-\pi^*(\text{C2-C3})$ orbital interaction with 99.32 kJ mol⁻¹. And the lowest one is $\pi(\text{C2-C3})-\pi^*(\text{C1-C6})$ orbital interaction with 73.48 kJ mol⁻¹.

Table 1. Donor and acceptor pairs and orbital energies for NBO pairs for ring as calculated by the Fock matrix equation (Eq.1) in the NBO basis for PTS ^a.

Pair	Donor NBO (<i>i</i>)	Acceptor NBO (<i>j</i>)	<i>E</i> (2) kJ mol ⁻¹	$\epsilon_i - \epsilon_j$ au	<i>F</i> _{<i>ij</i>} au
A	π (C1-C6)	π^* (C2-C3)	99.32	0.27	0.072
B	π (C1-C6)	π^* (C4-C5)	79.50	0.28	0.066
C	π (C2-C3)	π^* (C1-C6)	73.48	0.29	0.064
D	π (C2-C3)	π^* (C4-C5)	86.65	0.29	0.069
E	π (C4-C5)	π^* (C1-C6)	88.24	0.28	0.070
F	π (C4-C5)	π^* (C2-C3)	79.38	0.27	0.065

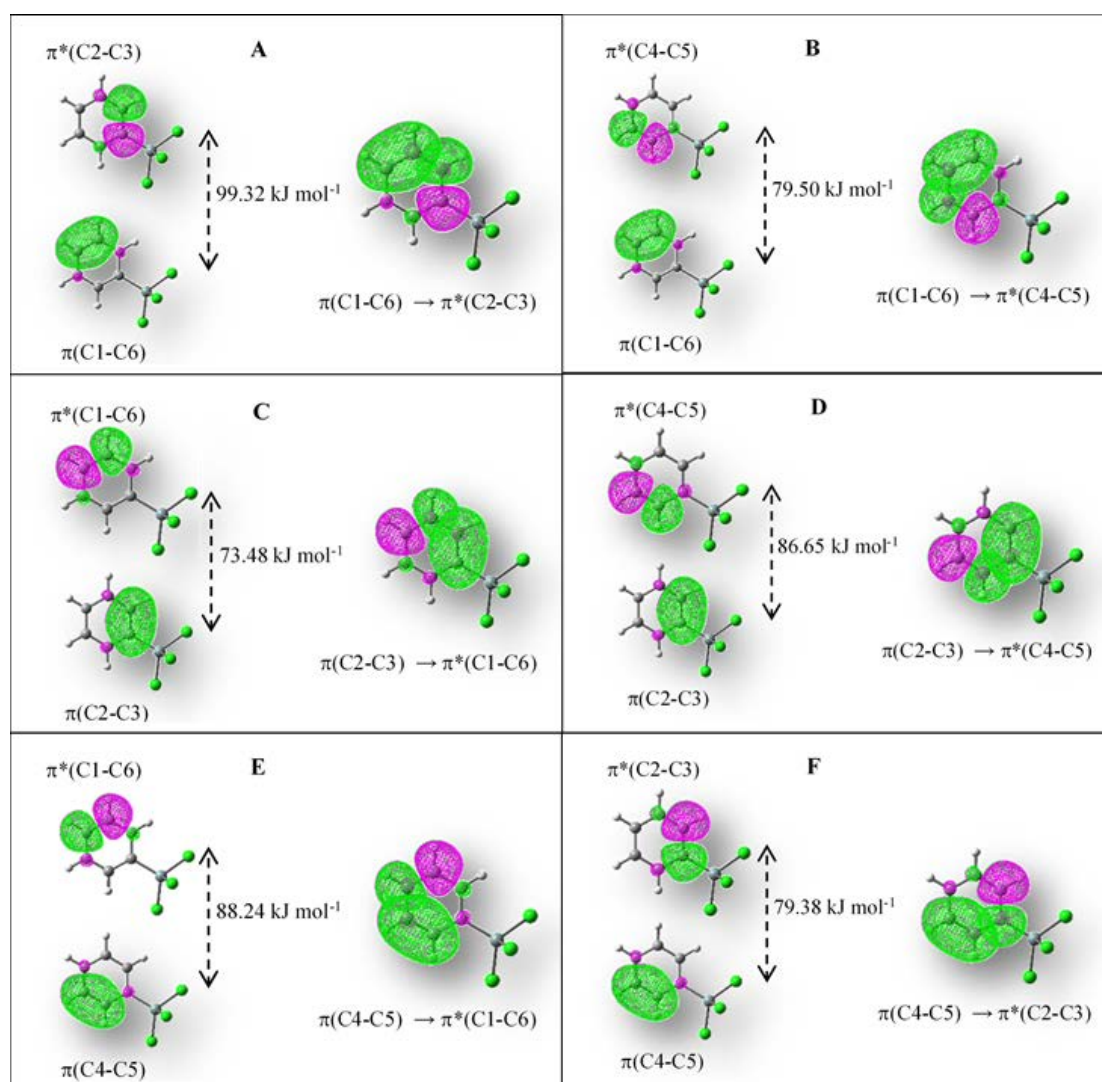
^a See atom numbering in Fig. 1.**Figure 2.** Electron density surfaces of donor-acceptor orbitals for PTS ring calculated at the DFT/B3LYP/6-311++G(d,p) method plotted the dominant orbital interactions (see Table 2). The electron density isovalues are equal to 0.02 e. Purple and green colors indicate to negative and positive wave function signs.

Table 2. Orbitals, occupancy, coefficients and hybridization with stabilization energy values higher than 10% for PTS ring calculated using B3LYP/6-311++G(d,p) level.

Group	NBO	Occupancy ratio	Coefficients (%) ^a		Hybridization ^b
			A	B	
donor	$\pi(\text{C1-C6})$	1.64161	50.90	49.10	$0.7134p + 0.7007p$
	$\pi(\text{C2-C3})$	1.67307	45.35	54.65	$0.6734p + 0.7393p$
	$\pi(\text{C4-C5})$	1.64883	48.95	51.05	$0.6996p + 0.7145p$
acceptor	$\pi^*(\text{C1-C6})$	0.31693	49.10	50.90	$0.7007p - 0.7134p$
	$\pi^*(\text{C2-C3})$	0.37310	54.65	45.35	$0.7393p - 0.6734p$
	$\pi^*(\text{C4-C5})$	0.30510	51.05	48.95	$0.7145p - 0.6996p$

^a The A and B values create a bond for the NBO orbitals of the atomic orbitals of the two atoms, corresponding to the contributions of the atoms that make up these pairs, and are obtained from the coefficients of the polarizations.

^b Definition of hybrid orbitals.

According to the NBO interactions, C atoms on ring were hybridized as p orbital and the strongest p hybridization was obtained in C1-C6 orbital interaction, and the percentage of coefficients were 50.90 for C1 and 49.10 for C6 for donor. Hybridization was the same for acceptor. Only the percentage of coefficients has changed from C1 to 49.10 and C6 to 50.90.

Taking into account the stabilization energies of PTS ring higher than 10%, the occupancy ratio of the bond orbitals, NBO coefficients of the atoms and their hybridizations are given in Table 2. This Table also presents the bonding percentage of atomic orbitals in each atom, subtracted from the NBO polarization coefficients for NBO orbitals. In the NBO analysis of PTS, the highest polarization values were observed in the case of the bond formed by the acceptor C2 atom with C3 atom. The C2-O3 bond in the acceptor state is $\pi \rightarrow \pi^*$ contribution, and constitutes approximately 55% of the NBO stabilization energies.

Table 3. Donor and acceptor pairs and orbital energies for NBO pairs for (C-Si)-(Si-Cl_{13,14,15}) and LP(2)Cl_{13,14,15}-(C-Si) as calculated by the Fock matrix equation (Eq.1) in the NBO basis for PTS^a.

Pair	Donor NBO (i)	Acceptor NBO (j)	E(2) kJ mol ⁻¹	$\epsilon_i - \epsilon_j$ au	F _{ij} au
G	$\sigma(\text{C-Si})$	$\sigma^*(\text{Si-Cl}_{13})$	9.82	0.66	0.036
H	$\sigma(\text{C-Si})$	$\sigma^*(\text{Si-Cl}_{14})$	10.12	0.66	0.036
I	$\sigma(\text{C-Si})$	$\sigma^*(\text{Si-Cl}_{15})$	10.16	0.66	0.036
J	LP(2)Cl ₁₃	$\sigma^*(\text{C-Si})$	28.84	0.53	0.055
K	LP(2)Cl ₁₄	$\sigma^*(\text{C-Si})$	25.12	0.54	0.051
L	LP(2)Cl ₁₅	$\sigma^*(\text{C-Si})$	25.08	0.54	0.051
M	LP(3)Cl ₁₄	$\sigma^*(\text{C-Si})$	3.55	0.54	0.019
N	LP(3)Cl ₁₅	$\sigma^*(\text{C-Si})$	3.59	0.54	0.019

^a See atom numbering in Fig. 1.

Considering the ring-related C–(Si-Cl) and LP(2)Cl(13,14,15) – (C-Si) effects, it was calculated that the highest stabilization energy was in the case of LP(2)Cl13 – (C-Si) orbital interaction at a value of 28.84 kJ mol⁻¹. C-Si and Si-Cl(13,14,15) stabilization energies showing σ - σ^* interaction are given in the Table 3 and it was found that the most effective state was in the case of σ (C-Si) - σ^* (Si-Cl15) with a slight difference. It can be seen from the table 3 that the stabilization energies resulting from LP(3)Cl(14,15) – (C-Si) orbital interactions are very small and *ca* 3.6 kJ mol⁻¹.

Table 4. Orbitals, occupancy, coefficients and hybridization between C-Si and Si-Cl(13,14,15) and Cl(13,14,15) –C-Si for PTS calculated using B3LYP/6-311++G(d,p) level.

Group	NBO	Occupancy ratio	Coefficients (%) ^a		Hybridization ^b
			A	B	
donor	σ (C-Si)	1.95370	70.49	29.51	$0.8396sp^{2.47} + 0.5432sp^{2.01}$
	LP(2)Cl ₁₃	1.93524			$spd^{0.38}$
	LP(2)Cl ₁₄	1.93716			$spd^{0.22}$
	LP(2)Cl ₁₅	1.93712			$spd^{0.22}$
	LP(3)Cl ₁₄	1.93164			$spd^{1.33}$
	LP(3)Cl ₁₅	1.93173			$spd^{1.50}$
acceptor	σ^* (Si-Cl ₁₃)	0.11982	72.48	27.52	$0.8514sp^{3.36} - 0.5246sp^{3.98}$
	σ^* (Si-Cl ₁₄)	0.10885	72.53	27.47	$0.8516sp^{3.38} - 0.5241sp^{3.90}$
	σ^* (Si-Cl ₁₅)	0.10854	72.53	27.47	$0.8516sp^{3.38} - 0.5241sp^{3.90}$
	σ^* (C-Si)	0.11582	29.51	70.49	$0.5432sp^{2.47} - 0.8396sp^{2.01}$

^a The A and B values create a bond for the NBO orbitals of the atomic orbitals of the two atoms, corresponding to the contributions of the atoms that formed these pairs, and are obtained from the coefficients of the polarizations.

^b Definition of hybrid orbitals.

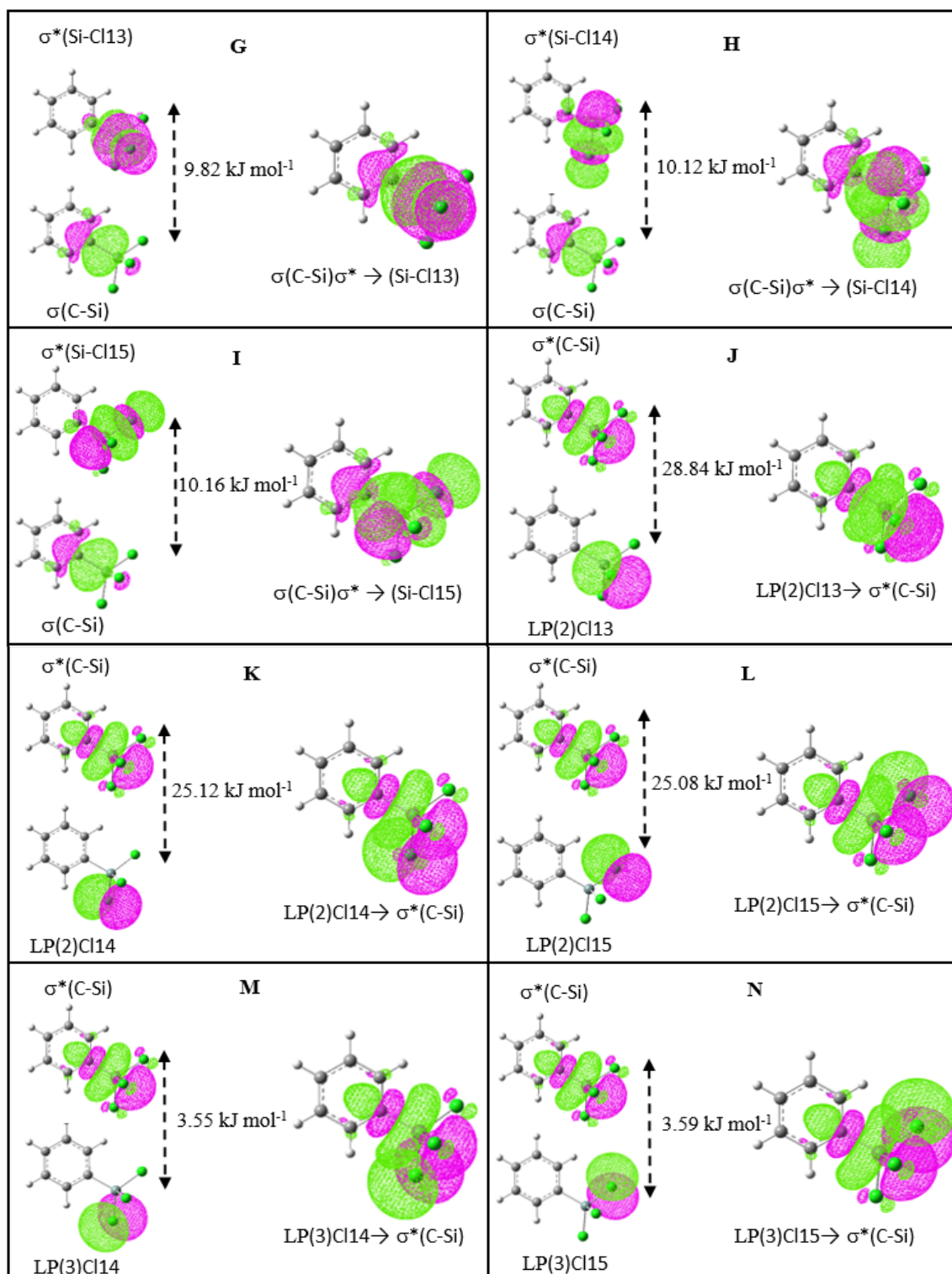


Figure 3. Electron density surfaces of donor-acceptor orbitals for (C-Si)–(Si-Cl_{13,14,15}) and LP(2) Cl(13,14,15)–(C-Si) calculated at the DFT/B3LYP/6-311++G(d,p) method plotted the dominant orbital interactions (see Table XX). The electron density isovalues are equal to 0.02 e. Purple and green colors indicate to negative and positive wave function signs.

The calculated natural hybrids on atoms were given in Table 4. From Table 4 it was noted that the maximum occupancy 1.95370 was obtained for $\sigma(\text{C-Si})$. The strongest electron donation occurs from a LP(2)Cl13 to the antibonding acceptor $\sigma^*(\text{C-Si})$ orbital.

Table 5. Transition state, type, relative energy (ΔE), wavelength of the absorption (λ) and oscillator strength (f) calculated by TD-DFT(B3LYP/6-311++G(d,p)) method for PTS.

State	Type		ΔE (eV)	λ (nm)	f
S ₁	$\pi\pi^*$	HOMO→LUMO	5.15	240.83	0.0097
S₂	$\pi\pi^*$	HOMO₋₁→LUMO	5.70	217.45	0.1356
S ₃	$\pi\pi^*$	HOMO→LUMO ₊₂	6.20	200.06	0.0000
S ₄	$\pi\pi^*$	HOMO ₋₁ →LUMO ₊₂	6.22	199.34	0.0002
S ₅	$\pi\pi^*$	HOMO ₋₃ →LUMO	6.24	198.82	0.0109
S ₆	$\pi\pi^*$	HOMO ₋₂ →LUMO	6.42	193.06	0.0021
T ₁	$\pi\pi^*$	HOMO ₋₁ →LUMO	3.69	336.22	0.0000
T ₂	$\pi\pi^*$	HOMO→LUMO	4.36	284.53	0.0000
T ₃	$\pi\pi^*$	HOMO→LUMO ₊₁	4.57	271.37	0.0000
T ₄	$\pi\pi^*$	HOMO ₋₁ →LUMO ₊₁	5.07	244.63	0.0000
T ₅	$\pi\pi^*$	HOMO ₋₃ →LUMO	6.09	203.63	0.0000
T ₆	$\pi\pi^*$	HOMO ₋₁ →LUMO ₊₂	6.15	201.73	0.0000

The electronic transition properties which include the excitation wavelength and relative intensities (oscillator strengths) were obtained using time dependent density functional theory (TD-DFT) calculation. According to the calculation, all singlet and triplet transitions were found as π - π^* transitions. The strongest oscillator strength was observed in the S₂ state (HOMO₋₁→LUMO) and the energy 5.70 eV (Table 5). As seen from the NBO results mentioned above, stabilization via the π -system was clearly dominant.

Delocalization in cyclic structures were defined by Kruszewski and Krygowski and named Harmonic Oscillator Measure of Aromaticity (HOMA) index (Kruszewski and Krygowski, 1972; Krygowski, 1993; Krygowski and Cyranski, 1996). The HOMA index equation is given as:

$$HOMA = 1 - \frac{\alpha}{n} \sum_{i=1}^n (R_{opt} - R_i)^2 \quad (2)$$

In this equation, n is the number of bonds, α is an empirical constant value. For a non-aromatic system, HOMA is equal to “0”. In case of HOMA is equal to “1” for perfectly aromatic systems, the optimal value R_{opt} value is a constant value. R_i refers to the length of the bond that is constantly wrapped in

the ring. This equation is a simple equation, one of the best equations showing the measure of aromaticity, and also a good measure of π -electron delocalization (Glendening et al., 1993).

π -delocalization was observed in PTS and HOMA index was calculated using the equation above, and found *ca.*0.974. α and R_{opt} constants are taken as 257.7 \AA^{-2} and 1.388 \AA for C-C bonds, respectively (Carey and Sundberg, 2007). R_i for C-C bonds of PTS ring are given in Table 6. In this case, it can be said that the degree of aromaticity calculated for the PTS molecule is high enough. In literature, HOMA index were found 0.991, 0.811, 0.718 and 0.741 for benzene, naphthalene, anthracene and phenanthrene, respectively (Krygowski and Cyranski, 1996). Kus et al. (2007) were found the HOMA index as a 0.987 for the benzene ring of coumarin.

Table 6. Bond lengths of PTS^a, calculated using B3LYP/6-311++G(d,p) level.

Name	Definition	Value (Å)
R1	R(1,2)	1.3924
R2	R(1,6)	1.3937
R3	R(1,7)	1.0840
R4	R(2,3)	1.4038
R5	R(2,8)	1.0842
R6	R(3,4)	1.4039
R7	R(3,12)	1.8566
R8	R(4,5)	1.3923
R9	R(4,9)	1.0842
R10	R(5,6)	1.3938
R11	R(5,10)	1.0840
R12	R(6,11)	1.0842
R13	R(12,13)	2.0648
R14	R(12,14)	2.0633
R15	R(12,15)	2.0633

^aAdopted atom numbers are given in Fig.1.

The electrons of covalently bonded molecules are assumed to exist in molecular orbitals formed by orbitals of atoms. Each of these orbitals has different steady state energies. Filled orbitals are donors and empty orbitals are acceptors. The energy difference between the Highest Occupied Molecular Orbital (HOMO) and Lowest Unoccupied Molecular Orbital (LUMO) for PTS is ~6.04 eV and plotted in Fig. 4. The HOMO orbital of the PTS was mostly concentrated on the phenyl ring, while LUMO orbital was concentrated even phenyl ring or chlorosilane group.

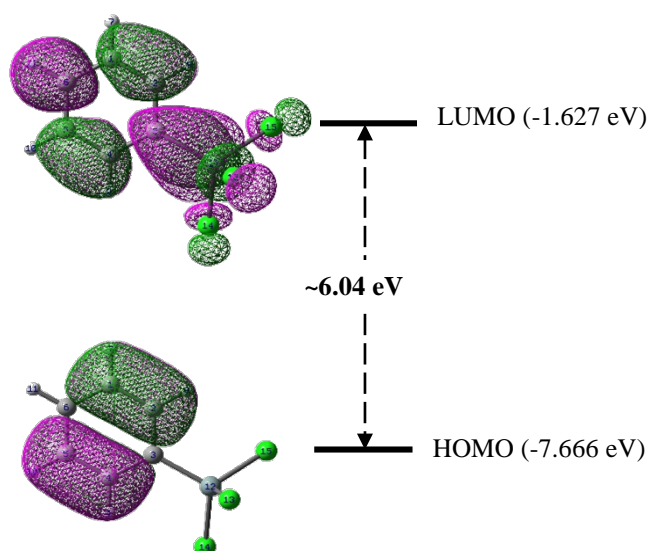


Figure 4. Orbital density of HOMO-LUMO and energy gap for PTS.

The natural charges for PTS are shown in Table 7. The charges on atoms are identical. The dipole interactions can be related with the strongly polarized Si-C bond in the molecule (charges on Si and C3 are of *ca.* +1.37 e and *ca.* -0.55 e, respectively).

Table 7. NBO charges^a for PTS calculated using B3LYP/6-311++G(d,p) level^b.

Atom	NBO charge
C1	-0.20027
C2	-0.16992
C3	-0.55066
C4	-0.16982
C5	-0.20024
C6	-0.17751
H7	0.21246
H8	0.21694
H9	0.21673
H10	0.21247
H11	0.21074
Si12	1.36691
Cl13	-0.32100
Cl14	-0.32341
Cl15	-0.32344

^a Electron unit; $e = 1.60217646 \times 10^{-19}$ C.

^b Fig. 1 shows atom numbers.

Surface map of Molecular Electrostatic Potential (MEP) of PTS was drawn using GaussView5, and given in Fig. 5. The map visualizes charge regions of the molecule. In scale bar, the red and blue colours indicate negative and positive values, respectively. These values are between -1.544×10^{-2} (max. red region) and $+1.544 \times 10^{-2}$ (max. blue region). The map of PTS showed that the negative electrostatic potentials (red region, electrophilic attack) were intensified around the Cl atoms while the maximum

electrostatic potential (blue region, nucleophilic attack) were intensified around the H atoms. From Fig. 5, it can be seen that between Si and Cl atoms attraction is more concentrated.

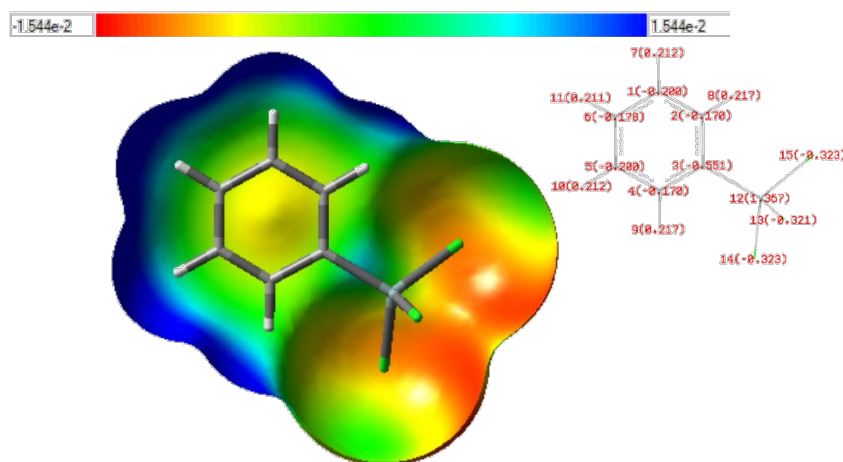


Figure 5. MEP surface for PTS (inset natural charges), calculated using B3LYP/6-311++G(d,p) level.

4. Conclusions

PTS molecule in minimum energy state were calculated theoretically in gas phase using DFT-B3LYP/6-311++G(d,p) method. The donor-acceptor orbital interactions of PTS were analyzed using the NBO method. The hybridization was found to be in p-orbitals. π - π^* transitions were observed in the ring due to delocalization. Depending on the orbital interactions, stabilization energies of PTS were calculated considering for the highest values. These interactions were observed between C atoms. Total stabilization energy for C-C orbital interactions was found *ca.* 506.57 kJ mol⁻¹. TD-DFT calculations were carried out to explore the electronically excited states of PTS and found π system was clearly dominant. . HOMA index for PTS ring was 0.974. HOMO-LUMO energy difference was calculated as *ca.* 6.04 eV, and orbital distributions were drawn. It was found that Si-C3 bond has the highest polarized using NBO charge analysis. MEP surface of PTS was plotted and analyzed.

References

- Becke, A.D., (1988). Density-functional exchange-energy approximation with correct asymptotic behavior. *Phys. Rev. A*, 38, 3098-3100.
- Francis A. Carey, Richard J. Sundberg. (2007). *Advanced Organic Chemistry: Part A: Structure and Mechanisms*. 5th Ed., Springer: USA.
- Cech, J., Taboryski, R. (2012). Stability of FDTS monolayer coating on aluminum injection molding tools, *Applied Surface Science*, 259, 538–541.
- Child, T. F. and Ooij, W. J. van. (1999). Application of silane technology to prevent corrosion of metals and improve paint adhesion, *Transactions of the Institute of Metal Finishing*, 77(2), 64–70.

- Dennington, R., Keith, T., and Millam, J. (2009). *GaussView, Version 5*. Semichem Inc., Shawnee Mission, KS.
- Fester, G. W., Eckstein, J., Gerlach, D., Wagler, J., Brendler, E., and Kroke, E. (2010). Reactions of hydridochlorosilanes with 2,2'-bipyridine and 1,10-phenanthroline: Complexation versus dismutation and metal-catalyst-free 1,4-hydrosilylation, *Inorganic Chemistry*, 49(6), 2667–2673.
- Filtvedt, W. O., Holt, A., Ramachandran, P. A., and Melaaen, M. C. (2012). Chemical vapor deposition of silicon from silane: Review of growth mechanisms and modeling/scaleup of fluidized bed reactors, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 107, 188–200.
- Fishman, O. S. (2008). Solar silicon, *Advanced Materials and Processes*, 166(9), 39–40.
- Frisch, M. J., Trucks, G. W., Schlegel, H. B., Scuseria, G. E., Robb, M. A., Cheeseman, J. R., Scalmani, G., Barone, V., Mennucci, B., Petersson, G. A., Nakatsuji, H., Caricato, M., Li, X., Hratchian, H. P., Izmaylov, A. F., Bloino, J., Zheng, G., Sonnenberg, J. L., Hada, M., Ehara, M., Toyota, K., Fukuda, R., Hasegawa, J., Ishida, M., Nakajima, T., Honda, Y., Kitao, O., Nakai, H., Vreven, T., Montgomery, J. A., Peralta Jr, J. E., Ogliaro, F., Bearpark, M., Heyd, J. J., Brothers, E., Kudin, K. N., Staroverov, V. N., Kobayashi, R., Normand, J., Raghavachari, K., Rendell, A., Burant, J. C., Iyengar, S. S., Tomasi, J., Cossi, M., Rega, N., Millam, J. M., Klene, M., Knox, J. E., Cross, J. B., Bakken, V., Adamo, C., Jaramillo, J., Gomperts, R., Stratmann, R. E., Yazyev, O., Austin, A. J., Cammi, R., Pomelli, C., Ochterski, J. W., Martin, R. L., Morokuma, K., Zakrzewski, V. G., Voth, G. A., Salvador, P., Dannenberg, J. J., Dapprich, S., Daniels, A. D., Farkas, O., Foresman, J. B., Ortiz, J. V., Cioslowski, J., and Fox, D. J., 2009, *Gaussian 09, Revision A.0.2*, Gaussian, Inc., Wallingford CT.
- Glendening, E. D., Faust, R., Streitwieser, A., Vollhardt, K. P. C., and Weinhold, F. (1993). The Role of Delocalization in Benzene, *Journal of the American Chemical Society*, 115, 10952-10957.
- Kus, N., Breda, S., Reva, I., Tasal, E., Ogretir, C., and Fausto, R. (2007). FTIR Spectroscopic and Theoretical Study of the Photochemistry of Matrix-isolated Coumarin, *Photochemistry and Photobiology*, 83, 1237–1253.
- Kruszewski, J. and T. M. Krygowski. (1972). Definition of aromaticity basing on harmonic oscillator model. *Tetrahedron Letters*, 13, 3839–3842.
- Krygowski, T. M. (1993). Crystallographic studies of intermolecular and intramolecular interactions reflected in aromatic character of p-electron systems. *The Journal for Chemical Information and Computer Sciences*, 33, 70–78.
- Krygowski, T. M. and M. Cyranski. (1996). Separation of the energetic and geometric contributions to the aromaticity of p-electron carbocyclics. *Tetrahedron*, 52, 1713–1722.
- Lee, C., Yang, W., and Parr, R. G. (1988). Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density, *Physical Review B*, 37, 785–789.
- Lei, Y., Wu, B., Chan, W.-K. E., Zhu, F., and Ong, B. S. (2015). Engineering gate dielectric surface properties for enhanced polymer field-effect transistor performance, *Journal of Materials Chemistry C*, 3, 12267–12272.
- Liu, S.-S., Li, H., and Xiao, W.-D. (2015). Sintering effect on crystallite size, hydrogen bond structure and morphology of the silane-derived silicon powders, *Powder Technology*, 273, 40–46.
- Reed, A.E., Curtiss, L.A., and Weinhold, F., (1988). Intermolecular interactions from a natural bond orbital, donor-acceptor viewpoint. *Chemical Reviews*, 88, 899-926.
- Vorotyntsev, V. M., Mochalov, G. M., and Nipruk, O. V. (2001). Synthesis of monosilane by catalytic disproportionation of trichlorosilane in a reaction-rectification apparatus with recycle, *Russian Journal of Applied Chemistry*, 74(4), 621–625.
- Weinhold, F., and Landis, C. R. (2005). *Valency and Bonding. A Natural Bond Orbital Donor-Acceptor Perspective*. Cambridge University Press: New York.
- Witucki, G. L. (1993). A silane primer: Chemistry and applications of alkoxy silanes, *Journal of Coatings Technology*, 65(822), 57–60.
- Zhang, P., Duan, J., Chen, G., Li, J., and Wang, W. (2018). Production of polycrystalline silicon from silane pyrolysis: A review of fines formation, *Solar Energy*, 175, 44–53.

$A_w(p, q)(G)$ Banach Cebirinin İdealleri

Selim NUMAN^{1*}

¹Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Giresun, TÜRKİYE

*Sorumlu Yazar: selim.numan@giresun.edu.tr

Geliş Tarihi: 03.03.2020

Kabul Tarihi: 05.05.2020

Öz

Bu çalışmada w , Beurling-Domar (kısaca BD.) koşulunu sağlayan bir Beurling ağırlık fonksiyonu olmak üzere $A_w(p, q)(G)$ uzayının (Cigler,1969) tarafından tanımlanan bir $S_w(G)$ uzayı olduğu ve girişim işlemine göre soyut Segal cebiri olduğu gösterildi. (Blozinski,1972) çalışmasından yararlanılarak $A_w(p, q)(G)$ uzayının idealleri ve regüler maksimal idealleri araştırıldı.

Anahtar Kelimeler: Banach Cebiri, Girişim İşlemi, Fourier Dönüşümü, Karakter Grubu.

İdeals Of $A_w(p, q)(G)$ Banach Algebra

Abstract

In this study, w is a Beurling weight function that provides the Beurling-Domar (briefly BD.) Condition. It was shown that $A_w(p, q)(G)$ space is an $S_w(G)$ space defined by (Cigler, 1969) and is an abstract Segal algebra according to the interference process. (Blozinski,1972), the ideal and regular maximal ideals of $A_w(p, q)(G)$ space were investigated.

.Keywords: Banach Algebra, Convolution, Fourier Transform, Character Group.

1. Giriş

(Burnham,1972) adlı makalesinde Banach cebirleri için Soyut Segal cebiri tanımı vererek bu cebirler için kapalı ideal ve regüler maksimal ideal uzaylarını araştırmıştır. Biz bu çalışmada w , Beurling ağırlık fonksiyonu olmak üzere bir $A_w(p, q)(G)$ uzayı tanımlayıp ve bu uzayı bir norm ile donatıp bu norma ve girişim işlemine göre bu uzayın Banach cebiri olduğunu gösterip (Burnham,1972) çalışmasından yararlanarak bu uzayın kapalı idealleri ve regüler maksimal ideal uzaylarını araştırdık.

Şimdi makalede kullanılacak önemli tanım ve teoremleri verelim.

1.1.Tanım: X topolojik uzayı üzerinde tanımlı ve karmaşık değerli bir f fonksiyonu verildiğinde $\{x \in X | f(x) \neq 0\}$ kümesinin kapanışına f fonksiyonunun desteği denir ve $\text{supp} f$ ile gösterilir.

1.2.Tanım: G lokal kompakt Abel grubu $(B, \|\cdot\|_B)$ de G üzerinde tanımlı fonksiyonların bir Banach uzayı olsun. Her $f \in B$ ve $x, y \in G$ için $L_x f(y) = f(x \cdot y)$ şeklinde tanımlanmış $L_x f$ fonksiyonu için $L_x f \in B$ koşulunu sağlıyorsa B uzayına ötelemeler altında invaryanttır denir. Yine $\|L_x f\|_B = \|f\|_B$ koşulu sağlanıyorsa bu takdirde $(B, \|\cdot\|_B)$ Banach uzayına ötelemeler altında kuvvetli invaryanttır denir (Feichtinger ve Gürkanlı, 1990).

Bu makalede bir G lokal kompakt Abel grubunun \hat{G} (veya Γ) ile gösterilen karakter grubu (dual grup) sık sık kullanılacaktır. Şimdi bu tanımı verelim.

1.3.Tanım: γ , bir G lokal kompakt Abel grubu üzerinde tanımlı, karmaşık değerli bir fonksiyon olsun. Eğer her $x \in G$ için $|\gamma(x)| = 1$ ve her $x, y \in G$, için $\gamma(x + y) = \gamma(x) \cdot \gamma(y)$ koşulları sağlanıyorsa bu takdirde γ ya G grubunun bir karakteri denir. G nin bütün sürekli karakterlerinin kümesini \hat{G} (veya Γ) ile gösterelim. Bu \hat{G} kümesi her $x \in G$ ve her $\gamma_1, \gamma_2 \in \hat{G}$ için

$$(\gamma_1 + \gamma_2)(x) = \gamma_1(x) \gamma_2(x)$$

işlemine göre bir grup oluşturur. Bu gruba G nin karakter grubu (veya dual grup) denir (Rudin, 1960).

1.4.Tanım: G lokal kompakt Abel grubu olsun. her $x, y \in G$, için $|\gamma(x)| \neq 0$ ve $\gamma(x+y) = \gamma(x) \cdot \gamma(y)$ koşullarını sağlayan G üzerinde tanımlı, karmaşık değerli ve sürekli her γ fonksiyonuna G nin genelleştirilmiş karakteri denir (Wang, 1977).

Yine G nin her karakterinin genelleştirilmiş karakter olduğu açıktır.

1.5.Tanım: G lokal kompakt Abel grubu olmak üzere G üzerinde tanımlı, karmaşık değerli f ve g Borel ölçülebilir fonksiyonları verilsin.

$$\int_G |f(x-y)g(y)|dy < \infty$$

koşulunu sağlayan f ve g fonksiyonları için girişim işlemi $f * g$ simgesi ile gösterilir ve

$$(f * g)(x) = \int_G f(x-y)g(y)dy$$

biçiminde tanımlanır (Rudin,1960).

Şimdi makalede çok fazla kullanacağımız ağırlık fonksiyonu (Beurling'in) ve ağırlıklı uzay tanımlarını verelim.

1.6.Tanım: G lokal kompakt Abel grubu olmak üzere G üzerinde tanımlı, reel değerli bir w fonksiyonu aşağıdaki koşulları sağlıyorsa bu w fonksiyonuna bir ağırlık fonksiyonu (veya Beurling ağırlık fonksiyonu) denir (Reiter,1968).

(i) Her $x \in G$ için $w(x) = 1$

(ii) Her $x, y \in G$ için $w(x+y) \leq w(x)w(y)$

(iii) w fonksiyonu ölçülebilir ve lokal sınırlıdır (yani G nin her kompakt alt kümesinde sınırlı).

Yine w, ağırlık fonksiyonu olmak üzere bir $\| \cdot \|_{1,w}$ fonksiyonunu

$$\|f\|_{1,w} = \int_G |f(x)|w(x) dx$$

biçiminde tanımlıyalım. Bu takdirde $\|f\|_{1,w} < \infty$ olacak şekildeki f fonksiyonlarının denklik sınıfından oluşan küme $L^1_w(G)$ ile gösterilir. Bu küme $\| \cdot \|_{1,w}$ normuna ve girişim işlemine göre bir Banach cebiridir. Bu cebir Beurling cebiri olarak bilinir (Reiter,1968).

Ayrıca w, ağırlık fonksiyonu olmak üzere her $x \in G$ için

$$\sum_{n \geq 1} n^{-2} \log(w(nx)) < \infty$$

koşulu sağlanırsa w ağırlık fonksiyonu Beurling-Domar (kısaca BD) koşulunu sağlıyor denir.

1.7.Tanım: G lokal kompakt Abel grubu ve \hat{G} de onun dual grubu olsun. Herhangi bir $f \in L^1(G)$ fonksiyonunun fourier dönüşümü \hat{f} ile gösterilir ve $\gamma \in \hat{G}$ olmak üzere

$$\hat{f}(\gamma) = \int_G f(x)\overline{\gamma(x)} dx$$

şeklinde tanımlanır (Rudin,1960).

Eğer w ağırlık fonksiyonu (BD) koşulunu sağlıyorsa bu takdirde $L_w^1(G)$ uzayının Fourier dönüşümü kompakt destekli elemanlarının kümesinin $L_w^1(G)$ uzayında her yerde yoğun olduğu biliniyor (Domar,1956).

1.8.Tanım: G lokal kompakt Abel grubu ve μ de onun üzerinde bir Haar ölçümü olsun. Yine f , G üzerinde tanımlı, ölçülebilir ve karmaşık değerli bir fonksiyon olmak üzere her $y > 0$ için $\lambda_f(y) = \mu\{x \in G \mid |f(x)| > y\}$ biçiminde tanımlanan λ_f fonksiyonuna dağılım (distribution) fonksiyonu denir. Her $t > 0$ olmak üzere $f^*(t) = \sup\{y > 0 \mid \lambda_f(y) > t\}$ şeklinde tanımlanan f^* fonksiyonuna f fonksiyonunun rearrangementi denir. Yine her $t > 0$ için

$f^{**}(t) = \frac{1}{t} \int_0^t f^*(x) dx$ biçiminde tanımlanan f^{**} fonksiyonuna ise f fonksiyonunun ortalama fonksiyonu denir (Hunt,1966).

1.9.Tanım: G lokal kompakt Abel grubu μ de onun üzerinde bir Haar ölçümü olsun. f , G üzerinde tanımlı, karmaşık değerli ve ölçülebilir bir fonksiyon olmak üzere bir $\| \cdot \|_{(p,q)}$ fonksiyonunu

$$\|f\|_{(p,q)}^* = \begin{cases} \left(\frac{q}{p} \int_0^\infty t^{\frac{q}{p}-1} [f^*(t)]^q d\mu(t) \right)^{\frac{1}{q}}, & 0 < p, q < \infty \\ \sup_{t>0} t^{\frac{1}{p}} f^*(t) & , 0 < p \leq \infty, \quad q = \infty \end{cases}$$

biçiminde tanımlıyalım. Bu takdirde $\|f\|_{(p,q)}^* < \infty$ olacak şekildeki f fonksiyonlarının denklik sınıfının meydana getirdiği küme $L(p,q)$ ile gösterilir ve Lorentz uzayı olarak adlandırılır (Hunt,1966).

Ayrıca bu $L(p,q)$ uzayının $L^p(G)$ uzayları ile de ilişkisi vardır. Eğer $p = q$ olarak alınırsa,

$\|f\|_{(p,q)}^* = \left(\int_G |f(x)|^p d\mu(x) \right)^{\frac{1}{p}} = \|f\|_p$ olup $L(p,p)(G) = L^p(G)$ elde edilir (Halmos,1950). Bu ise bilinen $L^p(G)$ Lebesgue uzayıdır. $L(p,q)(G)$ uzayında

$$\|f\|_{(p,q)} = \begin{cases} \left(\frac{q}{p} \int_0^\infty t^{\frac{q}{p}-1} [f^{**}(t)]^q d\mu(t) \right)^{\frac{1}{q}}, & 0 < p, q < \infty \\ \sup_{t>0} t^{\frac{1}{p}} f^{**}(t) & , 0 < p \leq \infty, \quad q = \infty \end{cases} \quad \text{şeklinde tanımlanan}$$

$\|f\|_{(p,q)}$ fonksiyonunun bir norm olduğu ve bu norma göre $L(p,q)(G)$ uzayının bir Banach uzayı olduğu biliniyor (Hunt,1966). Yine $\| \cdot \|_{(p,q)}^*$ ve $\| \cdot \|_{(p,q)}$ fonksiyonları arasında ise

$1 < p < \infty$, $1 \leq q \leq \infty$ olmak üzere $\|f\|_{(p,q)}^* \leq \|f\|_{(p,q)} \leq \frac{p}{p-1} \|f\|_{(p,q)}^*$ eşitsizliği vardır (Hunt,1966),(Chen ve Lai,1975).

2. Materyal ve Metod

2.1.Tanım: G lokal kompakt Abel grubu, $S(G)$ kümesi de $L^1(G)$ uzayının aşağıdaki koşulları sağlayan bir alt cebiri olsun. Bu takdirde $S(G)$ uzayına Segal cebiri denir (Reiter,1968).

(i) $S(G)$, $L^1(G)$ uzayında her yerde yoğun ve ötelemeler altında invaryanttır. Yani herhangi $f \in S(G)$ ve $a \in G$ için $L_a f \in S(G)$ olur.

(ii) $S(G)$ uzayı $\|\cdot\|_s$ normuna ve girişim işlemine göre Banach cebiridir.

(iii) Herhangi $f \in S(G)$ ve $a \in G$ için $\|L_a f\|_s = \|f\|_s$ eşitliği vardır.

(iv) Herhangi $f \in S(G)$ ve $\varepsilon > 0$ sayısı verildiğinde her $y \in U$ için $\|L_y f - f\|_s < \varepsilon$ olacak şekilde birimin bir U komşuluğu vardır.

Şimdi de tanımlamış olduğumuz $A_w(p, q)(G)$ uzayının ideallerini incelerken kullanacağımız bazı tanım ve teoremleri verelim.

2.2.Tanım: A bir cebir I da A 'nın bir alt vektör uzayı olsun. Her $x \in A$ için $xI \subset I$ ($I \subset xI$) oluyorsa I 'ya A 'nın bir sol(sağ) ideali denir. Eğer I hem sol hemde sağ ideal ise buna iki taraflı ideal denir. Yine $I \subset A$ ideali $I \neq A$ koşulunu ağılıyorsa I 'ya A 'nın bir has ideali denir. I , A 'nın bir has ideali olsun. $I \subset J$ olacak şekilde A 'nın bir J sol (sağ veya iki taraflı) ideali olduğunda

$I = J$ veya $J = A$ oluyorsa bu takdirde I 'ya A 'nın maksimal ideali denir. Yine her $x \in A$ için $xu - x \in I$ ($ux - x \in I$) olacak şekilde bir $U \in A$ varsa bu takdirde I idealine A 'nın bir regüler maksimal ideal uzayı denir (Larsen,1973).

A değişmeli bir Banach cebiri olsun. $\Delta(A)$ ile A 'da ki M regüler maksimal ideallerinin kümesini gösterelim. Bu takdirde $\Delta(A)$ ya A 'nın regüler maksimal ideal uzayı denir (Larsen,1973).

2.3.Tanım: $(B, \|\cdot\|_B)$ bir normlu uzay ve $(A, \|\cdot\|_A)$ bir Banach cebiri olsun. $(B, \|\cdot\|_B)$ normlu uzayına aşağıdaki koşulları sağlarsa $(A, \|\cdot\|_A)$ Banach cebirine göre soyut Segal cebiri denir (Chen ve Lai,1975).

(i) B , A 'nın her yerde yoğun ideali ve $\|\cdot\|_B$ normuna göre Banach cebiridir.

(ii) Her $f \in B$ için $\|f\|_A \leq M\|f\|_B$ olacak şekilde bir $M > 0$ sayısı vardır.

(iii) Her $f, g \in B$ için $\|fg\|_B \leq c\|f\|_A\|g\|_B$ olacak şekilde bir $c > 0$ sayısı vardır.

2.4.Teorem: B , A Banach cebirine göre $P(r,1)$ özelliğini sağlayan bir soyut Segal cebiri olsun. Bu takdirde aşağıdaki özellikler sağlanır.

(i) Eğer J , A 'da kapalı bir ideal ise bu takdirde $J \cap B$ de B 'de kapalı bir idealdir.

(ii) Eğer I, B 'de kapalı bir ideal ise bu takdirde \bar{I} kümesi de (Burada ki kapanış A uzayındaki topolojiye göredir) A 'da kapalı olup $I = \bar{I} \cap B$ eşitliği vardır (Burnham,1972).

2.5.Tanım: A değişmeli bir Banach cebiri ve $\Delta(A)$ da onun regüler maksimal ideal uzayını gösterebilir.

Her $x \in A$ elemanı $\Delta(A)$ üzerinde tanımlı

$$\hat{x}(h) = h(x) \quad , \quad (h \in \Delta(A))$$

eşitliği ile verilen bir \hat{x} fonksiyonu tanımlar. Böylece \hat{x} fonksiyonu $\Delta(A)$ üzerinde tanımlı, karmaşık değerli ve sürekli bir fonksiyondur. Ayrıca \hat{x} fonksiyonu $\Delta(A)$ üzerinde tanımlı, sürekli ve sonsuzda sıfır olan fonksiyonların uzayı $C_0(\Delta(A))$ ya aittir. Bunun sonucu eğer

$$\hat{A} = (\hat{x} | x \in A)$$

denirse $\hat{A} \subset C_0(\Delta(A))$ olur. Yine $x \rightarrow \hat{x}$ dönüşümü A 'dan \hat{A} uzayına bir homomorfizmdir. Bu \hat{x} fonksiyonuna x in Gelfand dönüşümü denir (Rudin,1960).

2.6.Teorem(Gelfand Teoremi): A değişmeli bir Banach cebiri olsun. Bu takdirde her A değişmeli bir Banach cebiri olsun. Bu takdirde her $x \in A$ için

$$\lim_n \|x^n\|^{\frac{1}{n}} = \|\hat{x}\|_\infty$$

eşitliği vardır. Burada $\|\hat{x}\|_\infty$ normu $\tau \in \Delta(A)$ olmak üzere

$$\|\hat{x}\|_\infty = \sup_{\tau \in \Delta(A)} |\hat{x}(\tau)|$$

biçiminde tanımlıdır (Larsen,1973).

2.7.Tanım: A değişmeli bir Banach cebiri olsun.Eğer A üzerindeki Gelfand dönüşümü birebir ise bu takdirde A cebirine yarı-basit (semisimple)denir.

Yine biliniyor ki bu değişmeli A Banach cebirinin yarı-basit olması için gerekli ve yeterli koşul her $x \in A$ için $\|\hat{x}\|_\infty = 0$ olduğunda $x = 0$ olmasıdır (Larsen,1973).

Şimdi ifade edeceğimiz teorem $A_w(p, q)(G)$ uzayının maksimal ideal uzayını bulmak için bize gerekli olacaktır.

2.8.Teorem: B, A değişmeli Banach cebiri üzerinde bir soyut Segal cebiri olsun. Bu zaman aşağıdaki özellikler sağlanır.

(i) B 'nin regüler maksimal ideal uzayı A 'nın regüler maksimal ideal uzayına homeomorftur.

(ii) B 'nin yarı-basit olması için gerekli ve yeterli koşul A 'nın yarı-basit olmasıdır (Burnham,1972).

(Cigler,1969) tarafından bir $S_w = S_w(G)$ uzayı şu şekilde tanımlandı.

2.9.Tanım: G lokal kompakt Abel grubu olmak üzere $S_w = S_w(G)$ uzayı $L_w^1(G)$ uzayının aşağıdaki koşulları sağlayan bir alt cebiri olsun.

(i) $S_w, L_w^1(G)$ uzayında heryerde yoğundur.

(ii) S_w uzayı $\|\cdot\|_{s_w}$ normuna göre bir Banach cebiri olup ötelemeler altında invaryanttır.

(iii) Herhangi $f \in S_w$ ve $y \in G$ için $\|L_y f\|_{s_w} \leq w(y)\|f\|_{s_w}$ eşitsizliği sağlanır.

(iv) Herhangi $f \in S_w$ ve $\varepsilon > 0$ sayısına karşılık her $y \in U$ için $\|L_y f - f\|_{s_w} < \varepsilon$ eşitsizliği sağlanır.

(v) Herhangi $f \in S_w$ için $\|f\|_{1,w} \leq \|f\|_{s_w}$ eşitsizliği vardır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1.Tanım: Bir $A_w(p, q)(G)$ kümesini $1 \leq p, q < \infty$ olmak üzere

$A_w(p, q)(G) = \{f \in L_w^1(G) | \hat{f} \in L(p, q)(\Gamma)\}$ şeklinde tanımlıyalım.

3.2.Önerme: $A_w(p, q)(G)$ uzayı karmaşık sayılar cismi üzerinde vektör uzayıdır.

Şimdi bu vektör uzayı üzerine $f \in A_w(p, q)(G)$ olmak üzere

$$\|f\|_{A_w} = \|f\|_{1,w} + \|\hat{f}\|_{(p,q)}$$

fonksiyonu tanımlıyalım. Bu fonksiyon iki normun toplamı olduğundan bir norm olup $(A_w(p, q)(G), \|\cdot\|_{A_w})$ bir normlu uzay olur.

3.3.Önerme: $A_w(p, q)(G)$ uzayı $\|\cdot\|_{A_w}$ normuna göre bir Banach uzayıdır.

İspat: $A_w(p, q)(G)$ normlu uzayında herhangi bir $(f_n)_{n \in \mathbb{N}}$ Cauchy dizisi verilsin. Cauchy dizisi

tanımı gereğince herhangi $\varepsilon > 0$ sayısı verildiğinde her $m, n \geq n_0$ için $\|f_n - f_m\|_{A_w} = \|f_n - f_m\|_{1,w} + \|\hat{f}_n - \hat{f}_m\|_{(p,q)} < \varepsilon$ olacak şekilde bir $n_0 \in \mathbb{N}$ sayısı vardır. Buradan

$\|f_n - f_m\|_{1,w} < \varepsilon$ ve $\|\hat{f}_n - \hat{f}_m\|_{(p,q)} < \varepsilon$ bulunur. Bu ise $(f_n)_{n \in \mathbb{N}}$ dizisinin $L_w^1(G)$ ve $(\hat{f}_n)_{n \in \mathbb{N}}$

dizisinin de $L(p, q)(\Gamma)$ uzayında Cauchy dizisi olduğunu gösterir. $L_w^1(G)$ ve $L(p, q)(\Gamma)$ uzayları

Banach uzayı olduklarından $(f_n)_{n \in \mathbb{N}}$ dizisi $L_w^1(G)$ nin bir $f \in L_w^1(G)$ ve $L(p, q)(\Gamma)$ nin bir $g \in$

$L(p, q)(\Gamma)$ elemanına yakınsar. Böylece verilen herhangi $\varepsilon > 0$ sayısı için her $n \geq n_1$ olduğunda

$$\|f_n - f\|_{1,w} \leq \frac{\varepsilon}{3} \tag{1}$$

olacak şekilde $n_1 \in \mathbb{N}$ sayısı ve her $n \geq n_2$ olduğunda

$$\|\hat{f}_n - g\|_{(p,q)} \leq \frac{\varepsilon}{3} \quad (2)$$

olacak şekilde bir $n_2 \in \mathbb{N}$ sayısı vardır. Yine (1) eşitsizliği kullanılırsa

$$\|\hat{f}_n - \hat{f}\|_{\infty} \leq \|f_n - f\|_1 \leq \|f_n - f\|_{1,w} \leq \frac{\varepsilon}{3} \text{ olup}$$

$$\|\hat{f}_n - \hat{f}\|_{\infty} \leq \frac{\varepsilon}{3} \quad (3)$$

bulunur. Öte yandan $q < \infty$ olmak üzere her $f \in L(p, q)(\Gamma)$ için

$$\|f\|_{(p,\infty)}^* \leq \|f\|_{(p,q)}^* \quad (4)$$

eşitsizliği biliniyor (Hunt,1966). Ayrıca her $f \in L(p, q)(\Gamma)$ için

$$\|f\|_{p,q}^* \leq \|f\|_{(p,q)} \quad (5)$$

eşitsizliği de biliniyor (Chen ve Lai,1975). O halde (4) ve (5) eşitsizlikleri birleştirilirse

$$\|f\|_{(p,\infty)}^* \leq \|f\|_{p,q}^* \leq \|f\|_{(p,q)} \quad (6)$$

eşitsizliği elde edilir. Böylece her $n \geq n_2$ için

$$\|\hat{f}_n - g\|_{(p,\infty)}^* \leq \|\hat{f}_n - g\|_{(p,q)} \leq \varepsilon$$

olduğundan $\|\hat{f}_n - g\|_{(p,\infty)}^* \leq \varepsilon$ bulunur. Yani,

$$\|\hat{f}_n - g\|_{(p,\infty)}^* = \sup_{t>0} t^{\frac{1}{p}} (\hat{f}_n - g)^*(t) \leq \varepsilon$$

olur. Halbuki

$$\sup_{t>0} t^{\frac{1}{p}} (\hat{f}_n - g)^*(t) = \sup_{y>0} y [\lambda_{\hat{f}_n - g}(y)]^{\frac{1}{p}}$$

olduğundan (Hunt,1966), $\sup_{y>0} y \left[\lambda_{\hat{f}_n - g}(y) \right]^{\frac{1}{p}} \leq \varepsilon$ olup buradan her $y > 0$ için $\lambda_{\hat{f}_n - g}(y) \leq \varepsilon$ yazılır. Böylece her $y > 0$ ve her $n \geq n_0$ için

$$\lambda_{\hat{f}_n - g}(y) = \mu(\{x \in \Gamma \mid |\hat{f}_n(x) - g(x)| > y\}) \leq \varepsilon$$

olur. Bu ise (\hat{f}_n) dizisinin ölçüm içinde $g \in L(p, q)(\Gamma)$ elemanına yakınsaması demektir. O halde (\hat{f}_n) dizisinin g fonksiyonuna hemen hemen her yerde yakınsayan bir (\hat{f}_{n_k}) alt dizisi vardır (Halmos,1950). Dolayısıyla (\hat{f}_{n_k}) alt dizisinin g fonksiyonuna yakınsamadığı noktaların kümesini A ile gösterirsek $\mu(A) = 0$ olur. O halde aynı $\varepsilon > 0$ sayısı verildiğinde her $x \in G - A$ için her $n_k \geq m_1$ olduğunda

$$|\hat{f}_{n_k}(x) - g(x)| \leq \frac{\varepsilon}{3} \quad (7)$$

olacak şekilde bir $m_1 \in N$ sayısı vardır.

Yine $(f_n)_{n \in N}$ dizisi $L^1_w G$ uzayında Cauchy dizisi olduğundan aynı $\varepsilon > 0$ ve her $n, n_k \geq m_2$ olduğunda

$$\|f_n - f_{n_k}\|_{1,w} \leq \frac{\varepsilon}{3} \quad (8)$$

olacak şekilde bir $m_2 \in N$ sayısı vardır. Şimdi $m_0 = \max\{n_1, m_1, m_2\}$ diyelim ve n, n_k sayılarını $n, n_k \geq m_0$ olacak şekilde seçerek sabitleştirelim. O halde her $x \in G - A$ için

$$\begin{aligned} |\hat{f}(x) - g(x)| &= |\hat{f}(x) - \hat{f}_n(x) + \hat{f}_n(x) - \hat{f}_{n_k}(x) + \hat{f}_{n_k}(x) - g(x)| \leq \\ &\leq |\hat{f}(x) - \hat{f}_n(x)| + |\hat{f}_n(x) - \hat{f}_{n_k}(x)| + |\hat{f}_{n_k}(x) - g(x)| \\ &\leq \|\hat{f}_n - \hat{f}\|_{\infty} + \|\hat{f}_n - \hat{f}_{n_k}\|_{\infty} + |\hat{f}_{n_k}(x) - g(x)| \\ &\leq \|f_n - f\|_{1,w} + \|f_n - f_{n_k}\|_{1,w} + |\hat{f}_{n_k}(x) - g(x)| \leq \frac{\varepsilon}{3} + \frac{\varepsilon}{3} + \frac{\varepsilon}{3} = \varepsilon \end{aligned}$$

olup böylece hemen hemen heryerde $\hat{f}(x) = g(x)$ elde edilir. Yine $L(p, q)(\Gamma)$ uzayının elemanları denklik sınıfından oluştuğu için $\hat{f} = g$ olur. Buradan $k_0 = \max\{n_1, n_2\}$ dersek her $n \geq k_0$ olduğunda

$$\|f_n - f\|_{A_w} = \|f_n - f\|_{1,w} + \|\hat{f}_n - \hat{f}\|_{(p,q)} \leq \frac{\varepsilon}{3} + \frac{\varepsilon}{3} = \frac{2\varepsilon}{3} < \varepsilon$$

elde edilir. O halde $A_w(p, q)(G)$ uzayı bir Banach uzayıdır.

3.4. Teorem: $A_w(p, q)(G)$ uzayı girişim işlemine göre Banach cebiridir.

İspat: $A_w(p, q)(G)$ uzayının bir Banach uzayı olduğu 3.3. Önerme de gösterildi. Şimdi herhangi $f, g \in A_w(p, q)(G)$ alalım. Buradan $f, g \in L_w^1(G)$ ve $\hat{f}, \hat{g} \in L(p, q)(\Gamma)$ yazılır. $L_w^1(G)$ girişim işlemine göre Banach cebiri olduğundan (Reiter, 1968),

$$\|f * g\|_{1,w} \leq \|f\|_{1,w} \|g\|_{1,w} \quad (9)$$

eşitsizliği yazılır. Eğer $A = \|\hat{f}\|_{\infty}$ dersek,

$$\begin{aligned} \lambda_{\hat{f}\hat{g}}(y) &= \mu(\{x \in \Gamma \mid |\hat{f}(x)\hat{g}(x)| > y\}) \leq \mu(\{x \in \Gamma \mid |(\sup \hat{f}(x))\hat{g}(x)| > y\}) \\ &= \mu(\{x \in \Gamma \mid |(A\hat{g})(x)| > y\}) = \lambda_{A\hat{g}}(y) \end{aligned}$$

olur. Bunun sonucu

$$\begin{aligned} (\hat{f}\hat{g})^*(t) &= \sup\{y > 0 \mid \lambda_{\hat{f}\hat{g}}(y) > t\} \\ &\leq \sup\{y > 0 \mid \lambda_{A\hat{g}}(y) > t\} = (A\hat{g})^*(t) = A\hat{g}^*(t) \end{aligned}$$

ve buradan da

$$(\hat{f}\hat{g})^{**}(t) = \frac{1}{t} \int_0^t (\hat{f}\hat{g})^*(x) dx \leq \frac{1}{t} \int_0^t A(\hat{g})^*(x) dx = A \frac{1}{t} \int_0^t (\hat{g})^*(x) dx = A(\hat{g})^{**}(t)$$

bulunur. Böylece

$$\begin{aligned}\|\hat{f}\hat{g}\|_{(p,q)} &= \left(\frac{q}{p} \int_0^\infty t^{\frac{q}{p}-1} [(\hat{f}\hat{g})^{**}(t)]^q dt\right)^{\frac{1}{q}} \leq A \left(\frac{q}{p} \int_0^\infty t^{\frac{q}{p}-1} [(\hat{g})^{**}(t)]^q dt\right)^{\frac{1}{q}} \\ &= A\|\hat{g}\|_{(p,q)} = \sup_{x \in \Gamma} |\hat{f}(x)| \|\hat{g}\|_{(p,q)} = \|\hat{f}\|_\infty \|\hat{g}\|_{(p,q)}\end{aligned}\quad (10)$$

elde edilir. Eğer (9) ve (10) eşitsizlikleri birlikte kullanılırsa

$$\begin{aligned}\|f * g\|_{A_w} &= \|f * g\|_{1,w} + \|\hat{f}\hat{g}\|_{(p,q)} \leq \|f\|_{1,w} \|g\|_{1,w} + \|f\|_{1,w} \|\hat{g}\|_{(p,q)} \\ &= \|f\|_{1,w} (\|g\|_{1,w} + \|\hat{g}\|_{(p,q)}) \leq (\|f\|_{1,w} + \|\hat{f}\|_{(p,q)}) (\|g\|_{1,w} + \|\hat{g}\|_{(p,q)}) \\ &= \|f\|_{A_w} \|g\|_{A_w}\end{aligned}\quad (11)$$

çıkar. Banach cebiri olması için gerekli diğer koşulların ispatı kolaydır. O halde $A_w(p, q)(G)$ uzayı bir Banach cebiridir.

3.5. Teorem: $A_w(p, q)(G)$ uzayı $L_w^1(G)$ uzayında bir Banach idealidir.

İspat: Herhangi $f \in A_w(p, q)(G)$ ve $g \in L_w^1(G)$ alalım. $f \in A_w(p, q)(G)$ ise $f \in L_w^1(G)$ ve $\hat{f} \in L(p, q)(\Gamma)$ olur. Dolayısıyla $f, g \in L_w^1(G)$ ve $L_w^1(G)$ girişim işlemine göre Banach cebiri olduğundan

$$\|f * g\|_{1,w} \leq \|f\|_{1,w} \|g\|_{1,w} \quad (12)$$

eşitsizliğinin varlığı biliniyor. Yine 3.4. Teoremden dolayı

$$\|\hat{f}\hat{g}\|_{(p,q)} \leq \|\hat{f}\|_{(p,q)} \|g\|_{1,w} \quad (13)$$

eşitsizliği de biliniyor. Böylece (12) ve (13) eşitsizlikleri birlikte kullanılırsa

$$\begin{aligned}\|f * g\|_{A_w} &= \|f * g\|_{1,w} + \|\hat{f}\hat{g}\|_{(p,q)} \leq \|f\|_{1,w} \|g\|_{1,w} + \|\hat{f}\|_{(p,q)} \|g\|_{1,w} \\ &= (\|f\|_{1,w} + \|\hat{f}\|_{(p,q)}) \|g\|_{1,w} = \|f\|_{A_w} \|g\|_{1,w}\end{aligned}$$

eşitsizliği elde edilir ki bu ise istenendir.

3.6.Önerme: w ağırlık fonksiyonu, (BD.) koşulunu sağlamak üzere $1 \leq p, q < \infty$ için $A_w(p, q)(G)$ uzayının Fourier dönüşümü kompakt destekli olan bir yaklaşık birimseli vardır.

İSPAT: $A_w(p, q)(G)$ uzayında ötelemeler sürekli olduğundan herhangi bir $f \in A_w(p, q)(G)$ ve $\varepsilon > 0$ verildiğinde her $y \in U$ için

$$\|L_y f - f\|_{A_w} < \frac{\varepsilon}{2} \quad (14)$$

olacak şekilde orjinin bir U komşuluğu vardır. Yine $L_w^1(G)$ uzayının Fourier dönüşümler altındaki görüntü uzayı $F_w^1(\hat{G})$ nin bir standart cebir olduğu biliniyor (Reiter, 1968).

Bunun sonucu $\text{supp } k \subset U$ ve $\int_G k(y) dy = 1$ olacak şekilde bir $k \in C_c(G)$ vardır. Yine $y \rightarrow \|L_y f - f\|_{A_w}$ fonksiyonunun sürekliliğini göstermek kolaydır. Buradan $k * f - f = \int_G k(y)(L_y f - f) dy$ olup yukarıda verilen $\varepsilon > 0$ sayısı ve her $y \in U$ için

$$\begin{aligned} \|k * f - f\|_{A_w} &\leq \int_G k(y) \|L_y f - f\|_{A_w} dy = \int_U k(y) \|L_y f - f\|_{A_w} dy \\ &< \int_U k(y) \frac{\varepsilon}{2} dy = \frac{\varepsilon}{2} \int_U k(y) dy = \frac{\varepsilon}{2} \end{aligned} \quad (15)$$

elde edilir. Şimdi $F_{0,w}$ ile Fourier dönüşümü kompakt destekli fonksiyonların kümesini gösterelim. Buradan $k \in L_w^1(G)$ olur. Öte yandan w ağırlık fonksiyonu (BD.) koşulunu sağladığından $F_{0,w}$ kümesi $L_w^1(G)$ uzayında her yerde yoğun olup aynı $\varepsilon > 0$ sayısı için

$$\|k - h\|_{1,w} < \frac{\varepsilon}{2\|f\|_{A_w}} \quad (16)$$

olacak şekilde bir $h \in F_{0,w}$ vardır. Yine $C_c(\Gamma) \subset L(p, q)(\Gamma)$ kapsamı kullanılırsa (Yap, 1969), $\hat{h} \in L(p, q)(\Gamma)$ olup buradan $h \in A_w(p, q)(G)$ elde edilir. O halde aynı $\varepsilon > 0$ sayısı verildiğinde $A_w(p, q)(G)$ uzayının $L_w^1(G)$ modül olması ve (15) ile (16) eşitsizlikleri kullanılırsa

$$\begin{aligned} \|h * f - f\|_{A_w} &= \|h * f - k * f + k * f - f\|_{A_w} \\ &\leq \|h * f - k * f\|_{A_w} + \|k * f - f\|_{A_w} \\ &= \|(h - k) * f\|_{A_w} + \|k * f - f\|_{A_w} \end{aligned}$$

$$\leq \|h - k\|_{1,w} \|f\|_{A_w} + \|k * f - f\|_{A_w} < \frac{\varepsilon}{2\|f\|_{A_w}} \|f\|_{A_w} + \frac{\varepsilon}{2} = \varepsilon$$

elde edilir. Bu ise istenendir.

3.7.Önerme: w , (BD.) koşulunu sağlasın. Bu takdirde $A_w(p, q)(G)$ uzayı bir $S_w(G)$ uzayıdır.

İspat: Bir $F_{0,w}$ kümesini, $F_{0,w} = \{f \in L_w^1(G) | \hat{f} \in C_c(\Gamma)\}$ şeklinde tanımlıyalım. Eğer $C_c(\Gamma) \subset L(p, q)(\Gamma)$ kapsaması kullanılırsa

$$F_{0,w} = \{f \in L_w^1(G) | \hat{f} \in C_c(\Gamma)\} \subset \{f \in L_w^1(G) | \hat{f} \in L(p, q)(\Gamma)\} = A_w(p, q)(G),$$

$$F_{0,w} \subset A_w(p, q)(G) \subset L_w^1(G) \quad (17)$$

kapsaması elde edilir. Yine w , (BD.) koşulunu sağladığından $F_{0,w}$ kümesinin $L_w^1(G)$ uzayında heryerde yoğun olduğu biliniyor (Domar,1956). Dolayısıyla herhangi $f \in L_w^1(G)$ ve $\varepsilon > 0$ sayısı verildiğinde $\|f - g\|_{1,w} < \varepsilon$ olacak şekilde bir $g \in F_{0,w}$ vardır. Böylece (17) kapsamısından dolayı $g \in A_w(p, q)(G)$ olup $A_w(p, q)(G)$ uzayı $L_w^1(G)$ uzayında heryerde yoğun olur.

Yine 3.4.Teoreminden dolayı $A_w(p, q)(G)$ uzayının girişim işlemine göre Banach cebiri olduğu ve ötelemeler altında invaryant olduğu biliniyor.

Şimdi herhangi bir $f \in A_w(p, q)(G)$ alalım. Buradan $f \in L_w^1(G)$ ve $\hat{f} \in L(p, q)(\Gamma)$ olur. Bu $f \in L_w^1(G)$ ve herhangi $y \in G$ için

$$\|L_y f\|_{1,w} \leq w(y) \|f\|_{1,w} \quad (18)$$

olduğu ve (Avcı,1998) çalışmasından da

$$\|L_y f\|_{(p,q)} = \|M_{-y} \hat{f}\|_{(p,q)} = \|\hat{f}\|_{(p,q)} \quad (19)$$

eşitliği biliniyor. Böylece (18) ve (19) ifadeleri birlikte kullanılırsa

$$\begin{aligned} \|L_y f\|_{A_w} &= \|L_y f\|_{1,w} + \|L_y \widehat{f}\|_{(p,q)} \leq w(y) \|f\|_{1,w} + \|\hat{f}\|_{(p,q)} \\ &\leq w(y) \|f\|_{1,w} + w(y) \|\hat{f}\|_{1,w} = w(y) (\|f\|_{1,w} + \|\hat{f}\|_{(p,q)}) \\ &= w(y) \|f\|_{A_w} \end{aligned}$$

bulunur. Yine her $f \in A_w(p, q)(G)$ ve her $y \in G$ için G 'den $A_w(p, q)(G)$ uzayına giden $y \rightarrow L_y f$ fonksiyonu süreklidir. Ayrıca her $f \in A_w(p, q)(G)$ için

$\|f\|_{1,w} \leq \|f\|_{1,w} + \|\hat{f}\|_{(p,q)} = \|f\|_{A_w}$ olur. Öte yandan $A_w(p, q)(G)$, vektör uzayı ve girişim işlemine göre cebir olduğundan $A_w(p, q)(G)$ uzayı bir $S_w(G)$ uzayıdır.

3.8.Önerme: w , (BD.) koşulunu sağlasın. Bu takdirde $(A_w(p, q)(G), \|\cdot\|_{A_w})$ uzayı $(L_w^1(G), \|\cdot\|_{1,w})$ uzayında girişim işlemine göre soyut Segal cebiridir.

İspat: $L_w^1(G)$ uzayının girişim işlemine göre bir Banach cebiri olduğu biliniyor (Larsen,1973). Böylece $A_w(p, q)(G)$ uzayı girişim işlemine göre bir Banach cebiri olup dolayısıyla $L_w^1(G)$ uzayının bir alt cebiridir. Yine

- (i) w , (BD.) koşulunu sağladığından $A_w(p, q)(G)$ uzayının $L_w^1(G)$ uzayında her yerde yoğun olduğu 3.7.Önerme ve yine $L_w^1(G)$ uzayında bir ideal olduğu da 3.5.Teoremde ispatlandı.
- (ii) Her $f \in A_w(p, q)(G)$ için $\|f\|_{1,w} \leq \|f\|_{A_w}$ eşitsizliğinin varlığı normların tanımından hemen görülür.
- (iii) Herhangi $f \in A_w(p, q)(G)$ ve $g \in L_w^1(G)$ için $\|f * g\|_{A_w} \leq \|f\|_{A_w} \|g\|_{1,w}$ eşitsizliği 3.5.Teoremde gösterildi. Bu özelliklerden dolayı $A_w(p, q)(G)$ uzayı $L_w^1(G)$ uzayında bir soyut Segal cebiridir.

3.9.Önerme: w , (BD.) koşulunu sağlasın. Bu takdirde,

- (i) Eğer I , $(L_w^1(G), \|\cdot\|_{1,w})$ uzayının sağ kapalı (sol kapalı) ideali ise bu takdirde $I \cap A_w(p, q)(G)$, $(A_w(p, q)(G), \|\cdot\|_{A_w})$ uzayının sağ kapalı (sol kapalı) idealidir ve $I = \overline{I \cap A_w(p, q)(G)}$ olur. (Burada kapanış $L_w^1(G)$ uzayının $\|\cdot\|_{1,w}$ normuna göredir.)
- (ii) Eğer J , $A_w(p, q)(G)$ uzayında kapalı ideal ise bu takdirde \bar{J} , $L_w^1(G)$ uzayında kapalıdır ve $I = \bar{I} \cap A_w(p, q)(G)$ olur.

İspat: w , (BD.) koşulunu sağladığından $A_w(p, q)(G)$ uzayının $L_w^1(G)$ uzayında sınırlı ve fourier dönüşümü kompakt destekli bir $e(f)$ yaklaşık birimselinin varlığı 3.6.Önermeden biliniyor. Dolayısıyla $e(f)$ yaklaşık birimseli girişim işlemine göre değişmeli olup $A_w(p, q)(G)$ uzayında hem sağ hem de sol yaklaşık birimsel olduğundan bu önermenin ispatı (Chen ve lai,1975) çalışmasından dolayı tamamlanır.

$L_w^1(G)$ uzayının regüler maksimal ideal uzayının genelleştirilmiş karakterler olduğu biliniyor (Yap,1972).

3.10.Önerme: a) Eğer w , (BD.) koşulunu sağlıyorsa bu takdirde $A_w(p, q)(G)$ uzayının regüler maksimal ideal uzayı ile $L_w^1(G)$ uzayının regüler maksimal ideal uzayı aynı olup \hat{G} dual grubudur.

b) $A_w(p, q)(G)$ uzayı yarı-basittir.

İspat: a) $L_w^1(G)$ uzayının girişim işlemine göre bir değişmeli Banach cebiri olduğu biliniyor (Reiter,1968). Yine w , (BD.) koşulunu sağladığından 3.8.Önermeden dolayı $A_w(p, q)(G)$ uzayı

$L_w^1(G)$ uzayı üzerinde bir soyut Segal cebiridir. Böylece (Burnham,1972) den dolayı bu iki uzayın regüler maksimal ideal uzayı aynıdır. Öte yandan w , (BD.) koşulunu sağladığından $L_w^1(G)$ uzayının regüler maksimal ideal uzayı \hat{G} dual grubudur (Domar,1956). O halde $A_w(p, q)(G)$ uzayının regüler maksimal ideal uzayı da \hat{G} dual grubu olur.

b) $A_w(p, q)(G)$ bir değişmeli Banach cebiri olduğundan $A_w(p, q)(G)$ uzayının yarı-basit olması için her $f \in A_w(p, q)(G)$ alındığında $\|\hat{f}\|_\infty = 0$ olduğunda $f = 0$ olduğunu göstermek yeterlidir (Larsen,1973). Yine her $f \in A_w(p, q)(G)$ için

$$\lim_n \|f^n\|_1^{\frac{1}{n}} = \|\hat{f}\|_\infty \quad (20)$$

eşitliği de biliniyor (Larsen,1973). Şimdi herhangi bir $f \in L_w^1(G)$ alalım. f^n ile f fonksiyonunun n defa kendisi ile girişimini gösterelim. Buradan $f^n \in L_w^1(G)$ olup $L_w^1(G) \subset L_1(G)$ kapsamasından $f^n \in L_1(G)$ ve $\|f^n\|_1 \leq \|f^n\|_{1,w}$ eşitsizliğinden $\|f^n\|_1^{\frac{1}{n}} \leq \|f^n\|_{1,w}^{\frac{1}{n}}$ yazılır. Her iki tarafın $n \rightarrow \infty$ için limiti alınırsa

$$\lim_n \|f^n\|_1^{\frac{1}{n}} \leq \lim_n \|f^n\|_{1,w}^{\frac{1}{n}} \quad (21)$$

bulunur. Gelfand teoremi gereğince, $\|\hat{f}\|_\infty = \lim_n \|f^n\|_1^{\frac{1}{n}}$ ve $\|\hat{f}\|_\infty^l = \lim_n \|f^n\|_{1,w}^{\frac{1}{n}}$ ile gösterelim.

Böylece (21) eşitsizliğinden

$$\|\hat{f}\|_\infty \leq \|\hat{f}\|_\infty^l \quad (22)$$

elde edilir. Burada (22) eşitsizliği kullanılırsa $\|\hat{f}\|_\infty^l = 0$ olduğundan $\|\hat{f}\|_\infty = 0$ elde edilir. Yine $L_1(G)$ uzayının yarı-basit olduğu biliniyor (Larsen,1973). Buradan $f = 0$ elde edilir. Bu ise $L_w^1(G)$ uzayının yarı-basit olduğunu gösterir.

Yine $A_w(p, q)(G)$ uzayı $L_w^1(G)$ üzerinde girişim işlemine göre soyut Segal cebiri olduğundan (Chen ve Lai,1975), $A_w(p, q)(G)$ uzayı yarı-basittir.

Teşekkür

Yazar bu çalışmada yardım ve desteklerinden dolayı Prof. Dr. A. Turan GÜRKANLI'ya teşekkür eder. Bu çalışma yazarın doktora tezinden hazırlanmıştır (Numan, 1998).

Kaynaklar

- Avcı, H.,1998. Lorentz uzaylarının tensor çarpımları ve çarpanlar uzayı. Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, (94).
- Blozinski,A.P.,1972. On a convolution theorem for $L(p,q)$ spaces. Trans. of the Amer. Math. Society, Vol.164 (255- 265).
- Chen,Y.K.-Lai,H.C.,1975. Multipliers of the Lorentz spaces, Hokkaido Math. J. Vol.4 (247-267).
- Cigler,J.,1969. Normed ideals in $L^1(G)$, Indag Math. 31, (272-282).
- Domar,Y.,1956. Harmonic Analysis Based on Certain Commutative Banach Algebras, Acta Math. 96, (1-66).
- Feichtinger, H.G.-Gürkanlı, A.T.,1990. On a Family of Weighted Convolution Algebras, Internat J. Math. And Dci. Vol13, No 3, (517-526)
- Halmos, P.R.,1950. Measure Theory, Van Nostrand Company, INC. (304).
- Hunt, R.A., 1966. On $L(p,q)$ Spaces, Extrait de L'Enseignement Mathematique, T. XII, Fasc.4, (249-277).
- Larsen, R., 1973. Banach Algebras an Introduction, Marcel Dekker INC. New-York (345).
- Numan, S., (1998). $A_w(p,q)(G)$ Uzayı ve Onun Çarpanlar uzayı. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Reiter, H., 1968. Classical Harmonic Analysis and Locally Compact Groups, Oxford at the Clarendon Press (200).
- Rudin, W., 1960. Fourier Analysis on Groups, Interscience Publishers, New-York (285).
- Yap, L.Y.H., 1969. Some Remarks on Convolution Operators and $L(p,q)$ Spaces, Duke Math. J. Vol.36, (647-658).
- Yap,L.Y.H., 1972. On Two Classes of Subalgebras of $L^1(G)$, Proceedings of the Japan Acad., Vol.48, No.5 (314-319).
- Wang, H.C.,1977, Homogenous Banach Algebras, Marcel Dekker INC. New-York and Basel (204).

Sabit Yataklı Kurutucu ile Fındık Kavurma Prosesinde Kurutma Kinetiği Analizi

Mükrimin Şevket GÜNEY^{1*}

¹Giresun Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Giresun, Türkiye

Geliş Tarihi: 10.03.2020

Kabul Tarihi: 29.05.2020

*Sorumlu Yazar: guney80@giresun.edu.tr

Öz

Fındık özellikle çikolata endüstrisinde yaygın kullanılan önemli bir üründür. Dünya ticaretinde yıllık 3 milyar dolarlık bir yekün oluşturmaktadır. Yaklaşık 2 milyar dolarlık miktar ile ülkemizin önemli bir tarımsal ürün ihracat kalemini teşkil etmektedir. Fındık ürününde kavurma işlemi yoğun biçimde uygulanmaktadır. Çok yönlü parametrelere bağlı olan kavurma işlemi ürün üzerinde de belirgin birçok değişimlere yol açmaktadır. Kavurma fırını tarzları, hava hızı ve hareketleri gibi faktörler önem kazanmaktadır. Bu çalışmada domestik kavurma fırınında 140 oC sıcaklıkta fındık içlerinin kavurulması, nem miktarının zamanla değişimi incelenmesi ve ince tabaka kurutma kinetiği modellenmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fındık, Kavurma, Sabit yatak, Kurutma kinetiği.

Drying Kinetics Analysis in Hazelnut Roasting Process with Fixed Bed Dryer

Abstract

Hazelnut is an important product that is widely used especially in chocolate industry. It constitutes a total of \$ 3 billion annually in world trade. It generates an annual export volume of approximately 2 billion dollars. Therefore, it constitutes an important agricultural product export item of our country. The roasting process is applied intensely in hazelnut product. The roasting process, which depends on the versatile parameters, causes significant changes on the product. Factors such as roasting oven styles, air speed and movements gain importance. In this study, the roasting of hazelnut kernels at a temperature of 140 oC was carried out in the domestic roasting oven. The change in the amount of moisture over time was examined. Thin layer drying kinetics were modeled.

Keywords: Hazelnut, Roasting, Fixed bed, Drying kinetic.

1. Giriş

Fındık yılda yaklaşık 2 milyar dolarlık ihracat geliri ile ülkemiz için önem arz etmektedir. Dünya toplam fındık üretiminin yaklaşık %65'i ülkemizde gerçekleştirilmektedir (Güney ve Güner, 2018). Türkiye'de yaklaşık 440.000 üretici, 700.000 hektar alanda fındık üretimi yapmaktadır. Fındık, % 80 oranında çikolata sanayinde dilinmiş, kıyılmış, öğütülmüş biçimde; %10-12 oranında pastacılık-bisküvi-unlu mamuller sektörlerinde; %3-4 oranında da çerez olarak, kalanı dondurma sektöründe ve yağ sanayinde kullanılmaktadır (URL-1, 2019)

Çikolata sanayinde ve kuru yemiş olarak tüketilen fındıkların özellikle kavrulmuş olmaları istenmektedir. Kavurma, yağlı tohumlar ve kuruyemişlere lezzet, renk ve yapısal doku gibi özelliklerin kazandırılmasına yönelik uygulanan bir ısıl işlemdir. İşlem doğası gereği ürün neminin azalmasına da yol açmaktadır. Kavurma esnasında ürün nemi %6 dan % 1-3 arasında değerlere düşürülmektedir. Ancak işlemin ana hedefi kurutma değildir. (Alamprese ve ark. 2009). Fındık kavurmada kullanılan en yaygın yöntem, sürekli çalışan yürüyen bantlı konvektif tip kurutma/kavurma sistemleridir. (Perren ve Escher, 2007). Endüstriyel kavurma yüksek sıcaklıkta kısa ve belirli sürelerle uygulanan bir işlemdir. Nihai ürünlerdeki değişimlere işlem sıcaklığı, hava hızı, ürünün şekli ve büyüklüğü, bant üzerindeki ürün yüksekliği, işlem süresi, son soğutmanın niteliği gibi faktörler etki etmektedir [Heldman ve Dennis, 2006], [Brennan, 2008]

Fındık kavurma enerji yoğun bir prosestir. İşlem esnasında belirgin biçimde ürün nemine, sterilizasyona ve ürün toplam lezzetine etki edilmektedir (Güney ve Tepe, 2016). Dolayısıyla işlem parametrelerinin kontrolü elzem olmaktadır. Kavurma eş zamanlı ısı ve kütle transferine dayanmaktadır. Sıcak hava üflemlerli konveyör bantlı sistemler düşünüldüğünde ürün dış yüzeyinden sıcak hava yoluyla ürüne ısıl enerji verilmekte ve ürün üzerinde yüzeyden içeriye doğru bir sıcaklık artışı oluşturulmaktadır. Ürün içindeki nem ise ürün iç noktasından ve diğer bölgelerden ürün yüzeyine doğru yönlenecek ve ürün yüzeyinden ısıl enerjiyi sağlayan sıcak hava vasıtasıyla uzaklaştırılmaktadır. Proses boyunca ürün dış yüzeyinde en yüksek sıcaklık hasıl olmakta ve ürün içinde radyal yönde azalarak sıcaklık gradyanı gelişmektedir. Sterilizasyon bakımından kritik bölge ürün iç boşluğunun da olduğu merkez noktasıdır. Fındık şekil ve biçimi bakımından küresel cisim kabul edilebilmektedir. Araştırmanın tarzına ve çözüm yöntemine uygun olarak içi boş veya içi dolu küresel cisim yaklaşımı yapılabilmektedir. Nem içeriği analizi, malzeme kalitesinin kritik bir bileşenidir (URL-2, 2020). Ayrıca raf ömrüne de doğrudan etki etmektedir. Bu çalışmada sabit yataklı sıcak hava üflemlerli domestik fırınlarda kavurma işlemi esnasında iç fındıkların nem analizleri ve kurutma kinetikleri deneysel olarak incelenecektir, bunun yanı sıra ince tabaka kabulü ve ampirik denklem ile gelişim eğrileri yaklaşımları belirlenecektir.

2. Materyal ve Metot

Kurutma esnasında buharlaşan nemin ürün yüzeyine hareketinin difüzyon yoluyla olduğu görüşü hakimdir ve iç fındıklar küresel cisim kabul edilebilmektedir [Mjumdar, 2006).

2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan fındıklar Tombul cins olup Ordu ili Öceli köyünden temin edilmiştir. Bu bölgede denizden yükseklik 110-160 metre arasındadır. Hasat sonrası güneş altında doğal olarak kurutulan fındıklar uygun bekletme şartlarında iyi havalandırılmış ahşap türevi sepetlerde 3 ay kadar bekletilmişlerdir. Kullanılan iç fındıkların çap büyüklükleri 12-13 mm olarak tespit edilmiştir. Kavurma işlemi domestik tip fırında turbo fonksiyonu ile 140 oC sıcaklıkta uygulanmıştır.

2.2. Deney Düzenegi

Sabit yataklı kavurma fırını olarak ankastre tarz 2 kW gücünde Silverline marka fırın kullanılmıştır. Bu fırınlarda alt ve üst ısıtıcı resistans bulunmaktadır. Turbo fonksiyonlu olarak kullanıldığında alt ve üst resistanslar çalışır durumda ve fan ile üflenmek suretiyle turbo fonksiyonu yerine getirilmektedir. Sıcaklık ayarı gazlı termostat düzeneği ile sağlanmaktadır. Bu tarz fırınlarda üst resistansların ürüne bakan yönü açık olduğundan ışıınım etkisi de kavurma işlemine pozitif olarak katkıda bulunmaktadır.

Kavurulacak ürünün tepsi içinde fırındaki yerleşimi Şekil 1 de verilmektedir. Fırın üst resistansı önü açık olduğundan bu kısma boş bir tepsi yerleştirilerek doğrudan ışıınım etkisi önemli ölçüde azaltılmaktadır.



Şekil 1. Kavrulacak ürünün fırın içi yerleşimi

Şekil 2 de ise nem ölçer cihazı verilmektedir. Nem ölçümüm RADWAG marka MA 60.3Y model cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz infrared ısıtmalı ve termogravimetrik yöntem ile nem miktarını belirlemektedir.



Şekil 2. Nem ölçer RADWAG MA 60.3Y

2.3. Deney Prosedürü

Kavurma işleminin icrasında domestik tip sabit yataklı sıcak hava sirkülasyonlu fırın kullanılmıştır. Kavurma işlemi 140 °C sıcaklıkta 24 dakika boyunca uygulanmıştır. Fırın boş iken işlem sıcaklığına getirilmiştir. Ürünler tek tepsi kullanılıp ve tepsi içinde tek sıra olarak fırının alt tabandan 10 cm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Ölçüm numuneleri altışar adet ve iki dakikalık aralıklarla alınmışlardır. Alınan numuneler soğumalarını takiben tekrar nem almalarını engellemek amaçlı kilitli poşet ambalajlara yerleştirilmektedir. Nem ölçümleri termo gravimetrik usul ile belirlenmiştir.

2.4. Modelleme

Kurutma kinetiği ürün nem miktarının zamanla bağlı değişimi olarak verilmektedir [Wang ve ark., 2011). Proses boyunca herhangi bir andaki kuru ürün bazlı nem miktarı M_t (kg nem/kg kuruürün) ile gösterilmektedir.

$$M_t = \frac{m_{nem}}{m_{kb}} = \frac{m_t - m_{kb}}{m_{kb}} \quad (1)$$

Burada

m_{kb} : kuru bazlı ürün kütlesi (kg),

m_{nem} : ürün içindeki nem kütlesi (kg)

m_t : herhangi t anındaki ürünün kütlesidir (kg).

MR ile boyutsuz nem oranı tanımlanmaktadır. Boyutsuz nem oranı bağıntısı aşağıda verilmektedir.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} \quad (2)$$

Burada

M_e : ürünün denge nem miktarı

M_i : ürünün başlangıç nemidir.

Ürün denge nem miktarı aşağıda verilen bağıntı ile belirlenebilmektedir (Andre ve ark., 2017)

$$M_e = \left[\frac{\ln(1-BN)}{-0.003(T+85.5418)} \right]^{\left(\frac{1}{1.7518} \right)} \quad (3)$$

Burada

BN: ondalıklı bağıl nem

T: sıcaklıktır ($^{\circ}\text{C}$).

Diğer bir yaklaşım ise denge nem değerinin başlangıç ve anlık ürün nem değerlerinden çok daha düşük olduğu varsayımı ile yapılabilmektedir. Bu durumda

$$MR = \frac{M_t}{M_i} \quad (4)$$

olacaktır.

Kurutma hızı KH ile gösterilebilir ve t zamanındaki nem miktarı ile $t + dt$ zamandaki nem miktarı arasındaki farkın dt zaman aralığına oranı biçimindedir.

$$KH = \frac{dMR}{dt} \quad (5)$$

Fındık kavurma prosesi belirlenmesinde kullanılan matematik modeller Henderson ve Pabis, Logaritmik ve İki terimli modellerdir. Söz konusu model denklemleri aşağıda verilmektedir.

$$\text{Henderson ve Pabis} \quad MR = Ae^{-kt} \quad (6)$$

(Kavak Akpınar ve Demirci, 2018)

$$\text{Logaritmik} \quad MR = B + Ae^{-kt} \quad (7)$$

[Tumba, 2018)

$$\text{İki terimli} \quad MR = Ae^{-kt} + Ce^{-nt} \quad (8)$$

[André ve ark., 2017)

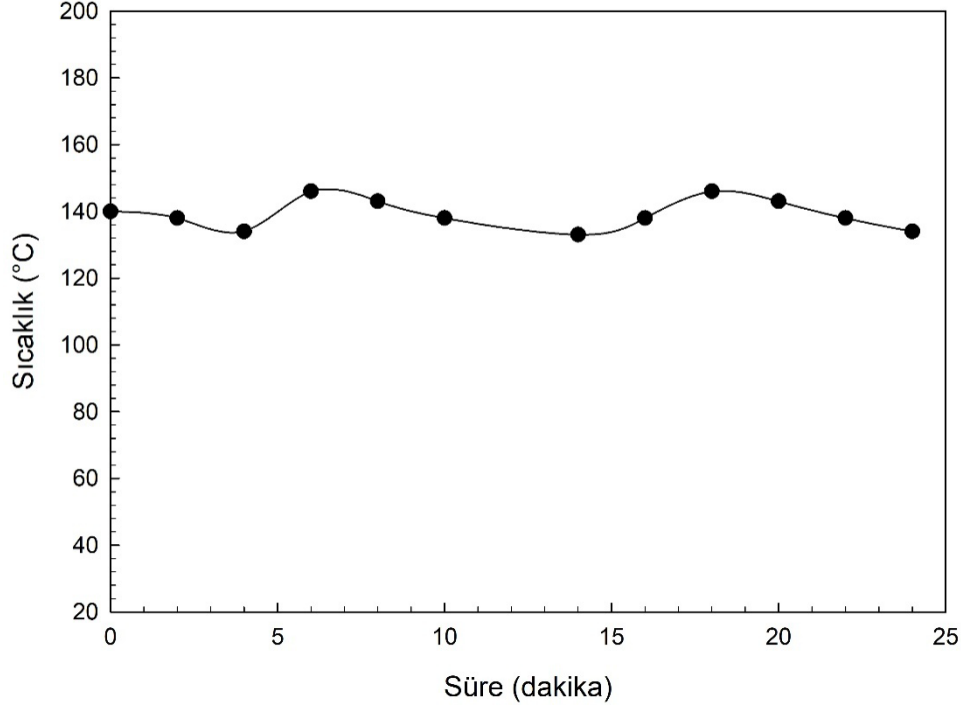
Literatürde sık kullanım bulan eşitlikler kavurma prosesi esnasında iç fındıkların kurutma kinetiklerini tanımlamada değerlendirilmiştir. Deneysel verilerden alınarak oluşturulan boyutsuz nem oranı vasıtasıyla lineer olmayan regresyon analizi yöntemi kullanılarak, ince tabaka kurutma kinetiği ampirik denklemi elde edilmektedir. Model parametreleri Tablo 1 de verilmektedir.

Tablo 1. Kurutma eğrileri modelleme parametreleri

Modeller	A	B	C	k	n	r	R ²
Henderson ve Pabis	1,0842			0,0614		0,9851	0,9705
Logaritmik	1,1456	-0,0692		0,0549		0,9854	0,971
İki terimli	-0,1771		1,1762	1,0347	0,0682	0,9928	0,9857

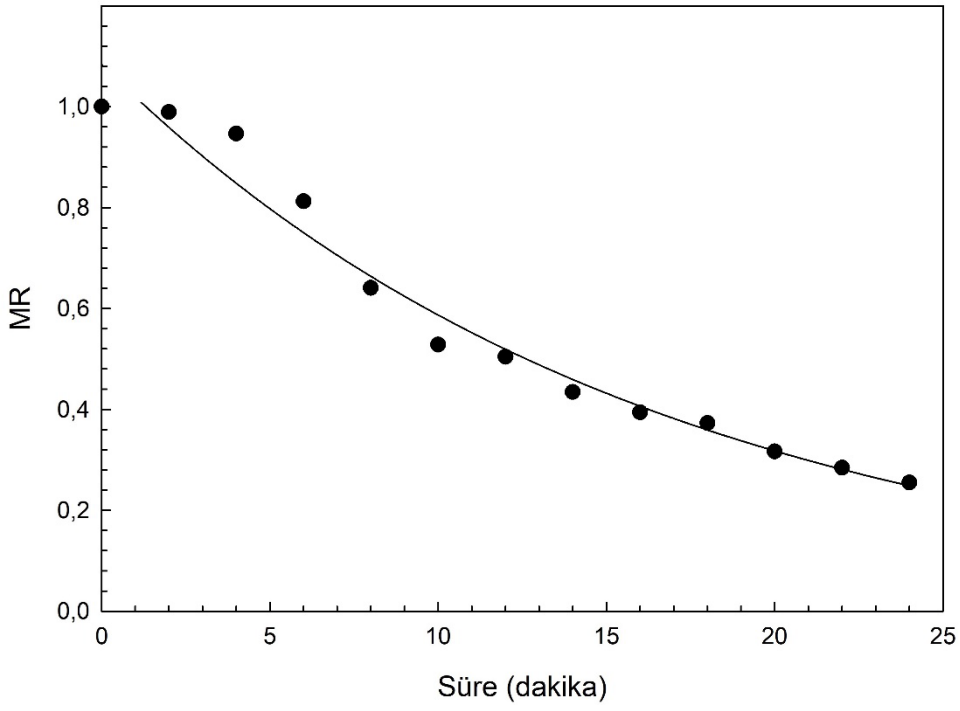
3. Bulgular ve Tartışma

Fırın içindeki sıcaklık değişimi Şekil 3'te verilmektedir. Domestik tarz fırınlar genellikle gazlı termostat tertibatı ile donatılmış olduğundan sıcaklık değişimi yaklaşık 15 °C'lik bir aralıkta olmaktadır. Ön ısıtma yapılmak suretiyle 140 °C'ye getirilen fırına bu esnada kapak açılmak suretiyle ürünler tepsi içinde yerleştirilmiştir. Bu esnada fırın içinde bir miktar sıcaklık düşüşü gözlenmektedir.

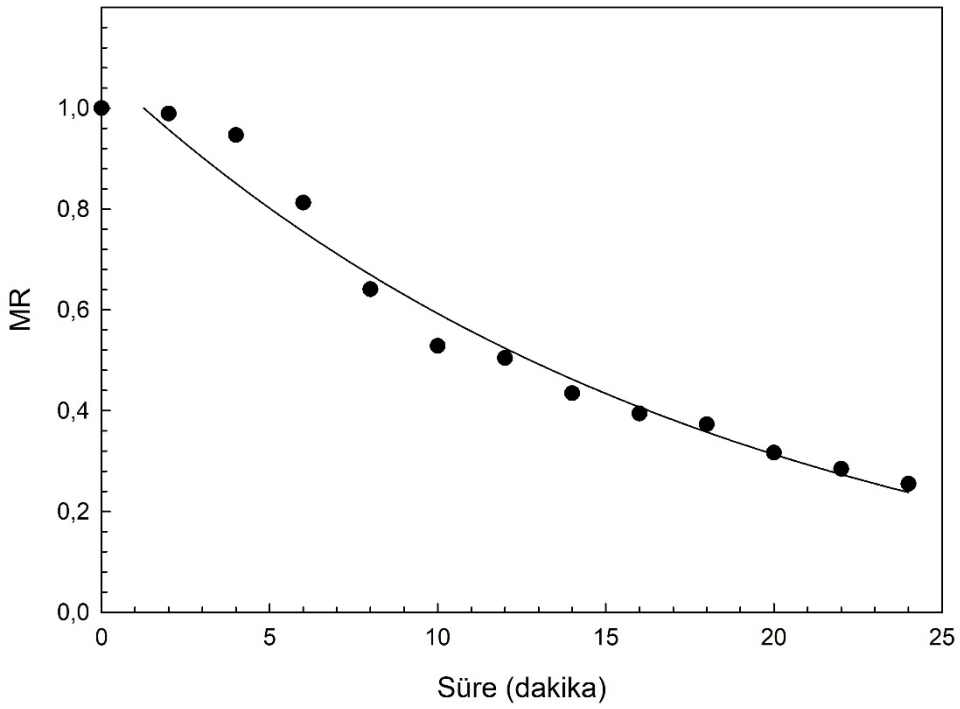


Şekil 3. Kavrma esnasında fırın içi sıcaklık değişimi

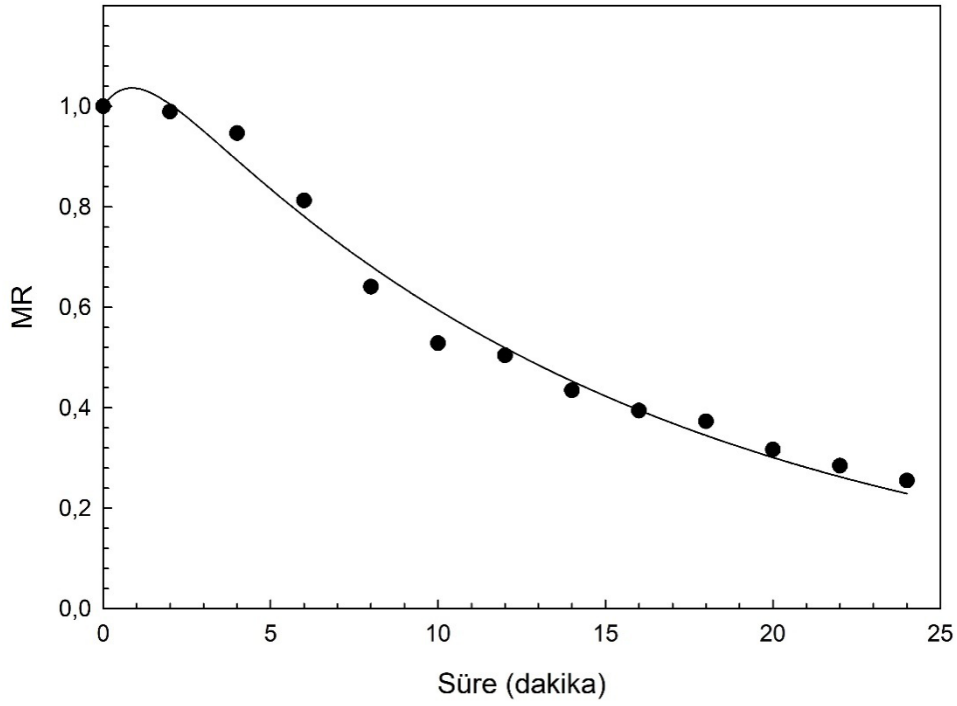
Üç farklı denklem yaklaşımıyla elde edilen kuru bazlı ürün nem miktarının zamanla değişimi sırasıyla Şekil 4, 5 ve 6 da sunulmaktadır.



Şekil 4. Henderson ve Pabis model denklemleriyle elde edilen kurutma eğrisi

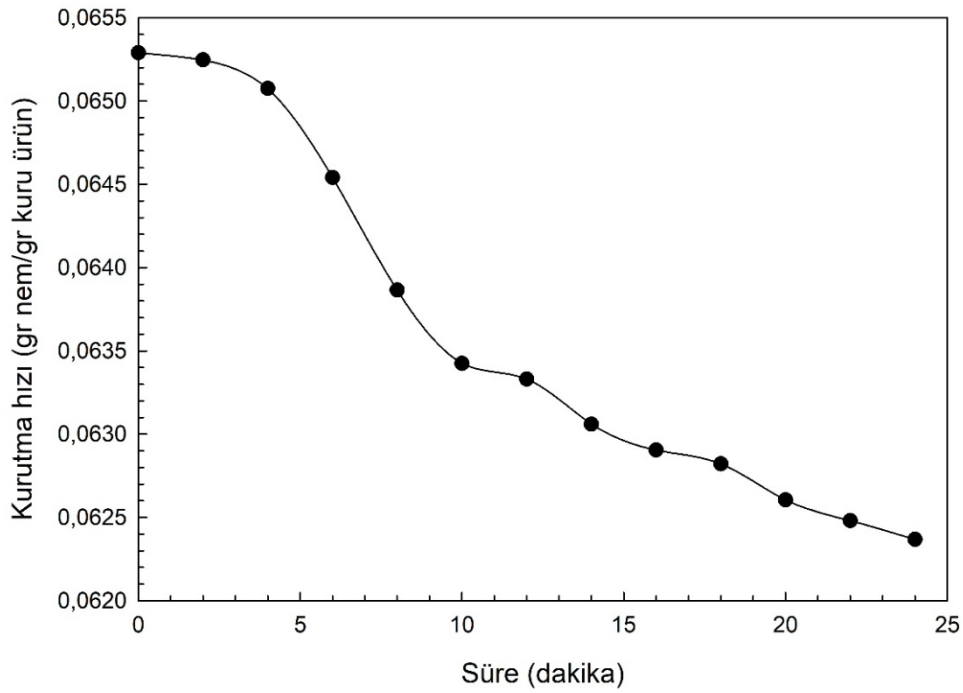


Şekil 5. Logaritmik model denklemleriyle elde edilen kurutma eğrisi



Şekil 6. İki terimli model denklemleriyle elde edilen kurutma eğrisi

Henderson ve Pabis model yaklaşımı kullanılarak elde edilen kurutma hızının zamana bağlı değişimi ise Şekil 7'de verilmektedir.



Şekil 7. Proses süresince kurutma hızı değişimi

Kavurma nem miktarları %6 ve daha az olan iyi kurutulmuş kabuklu fındıklardan elde edilen fındık içlerine uygulanan bir süreçtir. Kurutma prosesleri genel gelişimlerine bakıldığında ısıtma, sabit kurutma hızlı, ve azalan kurutma hızlı periyotlar olarak üç kısma ayrılmaktadır. Daha ayrıntılı inceleme istenirse azalan kurutma hızlı periyot da kendi içinde birinci ve ikinci azalan kurutma hızlı periyotlar olarak değerlendirilebilmektedir. Isıtma periyotunda nem azalması çok cüzi olacaktır, bu nedenle ilgili fazın kinetik modelleme denklemleri yardımıyla yaklaştırılması hedeflenen bilgilerin eldesinde çok anlamlı olmayacaktır. Kurutma hızı eğrisi incelendiğinde ısıtma periyotunun yaklaşık ilk dört dakikadan itibaren sonlandığı görülmektedir. Bu andan itibaren onuncu dakikaya kadar birinci azalan kurutma hızlı periyot ve takiben ikinci azalan kurutma hızlı periyodun geliştiği anlaşılmaktadır. Yalnızca model parametrelerine incelendiğinde iki terimli modelin daha yüksek değerler verdiği gözlenmektedir. Bu durum ısıtma periyodu esnasındaki değerler hesaplara katıldığından ortaya çıkmaktadır. Gerçek kurutmanın yani nem azalmasının başladığı andan itibaren ise Henderson-Pabis ile Logaritmik denklem modellerinin eğrilerinin deneysel değerlere çok yakın geliştiği gözlenmektedir. Özellikle son on dakika değerleri ele alındığında Henderson ve Pabis model yaklaşımının daha yakın değerler gösterdiği belirlenmektedir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Domestik tarz fırınlarda kavurma işlemi sık uygulanmaktadır. Fırın içinde birden fazla tepsi bulunduğu için özellikle üst resistansları alt kısımlarının açık olmaları dolayısıyla üst tepside ısıtma etkileri ile daha hızlı bir kavurma/kurutma etkisi olmaktadır. Homojenliği sağlamak amacıyla bu resistansın altına boş bir tepsi konulması uygun bir yaklaşım olarak görülmektedir. Düşük nem içerikli kuru ürünlerin kavrulması işleminde sabit kurutma hızlı periyot gözlenmemektedir. Oluşan kurutma periyotlarının ısıtma, birinci azalan kurutma hızlı ve ikinci azalan kurutma hızlı periyotlar olarak ayrılmasının uygun olduğu anlaşılmaktadır. Her üç periyot birbirinden farklılaşmış karakteristikler göstermektedir. Her üç periyodu da içine alacak biçimde prosesin tamamının tek bir model denklem ile yaklaştırılması çok başarılı olmayabilecektir. Isıtma periyodu için iki terimli, birinci azalan kurutma hızlı periyod için Logaritmik ve ikinci azalan kurutma hızlı periyot için Henderson ve Pabis modelleri daha yüksek yaklaşımlar göstermektedir. Farklı kurutma periyotlarının sürelerinin belirlenmesi sonucunda, her bir periyot için farklı modellerin alınması ve tüm prosesin bu modellerin kombinasyonu ile değerlendirmesi daha uygun olacaktır.

Teşekkür

Çalışma esnasındaki değerli destek ve yardımlarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Hasan Onur TAN'a, Mühendis Güray ZOMP'a ve Giresun Ticaret Borsası yetkililerine samimi duygularıyla teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Alamprese C., Ratti S., Rossi M., (2009) Effects of roasting conditions on hazelnut characteristics in a two-step process, *Journal of Food Engineering*, Volume 95, Issue 2, Pages 272-279.
- André L. D. Goneli A.L.D., Araujo W. D., Filho C. P. H., Martins E.A. S., Oba G. C., (2017). Drying kinetics of peanut kernels in thin layers , *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.37, n.5, p.994-1003.
- Brennan J. G., (2008) *Food Processing Handbook*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
- Guney M.S., Tepe Y., (2016). Improving the roasting process and efficiency of hazelnut, *Advances in Food Science Volume 38, No 3*, pp 109, 116.
- Güney M. S., Güner F., (2018). Fındık Tarımında Durum Analizi, Makineli Hasat Gerekliliği ve Hasat Makinelerinin Sınıflandırılması, *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(9): 1141-1147.
- Heldman D., Dennis R; (2006). *Handbook of Food Engineering*, Second Edition, vol. 6.
- Kavak Akpınar E., Demirci S., (2018). Mathematical models to determine of thin layer drying kinetic of ginger slices., *Vol 8, Number 2, European Journal of Technic (EJT)*
- Mujumdar A. S., (2006). *Book Review: Handbook of Industrial Drying*, Third Edition, vol. 25, no. 6. CRC Press
- Perren, R., Escher, F., (2007). Nut roasting technology and product quality. *The Manufacturing Confectioner* 87 (6), 65–75
- Tumba K., (2018). Convective air drying characteristics of ground macadamia nuts., *Scientific Study & Research Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry.*, 19 (3), pp. 243 – 255
- Wang Q.,*, Zhang L., Bai J., Liu H., Li S., (2011). The Influence of microwave drying on physicochemical properties of Lushuhe oil shale., *Oil Shale*, Vol. 28, No. 1, pp. 29–41., [Estonian Academy Publishers].
- URL-1, (2019) (Fındık Raporu 2018, http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30070&tipi=17&sube=0 (27.11.2019).
- URL-2, (2020) <https://www.scientistlive.com/content/what-moisture-content-analysis> (27.02.2020)

An Application For Solid Waste Site Selection in Kars Province

Selçuk KORUCUK¹, Salih MEMİŞ², Mustafa ERGÜN^{3*}

^{1,2,3}Giresun University, Bulancak Kadir Karabaş School of Applied Science, Department of International Logistics and Transportation, Giresun, Turkey

*Corresponding Author: mustafa.ergun@giresun.edu.tr

Received: 04.05.2020

Accepted: 08.06.2020

Abstract

In order to control environmental pollution caused by solid wastes needs to be stored properly. In this study, SWARA which is a Multi Criteria Decision Making method was used to determine solid waste site selection criteria in Kars Province and criteria weights were determined by SWARA. Also MOORA method was used to select the most suitable solid waste site. As a result of this study, it has been determined that the importance of solid waste landfill site selection criteria are "Natural Life Protection Areas", "Land Costs", "Population Density", "Soil and Geology Structure", "Distance to Urban Areas". On the other hand, it has been determined that the least caretakers are "Slope", "River Network", "Road Network", "Underground Water Conservation Areas", "Historical and Important Cultural Areas". In order of the optimal solid waste location selection, A4 alternative in Kars province has been the optimal solid waste location.

Keywords: Solid waste, Site selection, SWARA, MOORA.

Katı Atık Yer Seçimi İçin Kars İlinde Bir Uygulama

Öz

Katı atıkların neden olduğu çevre kirliliğini kontrol etmek için uygun şekilde depolanması gerekmektedir. Bu çalışmada Kars İlinde katı atık yer seçimi kriterlerinin belirlenmesinde Çok Kriterli Karar Verme yöntemi olan SWARA kullanılmış ve kriter ağırlıkları SWARA ile belirlenmiştir. Ayrıca en uygun katı atık sahasının seçiminde MOORA yöntemi kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda katı atık depolama yer seçimi kriterlerinden en önemlileri sırası ile "Doğal Yaşamı Koruma Alanları", "Arazi Maliyetleri", "Nüfus Yoğunluğu", "Toprak ve Jeoloji Yapısı", "Kentsel Alanlara Uzaklık" olduğu belirlenmiştir. Öte yandan en az öneme sahip kriterlerin ise sırasıyla "Eğim", "Akarsu Ağı", "Yol Ağı", "Yeraltı Suyu Koruma Alanları" ve "Tarihi ve Önemli Kültürel Alanlar" olduğu belirlenmiştir. En uygun katı atık yeri seçimi sırasına göre, Kars ilinde A4 alternatifi en uygun katı atık yeri olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Katı atık, Yer seçimi, SWARA, MOORA.

1. Introduction

The proportion and diversity of solid wastes resulting from people's household are increasing. Because of the social and industrial activities, population growth, rising living standards and technological improvements. With the increase of solid wastes, the air, soil and water pollution that they form after the disposal methods cause significant environmental and health problems all over the world. Especially in big cities, as a natural consequence of conurbation, the problem of solid waste is growing rapidly. In order to prevent this, it is necessary to collect, transport, store and evaluate solid wastes efficiently and regularly and to make them harmless. On the other hand, solid waste disposal areas planned outside the residential areas in the past have remained in the residential areas over time.

In this study, it was aimed to determine the criteria for solid waste site selection in Kars. For this purpose, in the first part of the study, studies on solid waste site selection are examined, In the second part, information about the SWARA method has been given and in the next part, the application part of the study has started. In the third section, the method of the study was applied to the problem and the study was completed with the results section with suggestions for future studies.

2. Literature Review

Nowadays, interest in the site selection of solid waste is increasing. In this context, some of the studies on solid waste location selection are given below. Hokkanen and Salminen (1997) They presented a report on the actual implementation of the ELECTRE III decision on the selection of solid waste management system in the Oulu region of Finland. The ELECTRE III method has been useful in selecting solid waste management systems where the results of the various alternatives are somewhat uncertain. Kapepula and et.al. (2007) They worked on solid waste management in Dakar. It is aimed to find the worst and best areas for better waste management in terms of waste production, their collection and processing, and PROMETHEE and Argos method have been used for this research. Cheng et al. (2003) used the TOPSIS method for the selection of the regular landfill area with multi-criteria decision analysis and incomplete mixed integer linear programming methods.

Morrisey and Browne (2004) review the model types used in the municipal waste management field and highlight some important shortcomings of these models. Among the shortcomings of existing waste management models is the improvement of the assessment steps rather than the decision-making process itself. Most of the municipal waste models described in the literature are decision support models and for the purposes of this study, three categories are categorized: those based on cost-benefit analysis, based on life-cycle assessment, and based on multi-criteria decision-

making. Chenayah et al. (2005), the amount of solid waste per capita in Malaysia ranges from 0.45 kg / day to 2 kg / day depending on the economic situation of the region. They used the PROMETHEE method to evaluate various recycling strategies and increase their activities. Ohman and et al. (2007) the paper discusses the implementation of an analytical hierarchy process (AHP) of another decision-making tool, which addresses priority ranking for engineering design and operating objectives in a number of emerging and developed countries. In the study, AHP is used for regular landfill operations from the community to the landfill area and specific to the collapse levels. It is also used to list and prioritize economic, environmental, health and safety, legal and public perception goals.

Çay et al. (2007) used constraints such as proximity to the city center, wells and irrigation channels, transportation routes and railways, distance from protected areas and population, land use, land value and land slope to determine the most suitable areas in Çumra district. A final map for the working area is produced and the most suitable areas for the selection of the warehouse area are shown. Khan and the other. (2008) the study presented an assessment method for selecting and prioritizing appropriate municipal solid waste disposal methods to decision makers in a local non-governmental organization. Using the analytical network process, five main criteria, thirteen sub-criteria and three alternatives were studied.

Ekmekçioğlu et al. (2010) has proposed fuzzy TOPSIS methodology for the selection of the appropriate disposal method and solid waste site. The method is superior to other methods because it has the ability to represent uncertain qualitative data and to present the possible results of membership at different degrees. It is considered as a fuel alternative derived from regular landfill, composting, incineration and waste. The weights of the selection criteria are determined by the Analytical Hierarchy Process fuzzy pair comparison matrices. It has been determined that the fuel derived from waste is the best alternative for the province of Istanbul. In the research conducted by Cora (2014), Alternative solid waste landfill areas were determined by using geographic information systems according to the criteria applied in the selection of solid waste landfill areas in two study areas selected on the Anatolian side of Istanbul. Şalvarlı (2015) has implemented an application using the analytical hierarchy method for the selection of a suitable packaging waste recycling center in İzmir. The Expert choice software that supports AHP provides statistical analysis data and the results are given in detail.

Vucijak et al. (2016), in order to find the best scenario in the solid waste management of Bosnia and Herzegovina, it has made very specific decision making applications. Among the six alternatives, technological, economic, social and environmental targets have been taken in order to select the best municipal solid waste management scenario and multi-criteria decision making methods have been evaluated. In the literature review, no other study has been found on the determination of the importance of solid waste site selection criteria and the most appropriate solid waste site selection.

This fact is considered as a factor that increases the importance of the study. In addition, there was no study using the solid waste selection criteria and SWARA-MOORA integrated approaches in selecting the most suitable solid waste site. Therefore, it is considered that this study will contribute to the literature.

3. Research Method

In the determination of the weights of the criteria for the selection of solid waste in Kars, SWARA which is the Multi Criteria Decision Making (MCDM) method was used and the criteria weights were determined by SWARA. In the next step, MOORA method was used to determine the most suitable solid waste location by using the determined weights. In this context, SWARA and MOORA method used for the evaluation of the criteria for the selection of solid waste site are explained.

3.1. SWARA Method

The SWARA method is one of the Multiple Criteria Decision-Making methods that are used to derive the uncertainties involved in the process of evaluating linguistic expressions of criteria and alternatives (Alimardani et al., 2013: 542). The main advantage of the SWARA method in decision-making problems is that it does not need any evaluation to solve decision problems and to rank the criteria and It is a benchmark to determine priorities based on the strategies or plans of the enterprises or on the policies of the countries (Kouchaksaraei et al., 2015: 115). In this respect, the basic steps of the SWARA method are as follows (Ruzgys et al., 2014 : 107; Stanujkic et al., 2015:182):

Step 1: Sort the criteria:

The criteria are listed in simple terms in descending order of importance in line with expert opinion. If more than one expert evaluates the criterion, each expert's individual benchmarking criterion is sorted in descending order and a general ranking is made by taking the geometric mean of the criteria.

Step 2: Determine the relative importance of each criterion:

For this, the j .criterion($j + 1$) is compared with the criterion($j + 1$), and it is determined how important the criterion j . is from the criterion j .. For this comparison, the variable proposed by Keršulienė vd. (2010) is denoted by s_j and is called the "comparative significance of the mean value".

Step 3: Determination of the coefficient:

The coefficient k_j is calculated using Equation (1).

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

Step 4: Calculation of variable q_j :

The variable is calculated using Equation (2).

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{q_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Step 5: Determine Criteria Priority Rating:

The relative weights of the evaluation criteria are calculated using Equation (3).

Indicates the relative weight of the criterion.

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

3.2. MOORA Method

This method, developed by Brauers and Zavadskas, is one of the most commonly used methods to develop different applications to support decision making problems used in different areas in recent years. In MOORA, the rate method and the reference point approach are used to solve many important decision making problems. The steps of the MOORA method are given below. (Brauers and Zavadskas, 2006:447; Brauers and Zavadskas, 2009: 356- 357, Metin et al., 2017, 382-383).

Step 1: Creation of a Decision Matrix:

In the decision matrix, the decision points that are wanted to be ranked in the line of the decision matrix and the criteria that are used in decision making are shown in the column section.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Step 2: Normalization of Decision Matrix:

The squares of the values in the decision matrix are added and the square root of the added squares are taken. Then each value in the decision matrix is divided by the square root of the sum of the squares of the relevant column and the normalization process is completed.

$$x_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum X_{ij}^2}} \quad (5)$$

Step 3: Determination of Maximum and Minimum Criteria and Calculation of MOORA Score:

In this step, the criteria included in the normalized decision matrix are determined according to whether they are the maximum or minimum for the benefit of the enterprise. The value of the minimum criteria added is subtracted from the value of the maximum criteria added. . $j = 1, 2, \dots, g$ criteria to be maximized and ve $j = g + 1, g + 2, \dots, n$ criteria to be minimized The MOORA score is calculated as follows:

$$y_j^* = \sum_{i=1}^{i=k} X_{ij} - \sum_{i=k+1}^{i=n} X_{ij} \quad (6)$$

4. Implementation

In this study, a multi-criteria decision model has been formed to evaluate the criteria to be used in the process of selecting solid waste landfill in Kars province. In the study, the criteria of solid waste landfill location were determined by using literature review with expert opinions. The criteria were weighted because the determined criteria were not equal importance. In this context, solid waste landfill criteria are weighted by SWARA method. The following table was formed by using expert opinions, literature review, academicians, municipalities and Special Provincial Administration authorities.

Table 1. Decision Criteria

Main Criteria	Reference
Underground Water Conservation Areas (C1)	Çay et al. (2007)
River System (C2)	Çay et al. (2007)
Wildlife Conservation Areas (C3)	Çay et al. (2007)
Soil and Geological Structure(C4)	Çay et al. (2007), Cora (2014)
Distance to Urban Areas (C5)	Çay et al. (2007) (2007), Cora (2014)
Historic and Important Cultural Areas (C6)	Çay et al. (2007)
Population Density (C7)	Çay et al. (2007) , Şalvarlı (2015)
Road Network (C8)	Cora (2014), Şalvarlı (2015), Khan et al. (2008)
Land Costs (C9)	Morrisey and Browne (2004), Khan et al. (2008)
Slope (C10)	Çay et al. (2007) Cora (2014)

4.1. Weighting Criteria

In this phase, which utilizes the SWARA method, a general ranking account has been made to evaluate the criteria. A total of 7 questionnaires were presented to academicians (2), municipal authorities (3), and Special Provincial Administration officials (2), which are participants of the subject. The tables containing the interviews are presented in the Annexes. Thus, weights were determined with SWARA for the weighting of the criteria and the criterial weights given in Table 2 were obtained.

Table 2. Criterion Weights Table

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
Weight	0,079	0,059	0,156	0,117	0,105	0,091	0,130	0,066	0,143	0,054

The most important criteria of the landfill site selection criteria for Table 2 were found to be "Natural Life Protected Areas", "Land Costs", "Population Density", "Soil and Geological Structure" and "Distance to Urban Areas".

4.2. Ranking Alternatives

MOORA method was used in this section to rank the alternatives. By using the weight of the criteria obtained by the SWARA method, MOORA method is used to select the most suitable solid waste site and the alternatives are listed. A questionnaire was applied to evaluate each alternative within the framework of previously determined decision criteria. In this context, decision matrices were created and then the decision matrices were normalized. The tables related to the opinions are presented in the Appendix. In this context, the rank obtained by MOORA method is given in Table 3. below.

Table 3. Ranking of options according to Moora's importance coefficient

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Y ₁	0,170	0,185	0,169	0,243
Ranking	3	2	4	1

According to Table 3, where MOORA method is used, in the order of the most suitable solid waste location selection, A₄ alternative in Kars province has been the most suitable solid waste location. On the other hand, the most appropriate choice of solid waste location in Kars province is A₄> A₂> A₁> A₃.

5. Conclusions and Recommendations

Within the scope of sustainable development approach all over the world; waste management strategies are adopted that aim to transform wastes into economic inputs rather than threats in terms of environment and human health. Integrated solid waste management is a process that begins with waste reduction, reuse, recycling and recycling practices and ends with the collection and disposal of waste. Our country is faced with the problem of waste along with the rapid economic growth as well as the increasing urbanization, population growth and welfare level. The development of a holistic approach to the solution of the waste problem has great importance for the sustainable development of our country. As a result of this study, the most important criteria for selection of solid waste sites are "Natural Life Protected Areas", "Land Costs", "Population Density", "Soil and Geological Structure" and "Distance to Urban Areas". On the other hand, the least important criteria were identified as "slope", "River system", "road network", "underground water conservation areas" and "historic and important cultural areas" respectively. In this study, using the weights determined by

the SWARA method, the order of the alternatives was selected by the MOORA method to select the most suitable solid waste site. According to the MOORA significance coefficient, the most suitable solid waste site choice was A4 alternative. This work has been discussed with experts who are considered to be parties to this subject, but this number has not been increased due to time constraints. On the other hand, the problem addressed in this study can be applied to other areas. In addition, the study can be developed in the future with the addition of fuzzy logic with other MCDM and other parametric or nonparametric methods, and the results can be compared and discussed.

Acknowledgements

This study consists of a revised, edited and improved version of the paper presented in International Conference on Agriculture, Technology, Engineering and Sciences (ICATES 2018) under the title of “Priority of Solid Waste Selection Criteria: Case of Kars Province”.

References

- Alimardani, M., Hashemkhani Zolfani, S., Aghdaie, M. H. and Tamošaitienė, J. (2013). A Novel Hybrid SWARA and VIKOR Methodology for Supplier Selection in an Agile Environment, *Technological and Economic Development of Economy*, 19(3): 533-548.
- Chenayah, S. and Takeda, E. (2005). *Promethee Multicriteria Analysis for Evaluation of Recycling Strategies in Malaysia*, Osakan, Japan, In: Graduate School of Economics and Osaka School of International Public Policy (OSIPP).
- Cheng, S., Chan, C.W. and Huang, G.H. (2003). An Integrated Multi-Criteria Decision Analysis and Inexact Mixed Integer Linear Programming Approach for Solid Waste Management, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 16: 543–554.
- Cora, P. (2014). “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak İstanbul Anadolu Yakasında Alternatif Katı Atık Depo Alanı Seçimi”, Unpublished Master's Thesis, İstanbul, Bahçeşehir University Institute of Science and Technology.
- Çay, T., Nas, B., Berktaş, A. ve İşcan, F. (2007). Katı Atık Deponi Alanlarının Yer Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Uygulaması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim –02 Kasım 2007, Ktü, Trabzon, http://Web.İtu.Edu.Tr/Tahsin/Cbs2007/Bildiri/S_70.Pdf (15.07.2018).
- Ekmekçiöğlü, M., Kaya, T. and Kahraman, C. (2010). Fuzzy Multicriteria Disposal Method and Site Selection for Municipal Solid Waste, *Waste Management*, 30: 1729-1736.
- Hokkanen, J. and Salminen, P. (1997). Choosing a Solid Waste Management System Using Multicriteria Decision Analysis, *European Journal of Operational Research*, 98: 19–36.
- Kapepula, K., Colson, G., Sabri, K. and Thonart, P. (2007). A Multiple Criteria Analysis for Household Solid Waste Management in the Urban Community of Dakar, *Waste Management*, 27: 1690–1705.
- Khan, S. and Faisal, M. N. (2008). An Analytic Network Process Model for Municipal Solid Waste Disposal Options, *Waste Management*, 28: 1500-1508.
- Kouchaksaraei, R. H., Zolfani, S. H. and Golabchi, M. (2015). Glasshouse Locating Based on SWARA-COPRAS Approach, *International Journal of Strategic Property Management*, 19(2): 111-122.
- Morrisey, A.J. and Browne, J. (2004). Waste Management Models and Their Application to Sustainable Waste Management, *Waste Management*, 24: 297–308.
- Ohman, K.V.H., Hettiaratchi, J.P.A., Ruwanpura, J., Balakrishnan, J. and Achari, G. (2007). Development of a Landfill Model to Prioritize Design and Operating Objectives, *Environmental Monitoring and Assessment*, 135: 85-97.

- Ruzgys, A., Volvačiovas, R., Ignatavičius, Č. And Turskis, Z. (2014). Integratede Valuation of External Wall Insulation in Residential Buildings Using SWARA-TODIM MCDM Method, *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(1): 103-110.
- Stanujkic, D., Karabasevic, D. and Zavadskas, E. K. (2015). A Framework for the Selection of a Packaging Design Based on the SWARA Method, *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 26(2): 181-187.
- Şalvarlı, M. S. (2015). Sürdürülebilir Kalkınma İçin Tersine Lojistikte Katı Atık Geri Dönüşüm Merkezlerinin Önemi ve Merkez Seçimine İlişkin AHP Yöntemiyle Bir Değerlendirme, Unpublished Master's Thesis, Manisa, Celal Bayar Üniversitesi Institute of Social Sciences.
- Vucijak, B., Kurtagic, S. and Silajdzic, I. (2016). Multicriteria Decision Making in Selecting Best Solid Waste Management Scenario: A Municipal Case Study From Bosnia and Herzegovina, *Journal of Cleaner Production*, 130: 166-174.

APPENDIX

APPENDIX:1 Calculation of General Ranking

Criterion Name	CAV ₁	CAV ₂	CAV ₃	CAV ₄	CAV ₅	CAV ₆	CAV ₇	Geo. Mean
C ₁	8	6	8	7	7	8	7	7,2508
C ₂	10	10	6	9	9	9	10	8,8858
C ₃	1	1	2	1	1	3	1	1,2917
C ₄	4	5	5	4	4	4	5	4,4014
C ₅	5	4	4	6	5	6	4	4,7869
C ₆	6	8	7	5	6	5	6	6,0665
C ₇	2	2	3	2	2	2	3	2,2456
C ₈	7	7	9	8	8	7	8	7,6832
C ₉	3	3	1	3	3	1	2	2,0684
C ₁₀	9	9	10	10	10	10	9	9,5584

APPENDIX:2 Calculation of Parameters for Decision Maker 1

Criterion Name	Order of Importance	S _j	C _j	q _j	W _j
C ₁	7	-	1	1	0,149
C ₂	6	0,05	1	0,952	0,142
C ₃	5	0,10	1	0,866	0,129
C ₄	4	0,10	1	0,787	0,117
C ₅	3	0,10	1	0,716	0,107
C ₆	2	0,15	1	0,623	0,093

C ₇		0	1	0	0
		,15	,15	,542	,081
C ₈		0	1	0	0
		,10	,10	,471	,070
C ₉		0	1	0	0
		,20	,20	,393	,059
C ₁₀	0	0	1	0	0
		,10	,10	,357	,053

APPENDIX:3 Calculation of Parameters for Decision Maker 2

Criterion Name	Order of Importance	S _j	C _j	q _j	W _j
C ₁		-	1	1	0
					,138
C ₂		0	1	0	0
		,05	,05	,952	,132
C ₃		0	1	0	0
		,05	,05	,907	,126
C ₄		0	1	0	0
		,10	,10	,825	,114
C ₅		0	1	0	0
		,15	,15	,717	,099
C ₆		0	1	0	0
		,10	,10	,598	,083
C ₇		0	1	0	0
		,10	,10	,544	,075
C ₈		0	1	0	0
		,15	,15	,473	,065
C ₉		0	1	0	0
		,10	,10	,430	,060
C ₁₀	0	0	1	0	0
		,05	,05	,410	,056

APPENDIX:4 Calculation of Parameters for Decision Maker 3

Criterion Name	Order of Importance	S _j	C _j	q _j	W _j
C ₁		-	1	1	0,144
C ₂		0,10	1	0,909	0,131
C ₃		0,10	1	0,866	0,125
C ₄		0,05	1	0,824	0,118
C ₅		0,05	1	0,786	0,113
C ₆		0,15	1	0,683	0,098
C ₇		0,20	1	0,569	0,082
C ₈		0,20	1	0,474	0,068
C ₉		0,10	1	0,431	0,062
C ₁₀	0	0,05	1	0,411	0,059

APPENDIX:5 Calculation of Parameters for Decision Maker 4

Criterion Name	Order of Importance	S _j	C _j	q _j	W _j
C ₁		-	1	1	0,151
C ₂		0,15	1	0,870	0,131
C ₃		0,10	1	0,791	0,119

C ₄		0	1	0	0
		,10	,10	,719	,108
C ₅		0	1	0	0
		,05	,05	,684	,103
C ₆		0	1	0	0
		,05	,05	,652	,098
C ₇		0	1	0	0
		,15	,15	,567	,086
C ₈		0	1	0	0
		,15	,15	,493	,074
C ₉		0	1	0	0
		,10	,10	,448	,068
C ₁₀	0	0	1	0	0
		,10	,10	,407	,062

APPENDIX :6 Calculation of Parameters for Decision Maker 5

Cri terion Name	Or der of Importance	S _j	q _j	W
C ₁	7	-	1	0 ,162
C ₂	8	0 ,10	0 ,10	0 ,909 ,147
C ₃	1	0 ,05	0 ,05	0 ,866 ,140
C ₄	4	0 ,15	0 ,15	0 ,753 ,122
C ₅	5	0 ,20	0 ,20	0 ,627 ,101
C ₆	6	0 ,20	0 ,20	0 ,523 ,086
C ₇	3	0 ,20	0 ,20	0 ,436 ,070
C ₈	8	0 ,10	0 ,10	0 ,396 ,064
C ₉	2	0 ,10	0 ,10	0 ,360 ,057
C ₁₀	10	0 ,15	0 ,15	0 ,313 ,051

APPENDIX:7 Calculation of Parameters for Decision Maker 6

Criterion Name	Order of Importance	S _j	C _j	q _j	W _j
C ₁		-	1	1	0,151
C ₂		0,05	1,05	0,952	0,143
C ₃		0,05	1,05	0,907	0,137
C ₄		0,15	1,15	0,788	0,119
C ₅		0,15	1,15	0,685	0,103
C ₆		0,10	1,10	0,624	0,094
C ₇		0,10	1,10	0,567	0,085
C ₈		0,15	1,15	0,454	0,067
C ₉		0,25	1,25	0,363	0,055
C ₁₀	0	0,25	1,25	0,302	0,046

APPENDIX :8 Calculation of Parameters for Decision Maker 7

Criterion Name	Order of Importance	S _j	C _j	q _j	W _j
C ₁		-	1	1	0,185
C ₂		0,15	1,15	0,870	0,161
C ₃		0,15	1,15	0,725	0,134

C ₄		0	1	0	0
		,20	,20	,604	,112
C ₅		0	1	0	0
		,15	,15	,525	,097
C ₆		0	1	0	0
		,10	,10	,477	,088
C ₇		0	1	0	0
		,25	,25	,382	,072
C ₈		0	1	0	0
		,25	,25	,306	,057
C ₉		0	1	0	0
		,15	,15	,266	,049
C ₁₀	0	0	1	0	0
		,10	,10	,242	,045

APPENDIX:9 Decision Matrix According to MOORA Significance Factor

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
Yön.	M ax.	Max.	M ax.	M ax.	M in.	M ax.	M ax.	M ax.	M in.	M in.
A ₁	5	3	4	6	7	3	2	4	5	7
A ₂	8	4	2	3	9	5	4	6	4	5
A ₃	3	4	3	5	7	6	4	5	7	6
A ₄	7	5	4	3	6	5	7	7	8	5

Robotik Uygulamalar İçin Derin Öğrenme Tabanlı Nesne Tespiti ve Sınıflandırması

Ferdi ÖZBİLGİN^{1*}, Cengiz TEPE²

¹Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye

Geliş Tarihi: 08.05.2020

Kabul Tarihi: 08.06.2020

*Sorumlu Yazar: ferdi.ozbilgin@giresun.edu.tr

Öz

Görüntü içerisindeki nesnelerin tespit edilmesi ve sınıflandırılma uygulamaları her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada da robotik uygulamalarda da kullanılabilir bir nesne tespiti ve sınıflandırılması uygulaması gerçekleştirilmiştir. Alexnet Evrimsel Sinir Ağları (ESA) mimarisi ve Bölgesel Evrimsel Sinir Ağları (B-ESA) algoritması ile gerçekleştirilen çalışmada yedi farklı nesne sınıfı seçilmiştir. Veri setindeki 684 eğitim verisi etiketlenerek ağı eğitilmesinde kullanılmıştır. 226 test görüntüsü eğitilen ağda test edilmesi sonucunda her sınıfa ait doğru tahmin değerleri ve toplam doğruluk değerleri bulunmuştur. Sınıflara ait tahminlerde en düşük %85,74 ve en yüksek %100 değerlerine ulaşılmıştır. Tüm test verileri için doğruluk değeri %93,81 bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Nesne tespiti, Sınıflandırma, Derin öğrenme.

Deep Learning Based Object Detection and Classification for Robotic Applications

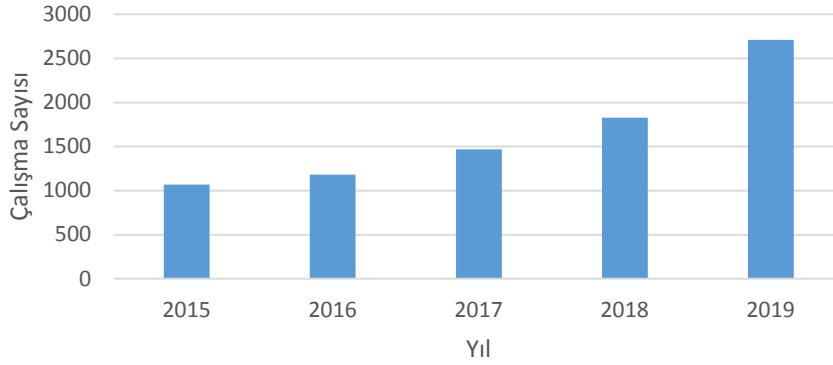
Abstract

The detection and classification applications of the objects in the image are increasing day by day. In this study, an object detection and classification application, which can also be used in robotic applications, has been realized. Seven different object classes were selected in the study conducted with Alexnet Evolutionary Neural Networks (CNN) architecture and Regional Convolutional Neural Networks (R-CNN) algorithm. 684 training data in the data set were labelled and used to train the network. As a result of testing 226 test images in the trained network, correct predictive values and total accuracy values of each class were found. The lowest estimates of 85.74% and the highest 100% were reached in the estimates of the classes. The accuracy value was 93.81% for all test data.

Keywords: Object detection, Classification, Deep learning.

1. Giriş

Popülerliği sürekli artmakta olan nesne tespiti ve sınıflandırılması, dijital görüntü ve videolardan insanlar, binalar ve arabalar gibi nesnelere algılayan ve tanımlayan bir bilgisayar teknolojisi (Liu ve ark., 2020). Nesne tespitinin amacı bilgisayarla görme uygulamalarının ihtiyaç duyduğu en temel bilgi parçalarından birini sağlayan hesaplama tekniklerini geliştirmektir (Zou ve ark., 2019). Nesne algılama birçok bilgisayarla görme görevinin temelini oluşturmakta ve birçok alanda da kullanılmaktadır. Görüntü bölütleme (Hariharan ve ark., 2014; Khoreva ve ark., 2019; Voigtlaender ve ark., 2019), görüntüyü metin olarak ifade etme (Karpathy ve Fei-Fei, 2015) ve nesne takibi (Tang ve ark., 2019; Wang ve ark., 2019) bu alanlar arasında ifade edilebilir. Şekil 1’de son beş yıldaki nesne tespiti ile alakalı çalışma sayıları verilmekte ve bu sayılarda her yıl artış olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum da nesne tespitinin giderek popüler hale geldiğinin bir göstergesidir.



Şekil 1. Son beş yıldaki yıllara göre nesne tespiti ile alakalı çalışma sayıları (Veriler Google Akademik Gelişmiş arama bölümünden “object detection” ismi yer alan çalışmalar aratılarak elde edilmiştir.)

Bir nesneyi algılama, konumunu tespit etme ve sınıflandırılması robotik uygulamalarda da sıklıkla kullanılmaktadır. Robotlar çevrelerindeki nesnelere tespit edip sınıflandırmasıyla birlikte daha otonom hale gelmektedirler. Üzerlerine bağlanacak bir kamera ile farklı sensörlere ihtiyaç olmadan nesne hakkında daha detaylı bilgi elde edilebilecektir (Çoban et al., 2019).

Nesne algılama çalışmaları ViolaJones Detektörü, HOG Detektörü ve Deforme Edilebilir Parça Tabanlı Model gibi geleneksel yöntemler ile yapıldığı gibi 2012 yılından itibaren Bölgesel Evrişimsel Sinir Ağları (B-ESA), SPPNet ve Hızlı B-ESA gibi derin öğrenme metotları ile de yapılmaktadır (Zou ve ark., 2019). Derin öğrenme çalışmaları arttıkça Evrişimsel Sinir Ağları (ESA) performansını da artırmaktadır. ESA mimarileri, nöron adı verilen ağırlık ve bias parametreleri sayesinde oldukça fazla şey öğrenebilen yapılardır. Bu yapılara Alexnet, ZF Net, VGG Net, Googlenet, Microsoft Resnet ve Dense Net ESA mimarileri yöntem olarak örnek verilebilir.

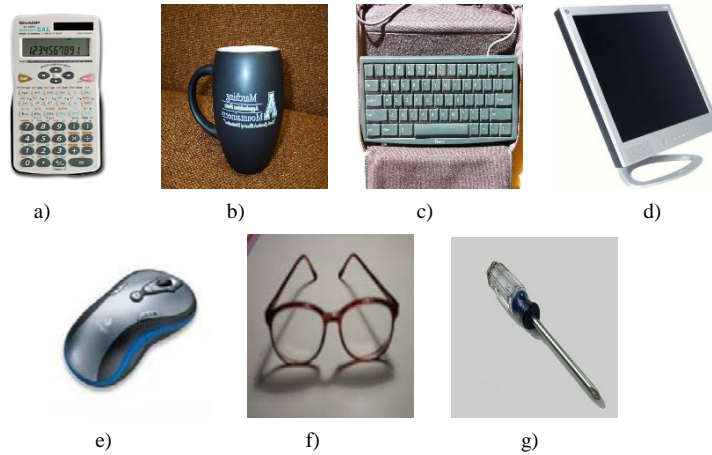
Literatürde nesne tespiti ve sınıflandırılması ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Alexnet mimarisi kullanarak çöp tespiti (Lee ve ark., 2019), elektrik panosu üzerindeki malzemelerin tespiti (Lv ve Tan, 2019), araç tespiti (Espinosa ve ark., 2017), tenis topu tespiti (Gu ve ark., 2017), yaya algılama (Tomè ve ark., 2016) çalışmaları ve buna benzer çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Diğer ESA mimarileri kullanılarak yapılan çalışmalar (Fu ve ark., 2017; Haque ve ark., 2019; Huang ve ark., 2019; Kang ve ark., 2017) mevcut olduğu gibi robotik uygulamalarda da nesne tespiti ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Do ve ark., 2018; Li, 2017; Lu ve ark., 2017).

Bu çalışmada robotik uygulamalarda da kullanılacak Alexnet ESA mimarisi ile 7 farklı sınıfa ait görüntüler RCNN öğrenme metodu ile MATLAB programlama dili kullanılarak eğitilmiştir. İnternet ortamından temin edilen görseller test edilerek sistem başarısı belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Çalışmada Caltech 256 Nesne Kategorisi veri seti (Griffin ve ark., 2007) kullanılmıştır. Toplamda 256 farklı nesne bulunan veri seti 30607 görüntü içermektedir. Nesne algılamak için veri seti içerisinde yedi farklı sınıfa ait nesne seçilmiştir. Bu nesnelere ait görsel Şekil 2’de verilmiştir. Yedi farklı sınıfa ait toplam 684 görüntü çalışmada kullanılmıştır.



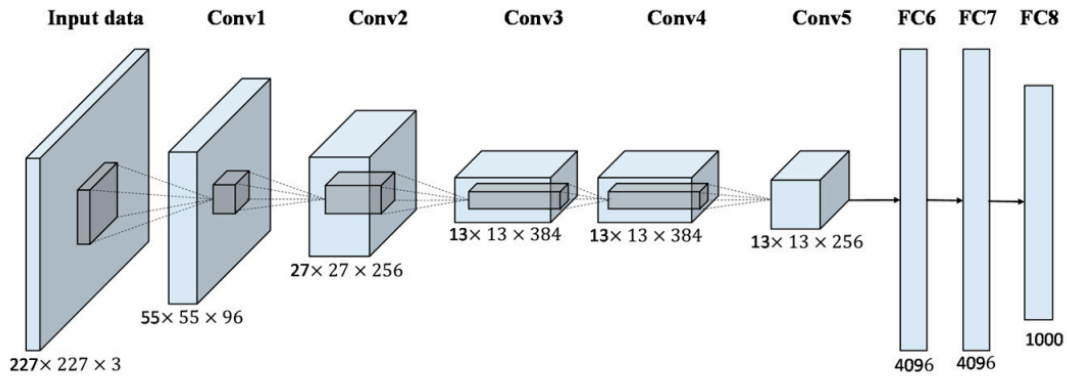
Şekil 2. Çalışmada kullanılan veri sınıfları a) Hesap makinesi b) Bardak c) Klavye d) Monitör e) Mouse f) Gözlük g) Tornavida

2.2. Evrişimsel Sinir Ağları (ESA)

ESA, bilgisayarla görme ve örüntü tanımda nesnelerin sınıflandırılması, bölütlenmesi ve tespiti için kullanılmaktadır. Oldukça başarılı sonuçlar veren bu yöntem, girdi verilerinin hiyerarşik öğrenme prensibine dayanmaktadır. Girdiler katmanlar aracılığıyla işlendikçe, elde edilmesi istenen bilginin ayrışma seviyesi artar. Katmanların derinleşmesiyle bilgi daha ayrıntılı olarak öğrenilir.

ESA mimarisi evrişimsel katman, havuzlama katmanı ve Doğrultmuş Doğrusal Birim (Rectified Linear Unit-Relu) olmak üzere üç ana katmandan oluşmaktadır (Hou ve ark., 2016). **Evrişimsel Katman**, ESA'nın ana katmanıdır. Girdiyi birleştirerek sonucunu bir sonraki katmana aktarır. Görüntüye uyguladığı bazı filtreler ile özellik çıkarmayı sağlar. **Havuzlama Katmanı**, bir katmandaki nöron kümelerinin çıktılarını bir sonraki katmandaki tek bir nörona birleştirerek verilerin boyutunu azaltır. Havuzlama işlemi maksimum veya ortalama olarak gerçekleştirilir. Aktivasyon fonksiyonları, ESA'lar için önemli bir faktördür. **Relu**, en yaygın kullanılan aktivasyon işlemidir. Eşitlik 1'de matematiksel gösterimi verilmiştir. Bu katmanın en önemli özelliği girişteki negatif değerleri sıfıra çekmesidir. Ağ bu katmanla daha hızlı öğrenme gerçekleştirmektedir. ESA mimarisinde yer alan **Tam bağlantılı katman** ise sınıflandırma işlemi için kullanılmaktadır.

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } x < 0 \\ x & \text{eğer } x \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

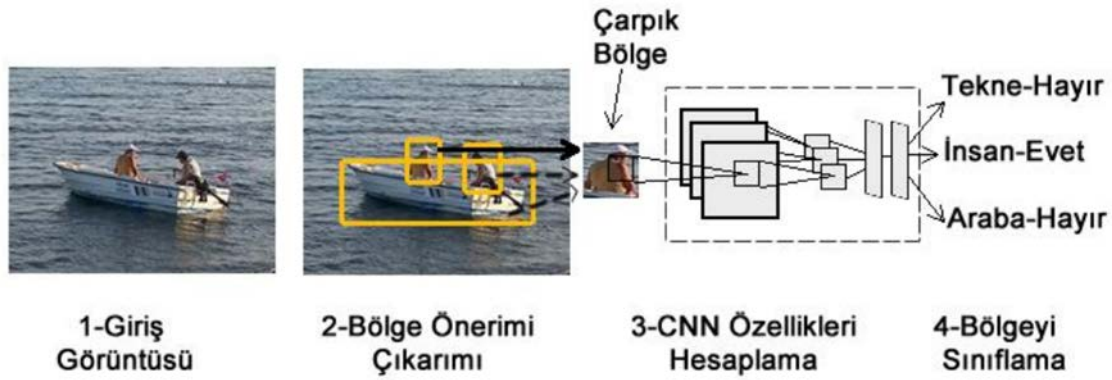


Şekil 3. Alexnet mimarisi (Han ve ark., 2017)

Çalışmada Şekil 3'teki Alexnet (Krizhevsky ve ark., 2012) ESA mimarisi kullanılmıştır. Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever ve Geoffrey Hinton tarafından geliştirilen bu mimari ESA modellerinin ve derin öğrenmenin daha popüler olmasını sağlamıştır. Alexnet 5 evrişim katmanı ve 3 tam bağlantılı katmandan oluşmaktadır.

2.3. ESA ile Nesne Tanıma

ESA görüntü sınıflandırmaya ve görüntü içerisindeki nesnenin olasılığını tahmin eder. Görüntü içerisindeki nesnenin algılanması ile olasılığını ve bulunduğu yeri tahmin etmek için görüntü içerisinde çok sayıda bölge ve bu bölgelerin yoğunluklarını hesaplamak gerekir. Bu nedenle B-ESA gibi algoritmalara ihtiyaç vardır. Girshick ve arkadaşları (Jia ve ark., 2014) çok sayıda bölgenin oluşturacağı zorluğu azaltmak için B-ESA algoritmasını geliştirmişlerdir. Şekil 4'te örnek bir B-ESA mimarisi verilmiştir.



Şekil 4. B-ESA mimarisi (Kutlu, 2019)

Dört bölümden oluşan mimaride giriş görüntüsü içerisinde nesne barındıran olası 2000 bölgeye ayrılmaktadır. Ardından her bölge için ESA uygulanır. ESA çıkışında bulunan Destek Vektör Makinesi ile de bölge sınıflandırması yapılır. Bu çalışmada nesne tanıma Alexnet ESA mimarisi kullanılarak B-ESA algoritması ile gerçekleştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, robotik uygulamalarda da kullanılabilecek bir nesne tespiti ve sınıflandırılması amaçlanmıştır. Alexnet ESA mimarisi ve B-ESA algoritması kullanılarak MATLAB programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma AMD Ryzen 73750H 2.3 GHz işlemci, NVIDIA Geforce GTX 1050 3 GB ekran kartı ve 16 GB RAM değerlerine sahip bilgisayarda tamamlanmıştır.

Çalışmanın ilk aşamasında verilerin etiketlenmesi aşaması gerçekleştirilmiştir. Etiketleme işlemi manuel olarak MATLAB Image Labeling uygulaması ile yapılmıştır. Tablo 1'de etiket isimleri, eğitim verisi ve test verisi sayıları verilmiştir. Yedi farklı sınıfa ait toplam 684 görüntü ağı eğitilmesi için kullanılmıştır. Toplam verinin %25'ini oluşturan test verisi ise eğitilen ağı test edilmesini sağlamaktadır. Test verileri internet ortamından temin edilmiştir.

Tablo 1. Eğitim ve test verileri için görüntü sayıları.

Sınıf Numarası	Etiket	Eğitim Verisi Sayısı	Test Verisi Sayısı
1	Hesap makinesi	100	33
2	Bardak	87	29
3	Klavye	85	28
4	Monitör	133	44
5	Mouse	94	31
6	Gözlük	83	27
7	Tornavida	102	34

B-ESA algoritması ile eğitilen ağın eğitilme parametreleri 20 epoch ve öğrenme hızı 0.001 olarak belirlenmiştir. 20 epoch değerine 1820 iterasyonda ve yaklaşık 36 dakikada ulaşılmıştır.

Ağın eğitilmesi sonrasında test görüntüleri eğitilen ağda test edilmiştir. Çıktı görüntülerinden bazıları Şekil 5'deki gibidir. Mouse, tornavida ve hesap makinesi sınıfına ait görseller doğru bir şekilde sınıflandırılmış ve hepsi de yaklaşık 0.99 güven değerleri arasında tespit edilmiştir.

**Şekil 5.** Test edilen bazı görseller

Test edilen görüntülere göre karışıklık matrisi Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda her bir etiket değerine göre ağ çıktısı sınıflandırma sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 2. Çalışmaya ait karışıklık matrisi.

	Hesap makinesi	Bardak	Klavye	Monitör	Mouse	Gözlük	Tornavida
Hesap makinesi	30	0	3	0	0	0	0
Bardak	0	27	0	0	2	0	0
Klavye	4	0	24	0	0	0	0
Monitör	0	0	0	44	0	0	0
Mouse	0	3	1	0	27	0	0
Gözlük	0	0	0	0	0	27	0
Tornavida	0	0	1	0	0	0	33

Karışıklık matrisine göre her bir sınıfa ait doğruluk değerleri ve toplam doğruluk değerleri Tablo 3'te verildiği gibidir. Nesne sınıflandırmasında en yüksek doğruluk %100 ile monitör ve gözlük etiketlerine ait iken en düşük doğruluk ise %85,71 ile klavye etiketinde saptanmıştır. Test edilen toplam 226 görüntü içindeki nesnelere %93,81 doğrulukla sınıflandırılmıştır.

Tablo 3. Test verilerinin doğruluk değerleri.

Etiket	Doğru tahmin	Yanlış Tahmin	Doğru Tahmin Yüzdesi
Hesap makinesi	30	3	%90,91
Bardak	27	2	%93,10
Klavye	24	4	%85,71
Monitör	44	0	%100,0
Mouse	27	4	%87,10
Gözlük	27	0	%100,0
Tornavida	33	1	%97,06
Toplam	212	14	%93,81

Gu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada (Lee ve ark., 2019) kendi oluşturdukları veri setini kullanarak Alexnet mimarisi ile tenis topu tespitini yapmıştır. Test edilen 30 test görüntüsünün tamamı da doğru bir şekilde sınıflandırılmıştır. Lee ve arkadaşları (Lee ve ark., 2019) Alexnet mimarisini kullanarak geri dönüşüm için plastik şişe ve alüminyum folyo poşeti tespitini gerçekleştirmişlerdir. Kendilerinin oluşturduğu veri setinde nesnelere birçok açıdan görüntüleri yer alan 1000 görsel kullanılmış ve test edilen görüntülerin tamamı başarılı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Lv ve arkadaşlarına ait çalışmada (Lv ve ark., 2019) kendileri oluşturdukları veri setinde Alexnet mimarisi ile elektrik panosu ve üzerindeki gerilim göstergesi, uyarı ışıkları ve elektrik değerleri göstergesi tespiti gerçekleştirmişlerdir. Sınıflara ait 47 test görüntüdeki nesnelere tamamı doğru bir şekilde sınıflandırılmıştır. Alexnet mimarisi kullanarak yüksek doğrulukla tamamlanan benzer çalışmalar da (Do ve ark., 2018; Espinosa ve ark., 2017; Fu ve ark., 2017; Haque ve ark., 2019; Huang ve ark., 2019; Kang ve ark., 2017; Li, 2017; Lu ve ark., 2017; Lv ve Tan, 2019; Tomè ve ark., 2016)

vardır. Kang ve ark., (2017) YouTubeObjects veri setini ve Googlenet ve VGG ESA mimarilerini kullanarak en yüksek %93 başarımları sağlamıştır. Haque ve ark., (2019) PASCAL VOC2010 veri setini ve VGG ile birlikte Resnet kullanarak en yüksek %93,7 başarımları elde etmişlerdir.

Bu çalışmada da Alexnet mimarisi kullanılmış ve diğer çalışmalardan farklı olarak ev ve ofis ortamlarındaki nesnelere tespiti ve sınıflandırılması yapılmıştır. Doğru sınıflandırma başarısı ise diğer çalışmalardan daha yüksek olarak %93,81 şeklinde tespit edilmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada robotik uygulamalar için de kullanılacak ESA tabanlı nesne tespiti işlemi gerçekleştirilmiştir. Yedi farklı nesne sınıfına ait görüntüler kullanılmış ve test edilmiştir. Her nesneye ait bulunan doğruluk değerlerine bakılarak çalışmanın başarılı olduğu sonucu varılabilmektedir.

Nesne tanıma ve sınıflandırılması çeşitli alanlarda kullanılabildiği gibi robotik alanlarda da kullanılmaktadır. Endüstrideki gelişmeler ile birlikte robotların da sanayideki önemi sürekli artmaktadır. Tut-yerleştir ve paketleme gibi görevlere sahip robotların nesnelere tanımları da gerekmektedir.

Çalışmanın sonraki aşamasında hata değerini ve ağırlık eğitilme süresini azaltmak için farklı mimaride ESA ve daha hızlı bölge tabanlı ESA algoritmaları kullanılabilir. Robot üzerine entegre edilecek kamera ile de gerçek zamanlı nesne tanıma yapılabilir.

Kaynaklar

- Çoban, M., Cubukcu, B., Yüzgeç, U. 2019. Nesne Takibi Yapan Robot Uygulaması (RasPiBot) Object Tracking Robot Application (RasPiBot).
- Do, T.-T., Nguyen, A., Reid, I. 2018. Affordancenet: An end-to-end deep learning approach for object affordance detection. 2018 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA). IEEE. pp. 1-5.
- Espinosa, J.E., Velastin, S.A., Branch, J.W. 2017. Vehicle detection using alex net and faster R-CNN deep learning models: a comparative study. International Visual Informatics Conference. Springer. pp. 3-15.
- Fu, C.-Y., Liu, W., Ranga, A., Tyagi, A., Berg, A.C. 2017. Dssd: Deconvolutional single shot detector. arXiv preprint arXiv:1701.06659.
- Griffin, G., Holub, A., Perona, P. 2007. Caltech-256 object category dataset.
- Gu, S., Ding, L., Yang, Y., Chen, X. 2017. A new deep learning method based on AlexNet model and SSD model for tennis ball recognition. 2017 IEEE 10th International Workshop on Computational Intelligence and Applications (IWCIA). IEEE. pp. 159-164.
- Han, X., Zhong, Y., Cao, L., Zhang, L. 2017. Pre-trained alexnet architecture with pyramid pooling and supervision for high spatial resolution remote sensing image scene classification. Remote Sensing, 9(8), 848.
- Haque, M.F., Lim, H.-Y., Kang, D.-S. 2019. Object Detection Based on VGG with ResNet Network. 2019 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC). IEEE. pp. 1-3.
- Hariharan, B., Arbeláez, P., Girshick, R., Malik, J. 2014. Simultaneous detection and segmentation. European Conference on Computer Vision. Springer. pp. 297-312.

- Hou, L., Wu, Q., Sun, Q., Yang, H., Li, P. 2016. Fruit recognition based on convolution neural network. 2016 12th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD). IEEE. pp. 18-22.
- Huang, L., Ren, K., Fan, C., Deng, H. 2019. A Lite Asymmetric DenseNet for effective object detection based on convolutional neural networks (CNN). Optoelectronic Imaging and Multimedia Technology VI. International Society for Optics and Photonics. pp. 111871T.
- Jia, Y., Shelhamer, E., Donahue, J., Karayev, S., Long, J., Girshick, R., Guadarrama, S., Darrell, T. 2014. Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding. Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia. pp. 675-678.
- Kang, K., Li, H., Yan, J., Zeng, X., Yang, B., Xiao, T., Zhang, C., Wang, Z., Wang, R., Wang, X. 2017. T-cnn: Tubelets with convolutional neural networks for object detection from videos. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 28(10), 2896-2907.
- Karpathy, A., Fei-Fei, L. 2015. Deep visual-semantic alignments for generating image descriptions. Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. pp. 3128-3137.
- Khoreva, A., Benenson, R., Ilg, E., Brox, T., Schiele, B. 2019. Lucid data dreaming for video object segmentation. International Journal of Computer Vision, 127(9), 1175-1197.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G.E. 2012. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. Advances in neural information processing systems. pp. 1097-1105.
- Kutlu, Ö. 2019. İnsansız hava aracı ile elde edilen görüntülerin derin öğrenme yöntemleri ile analizi.
- Lee, S.-H., Yeh, C.-H., Hou, T.-W., Yang, C.-S. 2019. A Lightweight Neural Network Based on AlexNet-SSD Model for Garbage Detection. Proceedings of the 2019 3rd High Performance Computing and Cluster Technologies Conference. pp. 274-278.
- Li, B. 2017. 3d fully convolutional network for vehicle detection in point cloud. 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). IEEE. pp. 1513-1518.
- Liu, L., Ouyang, W., Wang, X., Fieguth, P., Chen, J., Liu, X., Pietikäinen, M. 2020. Deep learning for generic object detection: A survey. International journal of computer vision, 128(2), 261-318.
- Lu, K., An, X., Li, J., He, H. 2017. Efficient deep network for vision-based object detection in robotic applications. Neurocomputing, 245, 31-45.
- Lv, L., Tan, Y. 2019. Detection of cabinet in equipment floor based on AlexNet and SSD model. The Journal of Engineering, 2019(15), 605-608.
- Tang, P., Wang, C., Wang, X., Liu, W., Zeng, W., Wang, J. 2019. Object detection in videos by high quality object linking. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence.
- Tomè, D., Monti, F., Baroffio, L., Bondi, L., Tagliasacchi, M., Tubaro, S. 2016. Deep convolutional neural networks for pedestrian detection. Signal processing: image communication, 47, 482-489.
- Voigtlaender, P., Chai, Y., Schroff, F., Adam, H., Leibe, B., Chen, L.-C. 2019. Feelvos: Fast end-to-end embedding learning for video object segmentation. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. pp. 9481-9490.
- Wang, B., Tang, S., Xiao, J.-B., Yan, Q.-F., Zhang, Y.-D. 2019. Detection and tracking based tubelet generation for video object detection. Journal of Visual Communication and Image Representation, 58, 102-111.
- Zou, Z., Shi, Z., Guo, Y., Ye, J. 2019. Object detection in 20 years: A survey. arXiv preprint arXiv:1905.05055.

Kömür Kaynaklı CO₂ Emisyonlarının Tahminine Yönelik Model Geliştirilmesi: BRICS-T Ülkeleri Örneği

İzzet KARAKURT^{1*}, Gökhan AYDIN²

^{1,2} Karadeniz Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

*Sorumlu Yazar: karakurt@ktu.edu.tr

Geliş Tarihi: 27.08.2019

Kabul Tarihi: 14.06.2020

Öz

Bu çalışmada BRICS-T ülkelerinin kömür kaynaklı karbondioksit (CO₂) emisyonlarının tahminine yönelik istatistiksel modeller geliştirilmiştir. Gruptaki ülkelerin ekonomik ve demografik verileri kullanılarak çoklu regresyon yöntemi ile kömür kaynaklı CO₂ emisyonları modellenmiştir. 1971–2016 dönemine ait verilerin kullanıldığı çalışmada, seçilen dönemlere ait veriler iki gruba ayrılmıştır. 1971–2010 yılları arasındaki ilk grup istatistiksel modellerin geliştirilmesinde kullanılırken, 2011–2016 yılları arasındaki ikinci grup ise geliştirilen modellerin performans ölçümlerinin yapılmasında kullanılmıştır. Ayrıca geliştirilen modellerin istatistiksel geçerliliği, çeşitli yaklaşımlar ile test edilmiştir. Ek olarak, kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarının istatistiksel olarak etkileyen en önemli değişkenler de tespit edilmiştir. Modelleme çalışmalarının yanı sıra, BRICS-T ülkelerinin enerji ve CO₂ emisyonlarına yönelik bir değerlendirme de sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kömür, CO₂ Emisyonu, Regresyon Analizi, BRICS-T Ülkeleri.

Development of Models for the Estimation of Coal-related CO₂ Emissions: The Case of BRICS-T Countries

Abstract

Statistical models were developed for the estimation of coal-related carbon dioxide (CO₂) emissions from the BRICS-T countries in this study. Coal-related CO₂ emissions were modeled by multiple regression method using the economic and demographic data of the countries in the group. In the study in which the annual data over the period of 1971-2016 was used, the selected data was divided into two groups. While the first group from 1971 to 2010 was used for developing the models, the second group from 2011 to 2016 was used for performance measurement of the developed models. Additionally, the proposed models were statistically verified by various approaches. Furthermore, the significant variables statistically affecting the coal-related CO₂ emissions were determined. Besides modelling studies, an assessment of energy and CO₂ emissions from the BRICS-T countries was also presented.

Keywords: Coal, CO₂ emission, Regression Analysis, BRICS-T Countries.

1. Giriş

Gelişen ve gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir bir yaşam standardına sahip olmaları ve istikrarlı bir büyümeyi sağlamaları için enerjiye ve bu enerjiyi sağlayacak kaynaklara ihtiyaçları vardır. Ülkelerin büyümelerinde etkin rol oynayan enerji, fosil (kömür, petrol ve doğalgaz) kaynaklar başta olmak üzere yenilenebilir (odun, rüzgâr ve güneş gibi), hidroelektrik ve nükleer gibi farklı kaynaklardan elde edilmektedir. Fosil yakıtlar, mevcut durumda dünya enerji ihtiyacının % 80'inden fazlasını karşılamaktadır (Mardani ve ark., 2019). Bu kaynakların dünya enerji ihtiyacındaki rolünün gelecekte nispeten azalması beklenmesine rağmen enerjiye yönelik senaryolara göre hâkim kaynaklar olmaya devam edecektir (Abas ve ark., 2015). Dünya enerji talebinin büyük bir kısmının fosil yakıtlardan karşılanması, bu yakıtlarla yakın ilişkili başta karbondioksit (CO₂) olmak üzere sera gazlarının emisyonlarının artış eğiliminde de kilit rol oynamaktadır. 2016'da küresel ısınma ve iklim değişikliğine sebep olan sera gazları arasında fosil kaynaklı CO₂ emisyonları 32,1 milyar ton eşdeğer petrole (TEP) ulaşmıştır (URL-1, 2020). Bu rakam, aslında küresel sera gazı emisyonlarının dörtte üçünün fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarından kaynaklandığını işaret etmektedir (Huaman ve Jun, 2014; Kasman ve Duman, 2015). Fosil yakıtlar içerisinde kömür, yoğun karbon içeriği nedeniyle en fazla CO₂ emisyonuna sebep olan yakıttır. Kömürün toplam birincil enerji arzındaki payı yaklaşık % 30 olmasına rağmen fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının yaklaşık % 45'i kömür kullanımından açığa çıkmaktadır. Kömürü, % 34 ve % 20 oranları ile sırasıyla petrol ve doğal gaz takip etmektedir (URL-1, 2020).

CO₂ başta olmak üzere küresel ısınma ve iklim değişikliğinin başlıca nedeni olan sera gazlarının atmosferdeki oranlarının artması, yaşanabilir ve/veya sürdürülebilir bir çevrenin giderek azalması anlamına gelmektedir. Bu sonuçlar; sera gazı emisyonlarını ve küresel ısınmayı, bilim ve politika alanlarında en önemli araştırma konuları haline getirmiştir. Ayrıca, mevcut literatürde yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar zaman zaman tartışmaya açık olup ülkeler bazında farklılıklarda gösterebilmektedir. Ülkelerin ulusal ve/veya uluslararası alanlarda uygulayabilecekleri politikalarda etkin olarak kullanılacak verilerin ortaya çıkarılması bakımından yeni, kolay anlaşılabilir ve daha fazla çalışmalara ihtiyaç olduğu da aşikârdır. Bu çalışmadaki temel amaç, kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarının değerlendirilmelerinde kullanılmak üzere basit, kolay anlaşılabilir ve uygulanabilir tahmin modellerinin geliştirilmesidir. Çalışma, ayrıca geliştirilen tahmin modelleri ile kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarının gelecekteki senaryolarında kullanılacak bir alt yapı oluşturabilmeyi de araştırma amacı taşımaktadır. Gelişen ekonomileri başta olmak üzere artan nüfusları, dünyanın önemli bir yüzölçümüne sahip olmaları gibi öne çıkan özellikleri nedeniyle çok yakın bir gelecekte dünyanın önemli bir ekonomik gücü haline gelecek olan BRICS-T (Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin Halk Cumhuriyeti, Güney Afrika ve Türkiye) ülkeleri çalışma kapsamına alınmıştır.

Bu kapsamda ilgili ülkelerinin kömür kaynaklı CO₂ emisyonları, ekonomik ve demografik verilere bağlı olarak çoklu regresyon yöntemi ile modellenmeye çalışılmıştır.

2. BRICS-T Ülkeleri ve CO₂ Emisyonları

Dünya, ülkelerin ekonomik özellikleri ve jeopolitik konumları nedeniyle gün geçtikçe önemli değişiklikler ile karşılaşmaktadır. 2000'li yılların başında Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan ve Çin Halk Cumhuriyeti'nin İngilizce baş harflerinin bir araya gelmesiyle oluşan BRIC kavramı da bu değişimlerden ortaya çıkan bir sonuçtur. Bu kavram, 2010 yılında Güney Afrika Cumhuriyeti'nin katılımı ile BRICS adını almıştır (Bozma ve ark., 2018). Son yıllarda; hızla büyüyen ekonomileri, büyük nüfusa sahip olmaları, güçlü ve etkili yönetimleri ve küresel pazarlarda yer alma istekleri nedeniyle BRICS ülkeleri, çeşitli platformlarda söz sahibi olma yolunda hızla ilerlemektedir. İlgili ülkelerin ekonomik gücünün çok yakın bir gelecekte Dünyanın en gelişmiş yedi ekonomisi olarak bilinen G7 ülkelerinin (Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Birleşik Krallık, Almanya, Fransa, İtalya ve Japonya) ekonomik gücünü geçeceği yönünde tahminler yoğunlaşmaktadır (Pao ve Tsai, 2010; Şengönül ve Koşaroğlu, 2018). Ekonomik büyüme potansiyeli, nüfustaki artışı, yeraltı zenginlikleri ve bölgesinde yükselen bir aktör olması gibi özellikleri dikkate alındığında Türkiye'ninde gruptaki ülkelere benzer bir seyir gösterdiği söylenebilir. Bu nedenle izleyen bölümlerde BRICS ülkeleri ve Türkiye için BRICS-T kısaltması kullanılacaktır.

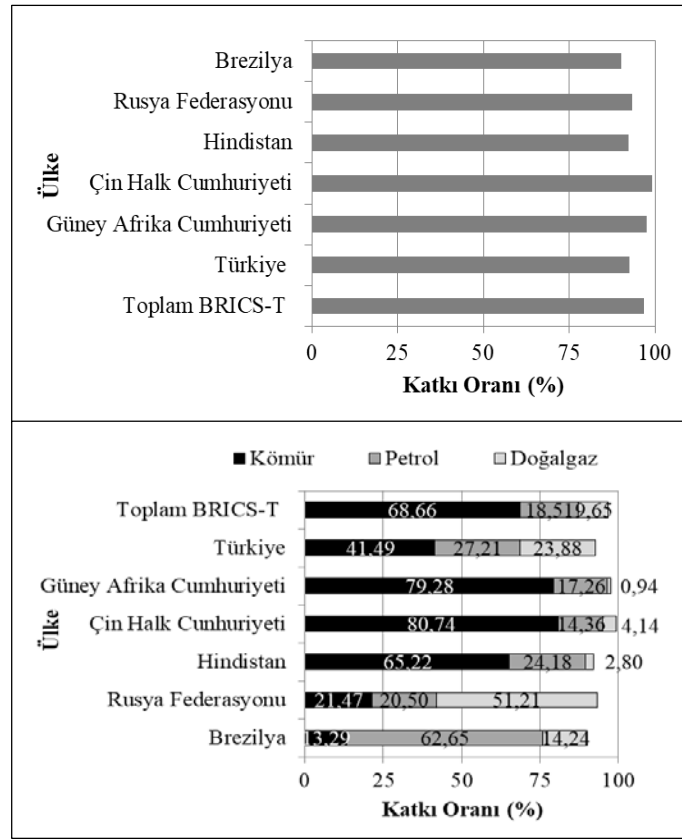
BRICS-T ülkeleri, gelişen ve büyüyen ekonomiler olduğundan giderek artan bir şekilde enerji talebiyle karşı karşıyadırlar. BRICS-T ülkelerine ait bazı göstergeler Tablo 1'de sunulmuştur. Buna göre; dünya nüfusunun yaklaşık % 43'ünü, dünya yüzölçümünün ise % 30'unu oluşturan BRICS-T ülkelerinin son on yıldaki genel ekonomik büyümeye katkıları % 50 ye ulaşmıştır. Bu oran aynı zamanda bu grubu küresel ekonomik kalkınmada hayati öneme sahip hale de getirmiştir (Azevedo ve ark., 2018). İlgili Tablo, gruptaki ülkeler arasında Hindistan ve Çin Halk Cumhuriyeti'nin yıllık büyüme oranlarının dünya ortalamasının oldukça üzerinde olduğunu da göstermektedir. Ayrıca, Rusya Federasyonu ve Türkiye'nin büyüme oranları dünya ortalamasına çok yakın bir değerdedir. Öte yandan, Brezilya ve Güney Afrika Cumhuriyeti'ne ait büyüme oranları ise dünya ortalamasının oldukça altında kalmıştır. Bir başka deyişle; Brezilya'nın yıllık büyüme oranı dünya ortalamasından 2,66 kat daha az gerçekleşirken Güney Afrika Cumhuriyeti'nin yıllık büyüme oranı da aynı yıl dünya ortalamasına göre 3,76 kat daha az olarak gerçekleşmiştir. Burada Güney Afrika Cumhuriyeti'nin yıllık büyüme oranının düşük olması dikkat çekicidir. Fakat, Güney Afrika Cumhuriyeti'nin Afrika kıtasının en büyük ekonomisi olduğu ve birçok Afrika ülkesindeki ekonomik ve siyasi kararlar üzerinde etkin olması unutulmamalıdır (Lin ve Wesseh, 2014).

Tablo 1. BRICS-T ülkelerinin 2017 yılına ait ekonomik ve demografik göstergeleri (URL-3, 2019)

Ülke	TP* (Milyon)	GDP** (Milyar \$)	Kişi Başı GDP (\$)	Yıllık büyüme oranı (%)	Yüzölçümü (km ²)
Brezilya	209,469	1.868,626	9821,41	1,12	8358140
Rusya Federasyonu	144,478	1.657,554	11288,87	2,25	16376870
Hindistan	1352,617	2.718,732	2009,98	6,81	2973190
Çin Halk Cumhuriyeti	1392,730	13.608,152	9770,85	6,57	9388210
G. Afrika Cumhuriyeti	57,779	348,872	6374,03	0,79	1213090
Türkiye	82,319	771,350	9370,17	2,83	769630
Dünya	7594,3270	85.909,727	11312,44	2,97	127343220

* TP: Toplam nüfus, ** GDP: Gayri safi yurtiçi hasıla

Ülkelerin kalkınmalarında etkin rol oynayan faktörlerin başında gelen enerji, BRICS-T ülkelerinin ekonomik büyümelerinde de aktif rol almaktadır. Bu gruptaki ülkelerin bazılarının enerji ithalatçısı bazılarının da enerji ihracatçısı olduğu söylenebilir. 2018 yılında dünya birincil enerji tüketimi 13,8 milyar TEP iken BRICS-T ülkelerinde bu rakaml yaklaşık olarak 5,4 milyar TEP olarak gerçekleşmiştir (URL-1, 2020; URL-2, 2019). Bir başka deyişle, dünya toplam birincil enerji tüketiminin ise % 39,13'ü BRICS-T ülkelere aittir. BRICS-T ülkelerinin enerji tüketimleri dikkate alındığında, ilgili ülkelerin enerji kaynaklı küresel sera gazı emisyonlarına da önemli bir katkıda bulunduğunu söylemek mümkündür. 2017 yılı verilerine göre, fosil yakıt kaynaklı küresel CO₂ emisyonları 32,8 milyon TEP iken BRICS-T ülkelerinden açığa çıkan fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyon miktarı 14,2 milyon TEP'dur (URL-1, 2020; URL-2, 2019). Bu oran, fosil yakıt kaynaklı küresel CO₂ emisyonların % 43,30'unun BRICS-T ülkelerinden geldiğinin bir göstergesidir. Şekil 1, 2016 yılında BRICS-T ülkelerinde fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının ve fosil yakıt türünün ilgili ülkelerin toplam CO₂ emisyonları içindeki payını göstermektedir. Buna göre BRICS-T ülkelerinin toplam CO₂ emisyonlarının % 90'ından fazlası fosil yakıt kaynaklıdır. Burada en büyük üç oran sırasıyla % 99, % 97,5 ve % 93,2 ile Çin Halk Cumhuriyeti, Güney Afrika Cumhuriyeti ve Rusya Federasyonu'na aittir. Benzer bir durum gruptaki ülkelerin kömür kaynaklı CO₂ emisyonları için de geçerlidir. Burada da ilk iki sıra % 80,74 ve % 79,28 ile sırasıyla Çin Halk Cumhuriyeti ve Güney Afrika Cumhuriyeti'ne ait iken üçüncü sıra enerjisinin büyük bir bölümünü kömürden sağlayan Hindistan'a aittir. Hindistan'ın toplam CO₂ emisyonlarının % 65,22'si kömür kullanımından kaynaklanmaktadır. Bu ülkeleri % 41,29 ile Türkiye, % 21,47 ile Rusya Federasyonu ve %13,29 ile Brezilya takip etmektedir. BRICS-T ülkeleri arasında Çin Halk Cumhuriyeti, dünyanın en büyük kömür üreticisi ve tüketicisi konumundadır.



Şekil 1. Fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonlarının ve fosil yakıt türünün BRICS-T ülkelerinin toplam CO₂ emisyonları içindeki payı (URL-1, 2020; URL-2, 2019)

Hindistan ve Rusya Federasyonu ise dünyanın en büyük üçüncü ve beşinci kömür üreticisi ve tüketicisi ülkeleridir. Bu üç ülke aynı zamanda, dünyanın en büyük beş petrol üreticisi ve tüketicisi ülkeleri arasındadır. Ek olarak, Rusya Federasyonu dünyanın en büyük doğal gaz üreticisi iken doğal gaz tüketicileri arasında ikinci sırada yer almaktadır (Huaman ve Jun 2014). Dünyanın en büyük kömür üreticisi ve tüketicisi konumunda olan Çin Halk Cumhuriyeti'nin fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları, fosil yakıt kaynaklı küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık % 28,12'ü oluşturmaktadır. Bu ülkenin kömür kaynaklı küresel CO₂ emisyonlarına katkısı ise % 51,58'dir. Benzer bir durum dünyanın en büyük üçüncü kömür üreticisi ve tüketicisi Hindistan için de geçerlidir. Bu ülkenin fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonları, fosil yakıt kaynaklı küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık % 6,47'sine denk gelmektedir. Hindistan'ın kömür kaynaklı küresel CO₂ emisyonlarına katkısı ise % 10,29'dur. Her iki ülkenin 2016 yılındaki toplam enerji tüketimlerinin sırasıyla % 87,18'si ve % 92,26'sı fosil kaynaklarından özellikle kömürden karşılanması, bu ülkelerin fosil yakıt kaynaklı küresel CO₂ emisyonlarına katkısının bu kadar yüksek olmasının da aslında bir cevabıdır. BRICS-T ülkeleri arasında enerji tüketiminin büyük bir bölümünü kömürden karşılayan bu ülkeleri, Güney Afrika Cumhuriyeti, Rusya Federasyonu ve Türkiye takip etmektedir. Bu grupta enerji tüketiminin % 8,64 ünü kömürden karşılayan Brezilya, fosil kaynaklı CO₂ emisyonlarına en az katkı yapan ülke konumundadır. Bu oranlar temelinde bir değerlendirme yapıldığında, Çin Halk Cumhuriyeti,

Hindistan ve Güney Afrika Cumhuriyeti'nin BRICS-T ülkelerinin kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarını ciddi derecede arttırdığını söylemek mümkündür. Öte yandan, 2016 yılı kömür kaynaklı küresel CO₂ emisyonları 14,3 Mtoe ile toplam küresel CO₂ emisyonlarının % 43,2'sini oluşturmaktadır. Bu veriler, BRICS-T ülkeleri için 9,7 Mtoe olarak gerçekleşmiştir. Bir başka deyişle, BRICS-T ülkelerinin kömür kaynaklı CO₂ emisyonları toplam küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık % 29,38'ine denk gelmektedir. Bu orana en büyük katkı veren gruptaki ilk üç ülke yine Çin Halk Cumhuriyeti, Güney Afrika Cumhuriyeti ve Hindistan'dır.

3. Literatür Özeti

Literatürün ilgili alanında BRICS ülkelerini çalışma alanı olarak seçen çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür. Son yıllarda bu çalışmalardan bazılarında Türkiye'de yer almaktadır. İlgili literatürdeki güncel çalışmalardan bazı örnekler, Tablo 2'de özetlenmiştir. Bu çalışmalar incelendiğinde, ülkelerin kendi özelliklerinden dolayı farklı sonuçlar elde edildiğini söylemek mümkündür. Hatta aynı ülke örneği seçilerek farklı yöntemlerin kullanıldığı araştırmalarda bile farklı sonuçlar elde etmek mümkün olabilmektedir. Bu da, ülkelerin ulusal ve/veya uluslararası politikalarının düzenlenmesinde kullanılabilecek çok değişkenli parametreler ile geliştirilen tahmin modellerine hala ihtiyaç olduğunun bir göstergesidir. Böylelikle, ülkelerin başta CO₂ emisyonları olmak üzere gelecekteki sera gazı emisyonlarının tahmin edilmesi sağlanacak ve buna yönelik mücadele yöntemleri şekillenebilecektir. Literatür özetinden de anlaşılacağı üzere bu yönde yapılacak çalışmalar için kullanılabilecek çok sayıda modelleme tekniği mevcuttur. Bunlar; kullanım amaçları, pratiklikleri, değişken sayıları gibi parametreler temelinde tercih edilebilmektedir. Ancak, ilgili tekniklerin kompleks yapıları model üretilmesinde ve üretilen modellerin kullanımlarında problemlerin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Buda geliştirilen modellerin kolayca anlaşılmasını ve pratikte kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Çünkü bir modelin basitliği, kolayca anlaşılabilirliği ve uygulanabilirliği de doğruluğu ve/veya başarılı bir tahmin yapabilmesi kadar önemlidir. Eğer tahmin edilen değişken, karmaşık planlama sürecinin bir parçası ise bu durumlarda ilgili modelin basitliği, kolay anlaşılabilirliği veya uygulanabilirliği modelin doğru tahmin derecesine göre ön planda da olabilir (Bianco ve ark., 2009). Bu çalışma kapsamında tercih edilen regresyon analizi de aslında bu amaca hizmet eden bir modelleme tekniğidir. Çünkü regresyon analiz tekniği, hemen hemen bütün istatistiksel yazılım programlarında bulunması nedeniyle kolay yönetilebilir ve uygulanabilir bir tekniktir. Bu teknikte, bağımlı değişken bağımsız değişkenlerin bir fonksiyonu olarak ifade edildiğinden geliştirilen model daha basittir ve kolay anlaşılabilir formdadır. Ayrıca, yapay zeka uygulamalarında olduğu gibi model oluşturulurken arka planda nelerin olduğuna yönelik belirsizlikler (kara kutu) regresyon tekniğinde yoktur.

Tablo 2. Literatürde ilgili alanda yapılan bazı çalışmalar

Araştırmacı(lar)	Ülke(ler)	Yöntem(ler)	Değişken(ler)	Veri aralığı
Maryam ve ark. (2017)	BRICS	Panel Nedensellik Analizi	CO ₂ emisyonları, enerji tüketimi, kişi başı gayri safi yurtiçi hasıla	1991–2011
Srinivasan ve Ravindra (2015)	Hindistan	Birim kök testi, eş bütünleşme testi, vektör hata düzeltme modeli	CO ₂ emisyonları, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ticaret	1970–2012
Cowan ve ark. (2014)	BRICS	Panel Nedensellik Analizi	CO ₂ emisyonları, elektrik tüketimi, ekonomik büyüme	1990–2010
Pao ve Tsai (2011a)	BRIC	Panel eş bütünleşme tekniği	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırım	1980–2007
Pao ve Tsai (2010)	BRIC	Birim kök testi, eş bütünleşme testi	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1971–2005
Wang ve ark. (2011)	Çin Halk Cumhuriyeti	Panel Nedensellik Analizi	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1995–2007
Menyah ve Rufael (2010)	Güney Afrika Cumhuriyeti	Eş bütünleşmeye bağlı sınır testi yaklaşımı	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1965–2006
Lin ve Wesseh (2014)	Güney Afrika Cumhuriyeti	Granger nedensellik analizi	Ekonomik büyüme, enerji tüketimi	1971–2010
Pao ve ark. (2012)	Çin Halk Cumhuriyeti	Geliştirilmiş grey modeli	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1980–2009
Ozturk ve Acaravci (2010)	Türkiye	Eş bütünleşmeye bağlı sınır testi yaklaşımı	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1968–2005
Pao ve Tsai (2011b)	Brezilya	Gri tahmin yöntemi	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi	1980–2007
Pao ve ark. (2011)	Rusya Federasyonu	Eş bütünleşme tekniği ve nedensellik testi	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji kullanımı	1990–2007
Zakarya ve ark. (2015)	BRICS	Birim kök testi, eş bütünleşme testi, vektör hata düzeltme modeli	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi, doğrudan yabancı yatırımı	1990–2012
Lin ve ark. (2018)	Çin Halk Cumhuriyeti, Hindistan	ADRL sınır testi	CO ₂ emisyonları, kömür tüketimi, ekonomik büyüme	1969–2015
Azevedo ve ark. (2018)	BRICS	Regresyon	CO ₂ emisyonları, enerji tüketimi, ekonomik büyüme	1980–2011
Wu ve ark. (2015)	BRICS	Çok değişkenli gri tahmin yöntemi	CO ₂ emisyonları, ekonomik büyüme enerji tüketimi, kentsel nüfus	2004–2010

Ek olarak regresyon tekniği ile geliştirilen modeller hemen tahmin uygulamalarında kullanılabilir formattadır (Bianco ve ark., 2014). Bunlardan dolayı da regresyon analizi, diğer alanların yanı sıra yer bilimleri alanında da çoğunlukla tercih edilmektedir (Atıcı ve Ersoy, 2009; Aydın ve ark., 2015a).

4. Regresyon Analizi

BRICS-T ülkelerindeki kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarının ekonomik ve demografik verilere bağlı olarak modellenmesi için regresyon analizi (RA) tercih edilmiştir. RA, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak o konu ile ilgili tahminler ya da kestirimler yapabilmek amacıyla yapılan bir analiz yöntemidir (Enayatollahi ve ark., 2014). Diğer bir deyişle RA, bağımlı değişken ile bir veya daha çok bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla kullanılan bir analiz yöntemidir. Bağımlı ve bağımsız değişken sayısının tek olduğu regresyon, “tek değişkenli regresyon analizi”, bağımlı değişkenin tek, bağımsız değişkenin ise birden fazla olduğu regresyon analizi de “çoklu regresyon analizi” olarak adlandırılır (Yerel ve Ersen 2013; Enayatollah ve ark., 2014)

4.1. Tek değişkenli regresyon analizi

Tek değişkenli regresyon analizi, bir bağımlı değişken ve bir bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi inceleyen regresyon analizi tekniğidir. Bu analizle bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişki, aşağıda ifade edilen bir denklem [eşitlik (1)] ile ifade edilmektedir.

$$y_i = (a_0) + (a_1)x_i + e_i \quad (1)$$

Burada; y_i ve x_i sırasıyla bağımlı ve bağımsız değişkenleri, a_0 ; regresyon eğrisinin y eksenini kesim noktası ve a_1 ; model katsayısını ve e_i ise hata değerini (gözlenen değer ile bilinmeyen gerçek değer arasındaki fark) ifade etmektedir (Yerel ve Ersen, 2013).

4.2. Çoklu regresyon analizi

Tek değişkenli RA, bağımlı değişkenin tek bir bağımsız değişkenden nasıl etkilenebildiğini gösterir. Bu metot sadece belirteç olarak X_i değişkenini ve sonuç olarak Y_i değişkenini içerir. Bu nedenle, tek değişkenli RA metodunda birincisi tahmin edicilerin sayısıyla, diğeri ise bağımsız değişkenler arasındaki en anlamlı X_i değişkeninin tahminiyle ilgili olmak üzere iki problemlilik durum

söz konusudur. Örneğin, iki veya daha fazla bağımsız değişken ile yapılan tek değişkenli RA'de her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken ile ilişkisi ayrı ayrı gösterilir. Bu da, bağımsız değişkenler arasında üzerinde istatistiksel olarak en etkin bağımsız parametrenin belirlenememesi anlamına gelir (Cohen ve ark., 2013). Bundan dolayı çok değişkenli veya çoklu RA metodu, bu tür analizlerin yapılmasında güçlü bir modelleme tekniğidir ve karmaşık ilişkilerin söz konusu olduğu durumlarda daha faydalı sonuçlar üretir. Çok değişkenli regresyon analizinde ilişkiyi gösteren matematiksel model, n tane bağımsız değişken için aşağıdaki şekilde [eşitlik (2)] ifade edilebilir.

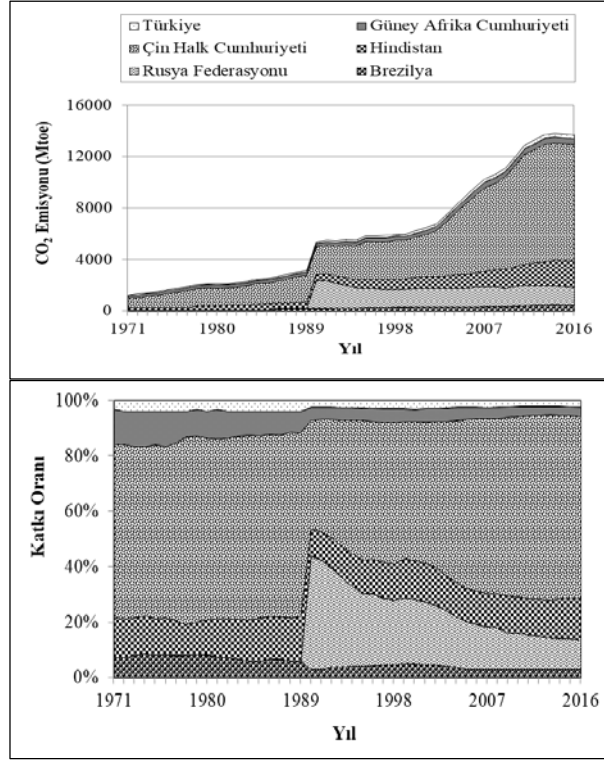
$$y_i = a_0 + (a_1)x_1 + (a_2)x_2 \dots + (a_n)x_n + e_n \quad (2)$$

Burada; y_i ; bağımlı değişkeni, ve x_1 , x_2 ve x_n bağımsız değişkenleri, a_0 ; regresyon eğrisinin y eksenini kesim noktasını, a_1 , a_2 ve a_n model katsayılarını ve e_i ise hata değerini (tahmin edilen değerle gözlenen değer arasındaki fark) ifade etmektedir (Kanıt ve Baykan, 2004; Karakurt ve ark., 2015).

5. Tahmin Modeli Oluşturma Çalışmaları

Çalışma kapsamında; BRICS-T ülkelerine ait gayri safi yurtiçi hasıla (GDP), toplam nüfus (TP) ve kentsel nüfus (UP) verileri bağımsız değişkenler, kömür kullanımından kaynaklanan CO₂ emisyonları da (E) bağımlı değişken olarak seçilmiştir. İlgili ülkelere ait bu veriler, Dünya bankasının, British Petroleum'un ve Uluslararası Enerji Ajansı'nın güncel veri tabanlarından (URL-1, 2020; URL-2, 2019; URL-3, 2019) elde edilmiştir. Çalışma kapsamında seçilen döneme ait (1971–2016) BRICS-T ülkelerinin kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarının değişimi katkı oranları ile birlikte Şekil 2'de gösterilmektedir. Buna göre, 1971'den 1989'lara kadar sabit bir hızda artan CO₂ emisyonlarında, 1989'da keskin bir artış sağlamıştır. 2000'li yıllara kadar düşük artış gerçekleşen emisyonlarda, 2000'li yılların başından itibaren özellikle Çin Halk Cumhuriyeti, Güney Afrika Cumhuriyeti ve Türkiye'de hızlı bir artış gerçekleşmiştir. BRICS-T ülkeleri için seçilen döneme ait kömür kaynaklı CO₂ emisyonları iki gruba ayrılmıştır. 1971–2010 yılları arasındaki ilk grup istatistiksel modellerin geliştirilmesinde kullanılırken 2011–2016 yılları arasındaki ikinci grup da geliştirilen modellerin performans ölçümlerinin yapılmasında kullanılmıştır. Sovyetler Birliği'nin dağılmasının ardından 1992'de resmi olarak kurulması nedeniyle Rusya için birinci gruptaki veriler, 1990–2016 dönemine aittir. Regresyon analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenler gibi iki değişken arasındaki ilişkiyi belirleyecek model, her zaman doğrusal olmayabilir. Değişkenler arasında doğrusal ilişki yok iken doğrusal ilişki var gibi oluşturulan model, bu model için yapılan testler ve analizler yanıltıcı olabilmektedir. Doğrusal ilişki olmama durumunu ortadan kaldırmak için logaritmik, yarı logaritmik veya hiperbolik gibi basit matematiksel dönüşümler yapılabilmektedir.

Doğrusal hale dönüştürülen bu modeller ile ilgili testler ve analizler aynen doğrusal regresyon analizinde olduğu gibi yapılır (Yavuz, 2009). Bundan dolayı, çalışma kapsamında model oluşturulmadan önce tüm verilerin doğal logaritmaları alınmış ve modeller logaritmaları alınmış veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Tahmin modellerinin üretilmesinde SPSS v17.0 istatistiksel paket programından faydalanılmıştır.



Şekil 2. BRICS-T ülkelerinin kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarındaki tarihsel değişim

Çoklu regresyon analizinde, model oluşturulurken kullanılan bağımsız değişkenlerden bazılarının modele katkısı az ya da ihmal edebilecek kadar önemsiz olabilmektedir. Bu durumda modelin en uygun bağımsız değişkenlerle belirlenmesi gerekebilir. Buda, katkısı az olan ve ihmal edilebilecek kadar önemsiz olan bağımsız değişkenlerin modelden çıkarılmasını gerektirir (Kayaalp ve ark., 2015). Bu işlem için geliştirilen yöntemler arasında geriye doğru seçim yöntemi bu çalışma kapsamında tercih edilmiştir. Bu yöntemde model oluşturulurken tüm bağımsız değişkenler işleme dahil edilir. İşlem sırasında her defasında bir tane olmak üzere en düşük kısmi F değerine sahip olan bağımsız değişken atılmak sureti atılarak işlem devam ettirilir. Atılan değişkenin istatistiksel katkısının önemi yüksek ise işlem durdurulur ve model oluşturulur. Çalışma kapsamında bu şekilde geliştirilen modellerin istatistiksel doğrulanması, çeşitli istatistiksel yaklaşımlar ile yapılmıştır. Ayrıca, geliştirilen modellerde istatistiksel olarak en etkin bağımsız değişkenlerde tespit edilmiştir.

5.1. Geliştirilen modeller

BRICS-T ülkeleri için geliştirilen tahmin modelleri aşağıda sunulmuştur ([3] – [8] eşitlikleri). İlgili modeller incelendiğinde, bağımlı değişkenin birden fazla bağımsız değişkenin doğrusal bir fonksiyonu olarak ifade edildiğini söylemek mümkündür. Tahmin modelleri oluşturulurken modelde yer alan bağımsız değişkenlere yönelik elde edilen katkı oranları, bağımsız değişkenin tahmin edilmesinde dikkate alınması gereken değişkenler arasında öncelik sırasına yönelik bir değerlendirme sunar. Tablo 3’de geliştirilen modellerde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkı oranları verilmiştir. Buna göre; ilgili modellerde istatistiksel olarak en etkin bağımsız değişkenlerin Brezilya ve Hindistan için sırasıyla % 53,81 ve % 84 ile TP olarak tespit edilirken Rusya, Güney Afrika ve Türkiye için sırasıyla % 70,54, % 52,05, % 64,11 oranlarında UP olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Çin için oluşturan modelde istatistiksel olarak en etkin bağımsız değişkenin % 62,38 ile GDP olarak belirlenmiştir.

$$E_B(Mtoe) = (5,370) - (9,376). TP + (8,047). UP \quad (3)$$

$$E_R(Mtoe) = (-12,899) + (7,524). UP + (0,104). GDP \quad (4)$$

$$E_H(Mtoe) = (-4,264) + (2,219). TP + (0,122). GDP \quad (5)$$

$$E_C(Mtoe) = (-2,986) + (1,741). TP + (0,350). GDP \quad (6)$$

$$E_{GA}(Mtoe) = (2,682) - (2,065). TP + (2,008). UP + (0,142). GDP \quad (7)$$

$$E_T(Mtoe) = (1,642) - (2,083). TP + (2,366). UP + (0,089). GDP \quad (8)$$

Burada; E: İlgili ülkelerin kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarını (Mtoe), *TP:* İlgili ülkelerin toplam nüfusunu (milyon), *UP:* İlgili ülkelerin kentsel nüfusunu (milyon) ve *GDP:* İlgili ülkelerin gayri safi yurtiçi hasılasını (milyar \$) ifade etmektedir (Parametre değerleri doğal logaritmalıdır).

Tablo 3. Modellerde yer alan bağımsız değişkenlerin ilgili modele katkı oranları

Değişkenler	Brezilya		Rusya		Hindistan		Çin		G. Afrika		Türkiye	
	Beta	%	Beta	%	Beta	%	Beta	%	Beta	%	Beta	%
TP	9,38	53,81	-	-	0,84	84,00	0,38	37,62	1,84	39,74	0,74	29,84
UP	8,05	46,19	0,91	70,54	-	-	-	-	2,41	52,05	1,59	64,11
GDP	-	-	0,38	29,46	0,16	16,00	0,63	62,38	0,38	8,21	0,15	6,05

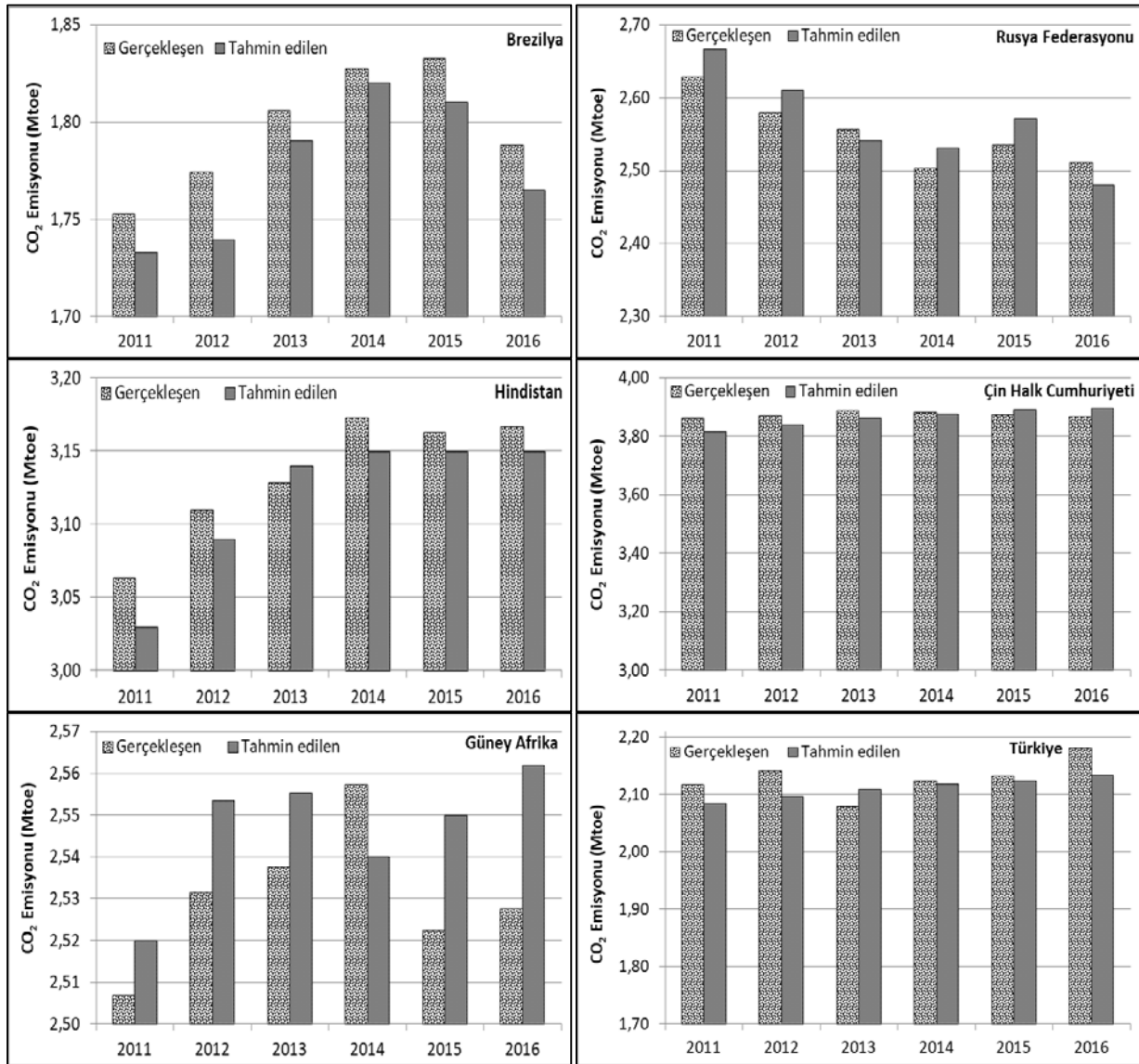
5.1.1. Geliştirilen modellerin doğruluğunun test edilmesi

Çalışma kapsamında BRICS-T ülkeleri için geliştirilen modellerin istatistiksel doğruluğu veya uygunluğu; determinasyon katsayısı (R^2), t ve F testleri ve gerçekleşen emisyon değerleri ile tahmin edilen emisyon değerleri arasındaki trendin analizi gibi istatistiksel yaklaşımlar ile test edilmiştir. R^2 ve F testi, geliştirilen modelin bir bütün olarak istatistiksel önemi ve geçerliliği için tercih edilirken modelde yer alan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı uygunluk testi için ise t testi tercih edilmiştir. Burada; hesaplanan F ve t değerlerinin, % 95 güven aralıklı istatistiksel F ve t tablolarındaki ilgili değerlerden fazla olması beklenir. Geliştirilen modellere ait istatistiksel sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir. İlgili Tablo incelendiğinde, geliştirilen modellerin R^2 değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. En düşük ve en yüksek R^2 değerleri, Rusya Federasyonu ve Hindistan için geliştirilen modellerde sırasıyla 0,89 ve 0,99 olarak elde edilmiştir. 1’e oldukça yakın olan R^2 değerleri, geliştirilen modellerin bağımlı değişkeni açıklama gücünün çok yüksek olduğunu belirtmektedir. Bir başka deyişle geliştirilen modellerin istatistiksel geçerliliğinin olduğunu söylemek mümkündür. Ancak, bu değerler geliştirilen modellerin geçerlilikleri için tek başına yeterli bir kriter değildir. Bunun için diğer doğrulama testlerinin sonuçlarının da birbirini ve R^2 değerlerini destekler nitelikte olması gerekir. Tablo 4’deki diğer doğrulama testlerinin sonuçlarına bakıldığında; geliştirilen modellerin R^2 değerlerini destekler nitelikte verilerin olduğu görülmektedir. Şöyle ki; geliştirilen modellerin tamamının $F_{hesaplanan}$ değerleri, F_{tablo} değerlerinden büyüktür. İlgili modellerde yer alan değişkenlerin hesaplanan değerlerinin de tamamının t_{tablo} değerinden büyük olduğu görülmektedir. Bu kriterlere göre de geliştirilen modellerin istatistiksel doğruluk/uygunluk testinden başarı ile geçtiği söylenebilir. Geliştirilen modellerin genelliğinin veya uygulanabilirliğinin test edilmesinin bir diğer yolu, gerçekleşen ve tahmin edilen emisyon değerlerindeki trendin incelenmesidir. Şekil 3’de bu trende yönelik bir gösterim sunulmuştur. Buna göre, BRICS-T ülkeleri için gerçekleşen ve tahmin edilen emisyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Buda, geliştirilen modellerin yeterli oranda tahmin verebileceğinin bir göstergesidir. Sonuç olarak, doğrulama testleri geliştirilen modellerin istatistiksel olarak geçerli olduğunu ve BRICS-T ülkelerinde kömür kaynaklı CO_2 emisyonlarının bu modellerle yüksek tahmin gücü ile tahmin edilebileceğini göstermiştir.

5.1.2. Geliştirilen modellerin tahmin performanslarının ölçülmesi

Tahmin modellerinin performanslarının ölçülmesine yönelik ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE), karekök ortalama hata (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) gibi farklı yaklaşımlardan yararlanılmaktadır. Bunlar arasında matematiksel ifadesi eşitlik [9]’da sunulan MAPE, özellikle ortalamaya göre yüksek standart sapmaya sahip serilerde yüzde oranı olarak fikir vermesi nedeniyle

diğer yöntemlere göre daha çok tercih edilir (Aydın ve ark., 2015b; Hamzacebi ve Karakurt 2015; Uysal ve Karabat 2017). Diğer kriterler gibi, MAPE değerlerinin de mümkün olduğunca sifıra yakın olması istenir. MAPE'ye yönelik değerlendirme kriterleri Tablo 5'de sunulmuştur. Çalışma kapsamında geliştirilen modellerin MAPE değerleri Brezilya için % 2,65, Rusya Federasyonu için % 5,24, Hindistan için % 3,07, Çin Halk Cumhuriyeti için % 0,66, Güney Afrika Cumhuriyeti için % 1,04 ve Türkiye için % 1,32 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler % 10'un altında olduğundan BRICS-T ülkeleri için geliştirilen modellerin "tahmin gücü yüksek" sınıf aralığında olduğunu söylemek mümkündür. Özellikle Çin Halk Cumhuriyeti için geliştirilen modelin MAPE değeri sifıra oldukça yakındır.



Şekil 3. Gerçekleşen ve tahmin edilen kömür kaynaklı CO₂ emisyonları (Milyar TEP)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|e_i|}{y_i} \right) \cdot 100 \quad (9)$$

Burada; n toplam örnek hacmini, e_i gerçekleşen ile tahmin edilen değer arasındaki farkı, y_i gerçekleşen değeri ifade etmektedir.

Tablo 4. Geliştirilen modellerin istatistiksel sonuçları

Ülkeler	Bağımsız Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	Tahminin Standart Hatası	$t_{Hesaplanan}$	t_{Tablo}	$F_{Hesaplanan}$	F_{Tablo}	R^2 (Düzeltilmiş)
Brezilya	Sabit	5,370	2,596	0,071	2,068	1,687	320,074	3,25	0,94
	TP (milyon)	-9,376	3,033		-3,091				
	UP (milyon)	8,047	1,962		4,101				
Rusya Federasyonu	Sabit	-12,899	3,552	0,051	-3,632	2,086	10,469	3,49	0,89
	UP (milyon)	7,524	1,701		4,423				
	GDP (milyar \$)	0,104	0,056		2,859				
Hindistan	Sabit	-4,264	0,397	0,027	-10,740	1,687	1905,268	3,25	0,99
	TP (milyon)	2,219	0,177		12,502				
	GDP (milyar \$)	0,122	0,052		2,343				
Çin Halk Cumhuriyeti	Sabit	-2,986	0,865	0,044	-3,452	1,687	787,934	3,25	0,97
	TP (milyon)	1,741	0,315		5,520				
	GDP (milyar \$)	0,350	0,038		9,173				
Güney Afrika Cumhuriyeti	Sabit	2,682	0,411	0,037	6,521	1,687	121,781	3,25	0,90
	TP (milyon)	-2,065	0,632		-3,264				
	UP (milyon)	2,008	0,430		4,665				
	GDP (milyar \$)	0,142	0,060		2,358				
Türkiye	Sabit	1,642	0,958	0,031	1,713	1,687	936,287	3,25	0,98
	TP (milyon)	-2,083	0,961		-2,169				
	UP (milyon)	2,366	0,438		5,400				
	GDP (milyar \$)	0,089	0,049		1,842				

Tablo 5. Model değerlendirmesi için tipik MAPE değerleri (Lewis, 1982)

MAPE	Değerlendirme
$MAPE \leq \% 10$	Tahmin gücü yüksek
$\% 10 < MAPE \leq \% 20$	Tahmin gücü iyi
$\% 20 < MAPE \leq \% 50$	Makul tahmin gücü
$MAPE > \% 50$	Yanlış/hatalı tahmin

6. Sonuçlar

Kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarının tahminine yönelik model geliştirilmesinin amaçlandığı bu çalışmada, BRICS-T ülkeleri örnek olarak seçilmiştir. Bu kapsamda, BRICS-T ülkelerine ait sosyo-ekonomik göstergelere dayalı tahmin modelleri oluşturulmuştur. Çalışma sonuçları, geliştirilen modellerin tahmin gücünün yüksek olduğunu göstermiştir. Önerilen tahmin modellerin tamamının istatistiksel doğruluk testinden başarı ile geçtiği görülmüştür. Ayrıca, BRICS-T ülkelerinin kömür kaynaklı CO₂ emisyonlarını istatistiksel olarak etkileyen en önemli değişkenlerin, Brezilya ve Hindistan için toplam nüfus olarak tespit edilirken Rusya Federasyonu, Güney Afrika Cumhuriyeti ve Türkiye için kentsel nüfus olarak tespit edilmiştir. Çin Halk Cumhuriyeti için oluşturulan modelde ise istatistiksel olarak en etkin bağımsız değişkenin yurtiçi gayrisafi hasıla olduğu sonucu elde edilmiştir. Ek olarak, fosil yakıt kaynaklı küresel CO₂ emisyonlarının % 40'ından fazlası BRICS-T ülkeleri kaynaklı olduğu görülmüştür. Bu orana en büyük katkıyı veren ve enerjilerinin büyük bir

kısmını kömürden sağlayan ilk üç ülke Çin Halk Cumhuriyeti, Güney Afrika ve Hindistan olduğu tespit edilmiştir.

CO₂ emisyonları başta olmak üzere gelecek yıllarda ortaya çıkabilecek önemli çevresel sorunların aşılmasına yönelik teknik çözümlerin geliştirilmesi son yıllarda hız kazanmıştır. Bu teknik çözümlerden biri de ilgili faktörlerin gelecekteki durumunu ortaya koyabilen tahmin modellerinin geliştirilmesidir. Bu tahmin modelleri sayesinde gelecekte oluşabilecek çevresel tehditlere karşı alınabilecek önlemlerinde zamanında alınmasına mümkün hale gelebilecektir. Mevcut çalışmada bu amaca yönelik yapılmıştır. Çalışma sonuçlarının, bu konuda çalışan araştırmacılar, enerji plancıları ve politika yapımcıları için faydalı olacağına inanılmaktadır.

Kaynaklar

- Abas, N., Kalair, A., ve Khan, N., (2015). Review of Fossil Fuels and Future Energy Technologies. *Futures*, 69, 31–49.
- Atıcı, U., ve Ersoy, A., (2009). Correlation of Specific Energy of Cutting Saws and Drilling Bits with Rock Brittleness and Destruction Energy. *Journal of Materials Processing Technology*, 209, 2602–2612.
- Aydin, G., Karakurt, I., ve Hamzacebi, C., (2015a). Artificial Neural Network and Regression Models for Performance Prediction of Abrasive Waterjet in Rock Cutting. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 75, 1321–1330.
- Aydin, G., Karakurt, I., ve Hamzacebi, C., (2015b). Performance Prediction of Diamond Sawblades using Artificial Neural Network and Regression Analysis. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(7), 2003–2012.
- Azevedo, V.G., Sartori, S., ve Campos, L.M.S., (2018). CO₂ Emissions: A Quantitative Analysis among the BRICS Nations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 107–115.
- Bianco, V., Manca, O., ve Nardini, S., (2009). Electricity Consumption Forecasting in Italy using Linear Regression Models. *Energy*, 34, 1413–1421.
- Bianco, V., Scarpa, F., ve Tagliafico, L.A., (2014). Analysis and Future Outlook of Natural Gas Consumption in the Italian Residential Sector. *Energy Conversion and Management*, 87, 754–764.
- Bozma, G., Aydın, R., ve Kolçak, M., (2018). BRICS ve MINT Ülkelerinde Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketimi İlişkisi. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15, 323–338.
- URL-2., (2019). British Petroleum, <https://www.bp.com/>, (Erişim Tarihi Mart 2019).
- Cohen, J., Cohen, P., West, S.G., ve Aiken, L.S., (2013). *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers Mahwah, New Jersey.
- Cowan, W.N., Chang, T., Lotza, R.I., ve Gupta, R., (2014). The Nexus of Electricity Consumption, Economic Growth and CO₂ Emissions in the BRICS Countries. *Energy Policy*, 66, 359–368.
- Enayatollahi, I., Bazzazi, A.A., ve Asadi, A., (2014). Comparison between Neural Networks and Multiple Regression Analysis to Predict Rock Fragmentation in Open-pit Mines. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 47(2), 799–807.
- Hamzacebi, C., ve Karakurt, I., (2015). Forecasting the Energy-related CO₂ Emissions of Turkey using Grey Prediction Model. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 37(9), 1023–1031.
- Huaman, R.N.E., ve Jun, T.X., (2014). Energy related CO₂ Emissions and the Progress on CCS Projects: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 368–85.
- URL-1., (2020). International Energy Agency-CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2019 Highlights. <https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion-2019-highlights>, (Erişim tarihi 10 Haziran 2020).
- Kant, R., ve Baykan, N.U., (2004). Bina Yaklaşık Maliyetinin Çoklu Doğrusal Regresyon ile Belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 7(4), 359–367.

- Karakurt, I., Aydin, G., ve Kaya, S., (2015, Nisan). Modeling of Turkey's CO₂ Emissions using Economic and Demographic Variables. *24th. International Mining Congress and Exhibition of Turkey* (s. 1474-1479). Antalya: Türkiye Maden Mühendisleri Odası.
- Kasman, A., ve Duman, S.Y., (2015). CO₂ Emissions, Economic Growth, Energy Consumption, Trade and Urbanization in New EU Member and Candidate Countries: A Panel Data Analysis. *Economic Modelling*, 44, 97–103.
- Kayaalp, T.G., Güney, Ç.M., ve Cebeci, Z., (2015). Çoklu Doğrusal Regresyon Modelinde Değişken Seçiminin Zootekniye Uygulanışı. *Çukurova Üniversitesi Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 30(1), 1–8.
- Lewis, C.D., (1982). *International and Business Forecasting Methods*. Butterworths, London.
- Lin, B., ve Wesseh, P.K., (2014). Energy Consumption and Economic Growth in South Africa Reexamined: A Nonparametric Testing Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 840-850.
- Lin, F.L., Lotz, R.I., ve Chang, T., (2018). Revisit Coal Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth Nexus in China and India using a Newly Developed Bootstrap ARDL Bound Test. *Energy Exploration & Exploitation*, 36(3), 450–463.
- Mardani, A., Streimikiene, D., Cavallaro, F., Loganathan, N., ve Khoshnoudi, M., (2019). Carbon Dioxide (CO₂) Emissions and Economic Growth: A Systematic Review of two Decades of Research from 1995 to 2017. *Science of the Total Environment*, 649, 31–49.
- Maryam, J., Mittal, A., ve Sharma, V., (2017). CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in BRICS: An Empirical Analysis. *IOSR Journal Of Humanities And Social Science*, 22(2), 53-58.
- Menyah, K., ve Rufael, Y.W., (2010). Energy Consumption, Pollutant Emissions and Economic Growth in South Africa. *Energy Economics*, 32(6), 1374-1382.
- Ozturk, I., ve Acaravci, A., (2010). CO₂ Emissions, Energy Eonsumption and Economic Growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225.
- Pao, H.T., ve Tsai, C.M., (2010). CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in BRIC Countries. *Energy Policy*, 38, 7850–60.
- Pao, H.T., ve Tsai, C.M., (2011a). Multivariate Granger Causality between CO₂ Emissions, Energy Consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from A Panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) Countries. *Energy*, 36(1), 685-693.
- Pao, H.T., ve Tsai, C.M., (2011b). Modeling and Forecasting the CO₂ Emissions, Energy Consumption, and Economic Growth in Brazil. *Energy*, 36(5), 2450-2458.
- Pao, H.T., Fu, H.C., ve Tseng, C.L., (2012). Forecasting of CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China using An Improved Grey Model. *Energy*, 40(1), 400-409.
- Pao, HT., Yu, HC., ve Yang, Y.H., (2011). Modeling the CO₂ Emissions, Energy Use, and Economic Growth in Russia. *Energy*, 36(8), 5094-5100.
- Şengönül, A., ve Koşaroğlu, Ş.M., (2018). Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: BRICS Ülkeleri için Bir Uygulama. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(2), 431-447.
- Srinivasan, P., ve Ravindra, I.S., (2015). Causality among Energy Consumption, CO₂ Emission, Economic Growth and Trade: A Case of India. *Foreign Trade Review*, 50(3), 168–189.
- Uysal, H., ve Karabat, S., (2017). Forecasting and Evaluation for Raisin Export in Turkey. *BIO Web of Conferences*, 40th. *World Congress of Vine and Wine* (Article number : 03002). Sofia.
- Wang, S.S., Zhou, D.Q., Zhou, P., ve Wang, Q.W., (2011). CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis. *Energy Policy*, 39(9), 4870–4875.
- URL-3. (2019). Worldbank indicators. <https://data.worldbank.org/indicator>, (Erişim Tarihi Mart 2019).
- Wu, L., Liu, S., Liu, D., Fang, Z., ve Xu, H., (2015). Modelling and Forecasting CO₂ Emissions in the BRICS (Brazil, Russia, India, China, and South Africa) Countries using A Novel Multi-variable Grey Model. *Energy*, 79(1), 489-495.
- Yavuz, S. (2009). Regresyon Analizinde Doğrusala Dönüştürme Yöntemleri ve Bir Uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(1), 165-179.
- Yerel, S., ve Ersen, T., (2013). Prediction of the Calorific Value of Coal Deposit using Linear Regression Analysis. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 35, 976-980.
- Zakarya, G.Y., Mostefa, B., Abbes, S.M., ve Seghir, G.M., (2015). Factors Affecting CO₂ Emissions in the BRICS Countries: A Panel Data Analysis. *Procedia Economics and Finance*, 26, 114 – 125.

Au/CuPc/n-Si/In Schottky Diyotunun Üretilmesi ve Akım-Gerilim Karakteristiklerinden Diyot Parametrelerinin Araştırılması

Serkan EYMUR¹, Nihat TUĞLUOĞLU^{2*}

^{1,2}Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye

Geliş Tarihi: 31.03.2020

Kabul Tarihi: 21.04.2020

*Sorumlu Yazar: nihattugluoglu@giresun.edu.tr

Öz

İndiyum (In) omik kontaklı n-Si yarıiletkeni üzerinde döndürme kaplama yöntemi ile bakır ftalosiyanın (CuPc) organik ince film biriktirilmiştir. Doğrultucu kontak oluşturmak için altın (Au) metali ısıl buharlaştırma tekniği yardımı ile oluşturulmuştur. Sonuçta Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyot yapısı üretilmiştir. İdealite faktörü, Schottky engel yüksekliği, doyma akımı, seri direnç ve şönt direnci gibi diyot parametreleri akım-gerilim (I-V) ölçümleri yardımıyla araştırılmıştır. Au ve n-Si arasında biriktirilen CuPc ince filmi iyi bir doğrultma özelliği göstermiştir. Bu analizde, Schottky engel yüksekliği ve idealite faktörü değerleri oda sıcaklığında sırasıyla 0.757 eV ve 2.49 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, üretilen diyodun çeşitli optoelektronik uygulamalarda kullanılabilceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bakır ftalosiyanın, Schottky engel diyot, akım-gerilim, engel yüksekliği, idealite faktörü.

Fabrication of Au/CuPc/n-Si/In Schottky Diode and Investigation of Diode Parameters from Current-Voltage Characteristics

Abstract

Copper phthalocyanine organic thin film was deposited on n-Si semiconductor with indium (In) ohmic contact by the spin coating method. Gold (Au) metal is formed by thermal evaporation technique to form a rectifier contact. As a result, Au/CuPc/n-Si/In Schottky diode structure was produced. Diode parameters such as ideality factor, Schottky barrier height, saturation current, series resistance and shunt resistance were investigated by means of current-voltage (I-V) measurements. CuPc thin film deposited between Au and n-Si has shown a good rectifying properties. From this analysis, the values of Schottky barrier height and ideality factor at room temperature have determined as 0.757 eV and 2.49, respectively. Results show that the fabricated diode can be used in various optoelectronic applications.

Keywords: Copper phthalocyanine, Schottky barrier diode, current-voltage, barrier height, ideality factor.

1. Giriş

Organik yarı iletkenler; elektronik(Simonsen ve ark., 2009), optoelektronik (Clark ve Lanzani, 2010) ve fotonik (Capelli ve ark., 2010) cihazlardaki potansiyel uygulamaları nedeniyle artan ilgi görmektedir. Organik yarı iletkenlere dayanan cihaz teknolojisi, inorganik benzerlerine kıyasla nispeten düşük maliyetli ve imal edilmesi kolaydır (Sayyad ve ark., 2010) Yaygın olarak kullanılan ilginç bir yaklaşım, her iki malzeme türünün avantajlarından aynı anda tek bir cihazda yararlanmak için organik-inorganik (OI) heterojeksiyonların üretilmesidir (Güllü ve Türüt, 2008; Aydın ve ark., 2007). Bu tür cihazlarda, organik malzeme, düşük sıcaklık ve yapısal çeşitlilikte güvenilir ince film üretim teknikleri sunarken inorganik malzeme ise bir dizi elektronik, kimyasal ve mekanik özellik ile ısı kararlılık sağlar (Akkılıç ve ark., 2010).

MPc (M = iki değerli metaller) formülüne sahip ftalosiyanın (Pc) bileşikler geleneksel olarak boya ve pigment olarak kullanılmaktadır. MPc, düşük maliyeti ve potansiyel olarak yüksek fotoelektronik özellikleri nedeniyle özel bir ilgi sunmaktadır. Ayrıca, alan etkili transistörler, doğrusal olmayan optikler ve moleküler sensörler için de MPc'nin kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (Bao ve ark., 1996). MPc, organik ışık yayan diyotlar (OLED'ler) (Ishii ve Taga, 2002) ve güneş pilleri (Chen ve ark., 2013) gibi moleküler optoelektronik cihazlar için en umut verici malzemeler olarak tanımlanabilir.

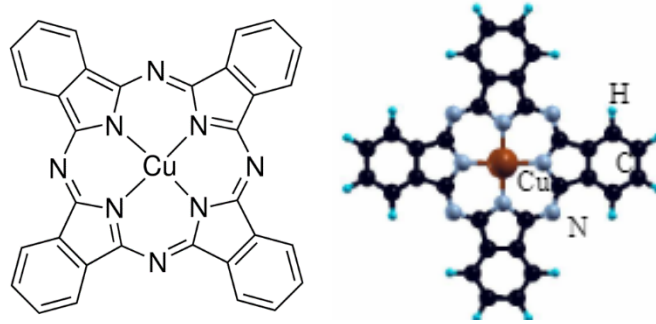
Bakır ftalosiyanın (CuPc), belirgin fotovoltaiik etkisi ve foto iletkenlik özellikleri nedeniyle organik güneş pillerinde soğurucu olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Tang, 1986). Temel olarak, CuPc, p tipi bir yarı iletken davranış sergileyen en önemli organik moleküllerden biridir. CuPc, iyi termal, kimyasal kararlılık ve IR bölgesinde uzanan ve kabul edilebilir hareketlilik değerleri ile görünür bölge aralığının ötesinde büyük soğurmanın eşlik ettiği kristal yapısından dolayı aktif bir tabaka olarak kabul edilmiştir (Snow ve Barger, 1989; Forrest, 1997; Prabakaran ve ark., 2008). Bu göze çarpan özellikler CuPc'yi gelecekteki elektronik cihazların geliştirilmesi için potansiyel bir aday haline getirmektedir

Bu çalışmada, Al/CuPc/n-Si/In Schottky diyot yapısı hem ısısal buharlaştırma hem de döndürme ile kaplama tekniği kullanılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan bu organik/inorganik yarıiletken diyotların elektronik özelliklerini araştırmak amacıyla, karanlık altında akım-gerilim (I-V) ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerden diyotun ideallik faktörü, engel yüksekliği, doyma akımı, seri direnç ve arayüzey durum yoğunluğu gibi elektronik parametreleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bakır Ftalosiyanınin (CuPc) Organik Yarıiletken Özellikleri

Bakır Ftalosiyanınin (CuPc), metal ftalosiyanınlerin bir üyesi olup, molekül formülü $C_{32}H_{16}CuN_8$ dir. Şekil 2.1’de CuPc molekülünün yapısal formülü görülmektedir (Schuster ve ark., 2010). CuPc’nin molar kütlesi 576,07 g/mol, erime derecesi 350 °C ve yoğunluğu 1,59 g/cm³ dür (URL 1). CuPc’nin boş olan en düşük enerjili moleküler orbitali (LUMO) ve dolu olan en yüksek enerjili moleküler orbitali (HOMO) enerji değerleri sırasıyla 3,5 eV ve 5,2 eV dur (URL 1). CuPc’nin dielektrik sabiti ise 3,52’dir (Singh ve Ravindra, 2010).



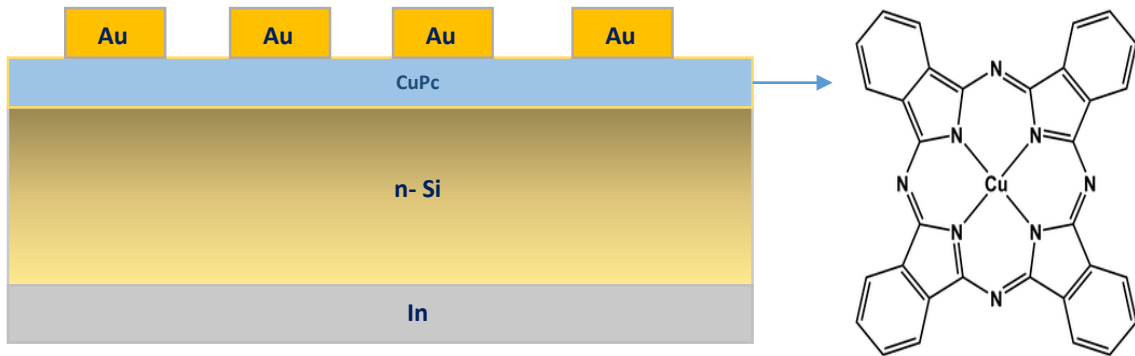
Şekil 1. Bakır Ftalosiyanınin (CuPc) molekülünün yapısal formülü ($C_{32}H_{16}CuN_8$) (Schuster ark., 2010; URL1)

2.2. Au/CuPc/n-Si/In Schottky Diyotların Üretilmesi

Bu çalışmada kullanılan Silisyum kristali, fosfor (P) katkılı (yani, n tipi), CZ (Czochralski) tekniği ile büyütülmüş, 20 Ω -cm özdirençli, 380 μ m kalınlığında ve (100) düzleminde 5 cm çapındadır. İlk olarak, silisyum, yüzeyindeki olası yağları temizlemek için ultrasonic banyoda sırasıyla trikloretilen, aseton ve metanol dolu beherde 10 dakika titreştirilmiş ve her işlemten sonra 18 M Ω -cm özdirençli deiyonize su ile ultrasonic banyoda 5 dakika çalkalanmıştır. Silikon yüzeyindeki organik ve inorganik artıkları uzaklaştırmak için, beher içerisine H₂O (325 ml) + (27%) NH₄OH (65 ml) karışımı konularak ısıtılmıştır (Akgül, 2015). Isıtılan karışıma (30%) H₂O₂ (65 ml) eklenip kabarcıklar oluştuğundan sonra silikon kristalleri oluşan yeni karışımın içinde ultrasonic banyoda 15 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 18 M Ω -cm dirençli deiyonize su ile bolca durulanmıştır. Bu esnada silikon yüzeyinde bir miktar oksit tabakası oluşabileceğinden bu tabakanın etkisini en az düzeye indirebilmek için, teflon beher içerisindeki deiyonize suya (480ml), HF (20ml)

eklenmiştir. Oluşan karışıma silisyum kristal konularak 2 dakika çalkalanmış, bolca deiyonize su ile durulanmış ve azot (N₂) gazı ile kurutulmuştur. Daha sonra vakum ortamında ısısız buharlaştırma tekniği yardımıyla Omik kontak yapımı için indiyum (In, % 99.99 saflıkta) metali kullanılmıştır. Omik kontak için 150 nm indiyum kalınlığına ulaştıktan sonra buharlaştırma işlemi sonlandırılmıştır. Aynı vakum ortamında tungsten levha üzerinde silisyum kristali ısıtılarak omik kontak oluşturulmuştur. CuPc organik malzemesini çözmek için çözücü olarak amonyak ve etanolden yararlanılmıştır. 10 mg CuPc'nin 200 ml amonyak-etanol (1:1) içerisindeki çözeltisi hazırlanmıştır. Si kristalinin parlak yüzeyine Laurell marka döndürme ile kaplama (spin coater) cihazı yardımıyla 50 μ l CuPc çözeltisi damlatılmıştır. Kaplama cihazı önce 500 devir/dakika'da 30 saniye, daha sonra 1200 devir/dakika'da 60 saniye çalıştırılmıştır. Bu işlem kalın film elde etmek için 5 kez tekrarlanmıştır ve toplamda 250 μ l çözelti kullanılmıştır. 1 MHz kapasite ölçümlerinden elde edilen CuPc kalınlığı yaklaşık 810 nm elde edilmiştir. Doğrultucu kontak oluşturmak için yaklaşık 2 mm çaplı deliklere sahip maske seçilmiştir. Vakum odasında basınç 1×10^{-5} Torr'a ulaşıncaya doğrultucu kontak için 150 nm kalınlığında altın (Au, %99.99 saflıkta) metali biriktirilmiştir.

Sonuç olarak, aynı şartlarda hazırlanmış çok sayıda Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyot yapısı üretilmiştir. Şekil 2'de silisyum alttabaka üzerinde üretilen Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyotların şematik diyagramı görülmektedir. Üretilen Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyotların, oda sıcaklığında karanlıkta akım-gerilim (I-V) ölçümleri için Keithley 2400 Source Meter cihazı kullanılmıştır.



Şekil 2. Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyotun şematik yapısı.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Akım-Gerilim (I-V) Karakteristiklerinden Diyot Parametre Hesabı

Şekil 3. de oda sıcaklığında karanlıkta Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyota ait düz ve ters beslem akım-gerilim (I-V) karakteristiği verilmiştir. Ölçümler -2 V ve +2 V arasında alınmıştır. Termiyonik emisyon (TE) teorisine göre, akım ve gerilim arasındaki bağıntı (Sze, 1981; Yüksel ve ark., 2013; Tuğluoğlu ve Karadeniz, 2012),

$$I = I_0 \left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right) \right] \quad (1)$$

ile verilir. Burada q elektron yükünü, k Boltzmann sabitini, I akımı, V diyot gerilimini, ve T Kelvin cinsinden sıcaklığı ifade etmektedir. I_0 çoğunluk taşıyıcıları için ters doyum akımı olup,

$$I_0 = AA^*T^2 \exp\left[\frac{-q\Phi_B}{kT}\right] \quad (2)$$

ile ifade edilir. Burada Φ_B , A ve A^* sırasıyla Schottky engel yüksekliği, diyot alanı ve Richardson sabitidir. İdeal durumdan farklı durumları belirlemek için (1) ifadesine idealite faktörü (n) olarak adlandırılan bir ifade eklenir. Bu durumda (1) denklemini;

$$I = I_0 \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) \quad (3)$$

şeklinde ifade edilir. Burada idealite faktörü ara yüzey durumlarına, uygulanan gerilime ve sıcaklığa bağlı olup, değeri 1'den büyüktür. Elde edilen yapıların ideallik faktörleri yarı logaritmik I-V eğrisinin eğiminden hesaplanmıştır (Denklem 4) (Akgül, 2015; Sze, 1981; Yüksel ve ark., 2013).

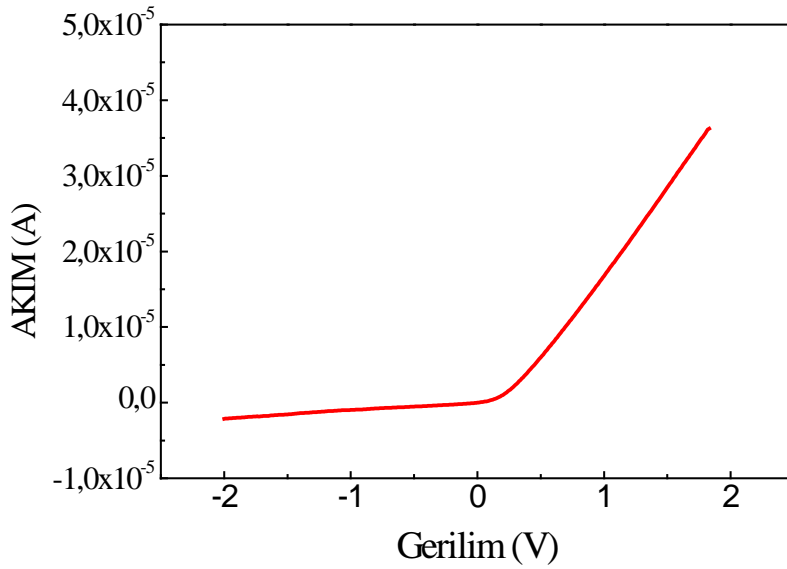
$$n = \frac{q}{kT} \frac{dV}{d(\ln I)} \quad (4)$$

Denklem 2'nin her iki tarafının logaritması alınarak Φ_B 'ye göre çözümlerse

$$\Phi_B = \frac{kT}{q} \ln\left(\frac{AA^*T^2}{I_0}\right) \quad (5)$$

denklemleri elde edilir. (4) ve (5) ifadeleri kullanılarak n ve Φ_B değerleri belirlenmiştir.

Tablo 1’de karanlıkta ve aydınlık altında Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyodu için I-V eğrilerinden elde edilen n , Φ_B , I_0 ve N_{ss} değerleri verilmiştir. (Khan ve ark., 2011) Au/p-VoPc/n-Si Schottky diyodu hazırlamışlar ve n , Φ_B ve I_0 değerlerini sırasıyla 3.42, 0.77 eV ve 60 nA olarak rapor etmişlerdir. (El-Nahass ve ark., 2007) Au/p-NiPc/n-Si Schottky diyodu üretmişler ve n , Φ_B ve I_0 değerlerini sırasıyla 1.68, 0.55 eV ve 20 nA olarak rapor etmişlerdir. (Baraz ve ark., 2017) Au/biphenyl-CoPc/n-Si diyot hazırlamışlar diyotun n , Φ_B ve I_0 değerlerini sırasıyla 3.8, 0.84 eV ve 70.5 nA olarak hesaplamışlar ve ayrıca da Au/OHSubs-ZnPc/n-Si diyot üretmişler ve diyotun n , Φ_B ve I_0 değerlerini sırasıyla 4.8, 0.70 eV ve 216 nA olarak rapor etmişlerdir.



Şekil 3. Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyotun karanlık altında düz ve ters beslem I-V karakteristikleri.

Bir Schottky diyot için doğrultma oranları (RR) akım-gerilim grafiğinden denklem (6) kullanılarak elde edilir (Sze, 1981)

$$RR = \frac{I_d}{I_t} \quad (6)$$

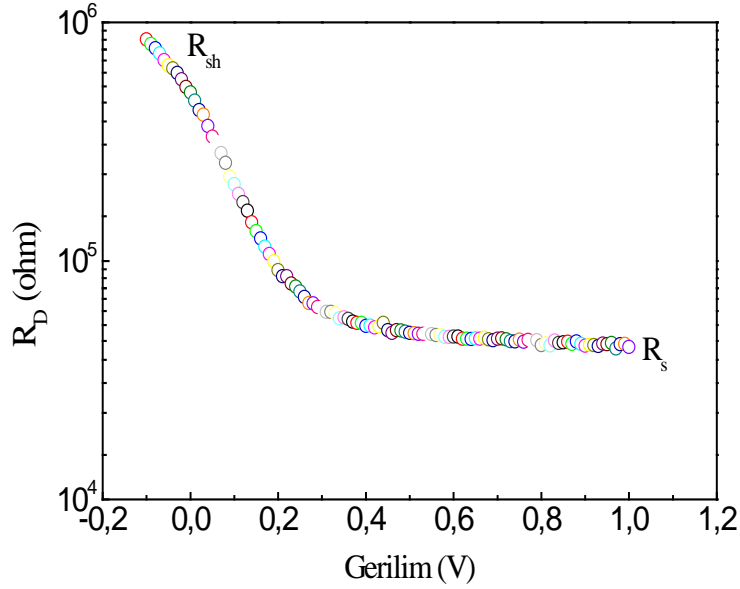
Denklemden, sabit bir gerilim değerindeki I_d , düz beslem akımı ve I_t ise ters beslem yönündeki akımdır. Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyodu için +2 V ve -2V değerleri için karanlıkta doğrultma oranı hesaplanmış ve Tablo 1 de verilmiştir. Tablo 1 incelediğimizde doğrultma oranı karanlıkta 18.34 dir. Elde edilen değerler literatürde rapor edilen Schottky diyotların doğrultma değerleri açısından bakıldığında yeterli olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyotun karanlıkta altında I-V ölçümlerinden elde edilen diyot parameter değerleri.

	n	Φ_B (eV)	I_o ($\times 10^{-8}A$)	N_{ss} ($\times 10^{10}eV^{-1}cm^{-2}$)	RR ($\pm 2V$)	R_s (k Ω)	R_{sh} (k Ω)
Karanlık	2.49	0.757	6.21	3.25	18.34	36.9	368

3.2. Seri Direnç Hesabı

Schottky diyotun performansını ve kalitesini anlamak için seri direnç (R_s) ve şönt direnci (R_{sh}) önemli parametrelerdendir (Sze, 1981). Ohm yasasını ($R_d = dV_i/dI_i$) kullanarak düz ve ters beslem I-V karakteristiklerinden yararlanarak uygulanan gerilime bağlı olarak yapının direnci (R_d) hesaplanmış ve Şekil 3.2 de verilmiştir. Düz beslemde R_i değerleri minimum değere yaklaşarak seri direnç (R_s) değerini verirken ters beslemde maksimum değere yaklaşarak şönt direnç (R_{sh}) değeri elde edilmiştir. Karanlıkta ve aydınlıkta elde edilen R_s ve R_{sh} değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Au/CuPc/n-Si Schottky diyodu için karanlıkta R_s ve R_{sh} değerleri sırasıyla 36,9 k Ω ve 368 k Ω olarak elde edilmiştir. (Khan ve ark., 2011) Au/p-VoPc/n-Si Schottky diyodu hazırlamışlar ve R_s ve R_{sh} değerlerini sırasıyla 1,4 k Ω ve 0,1 M Ω olarak rapor etmişlerdir. (El-Nahass ve ark., 2007) Au/p-NiPc/n-Si Schottky diyodu üretmişler ve R_s ve R_{sh} değerlerini sırasıyla 1,33 k Ω ve 4,12 M Ω olarak rapor etmişlerdir. (Baraz ve ark., 2017) Au/biphenyl-CoPc/n-Si ve Au/OHSubs-ZnPc/n-Si diyotları üretmişler ve R_s değerleri için sırasıyla 115 Ω ve 62 Ω ve R_{sh} değerlerini de sırasıyla 270 k Ω ve 242 k Ω olarak hesaplamışlardır.



Şekil 4. Au/CuPc/n-Si Schottky diyot için karanlıkta altında ohm yasasından seri direnç (R_s) ve şönt direnç (R_{sh}) değerleri

Seri direnç hesaplama yöntemlerinden bir diğeri de Norde yöntemidir (Norde, 1979). TE Teorisinden bulunan akım yoğunluğu ifadesi diyotun etkin alanıyla çarpıldığında toplam I akımı ($qV \gg 3kT$) (Akgül, 2015; Sze, 1981; Yüksel ve ark., 2013);

$$I = AA^*T^2 \exp\left(\frac{-q\Phi_B}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) - 1 \right] \quad (7)$$

olur. Schottky diyoduna uygulanan V geriliminin bir kısmı da seri direnç üzerine düşeceğinden dolayı (7) ifadesi,

$$I = AA^*T^2 \exp\left(\frac{q\Phi_B}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{q(V - IR)}{nkT}\right) - 1 \right] \quad (8)$$

şeklini alır. Burada $(V - IR)$ terimi diyot üzerine düşen gerilimdir.

1986'da Bohlin (Bohlin, 1986) ideallik faktörünün 1'den büyük olması durumunda Norde fonksiyonunu yeniden düzenledi. Burada γ , ideallik faktöründen küçük olmamak üzere ($1 < n < \gamma$) ilk büyük tam sayıdır. Böylece ideallik faktörü büyük olan diyotlar için $I-V$ ölçümlerinden elde edilen R_s , Φ_B ve n 'in daha doğru olarak belirlenmesini mümkün kılar. Buna göre modifiye edilmiş yeni Norde fonksiyonu,

$$F(V, \gamma) = F_R(V) = \frac{V}{\gamma} - \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{V}{RAA^* T^2} \right) \quad (9)$$

şeklde ifade edilir. Gerekli düzenlemeler yapıldığında engel yüksekliği ve seri direnç,

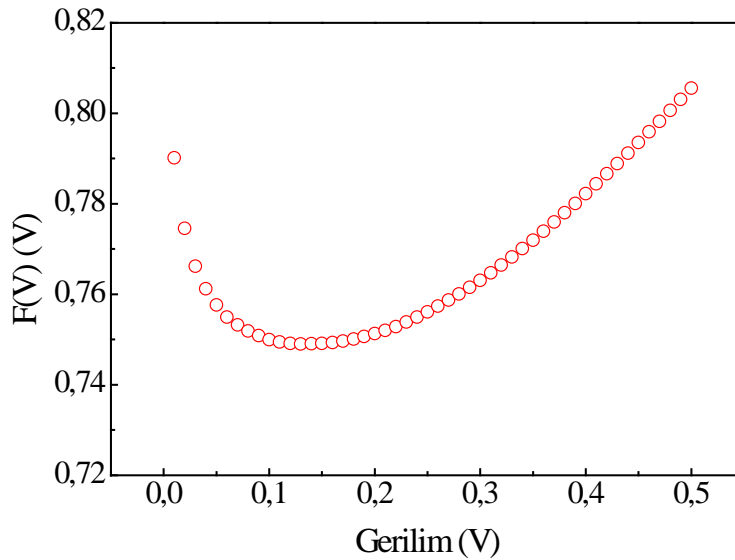
$$\Phi_B = F(V_0, \gamma) - \left(\frac{1}{\gamma} - \frac{1}{n} \right) V_0 - \frac{(\gamma - n)}{(\beta n)} \quad (10)$$

ve

$$R_s = \left(\frac{\gamma - n}{\beta I_0} \right) \quad (11)$$

ifadeleri elde edilir.

Geliştirilmiş Norde (Norde, 1979) metoduna göre Au/CuPc/n-Si Schottky diyot için karanlıkta altında engel yüksekliği ve seri direnç değerleri (9) denklemi yardımıyla çizilen $F(V)$ - V eğrilerinden elde edilmiştir. Şekil 5'de Au/CuPc/n-Si Schottky diyotun karanlıkta altında $F(V)$ - V eğrisi görülmektedir. Şekil 5 incelendiğinde karanlıkta ve aydınlık altında diyota ait $F(V)$ fonksiyonu bir minimumdan geçmektedir. (10) ve (11) denklemlerinden Φ_B ve R_s değerleri belirlenmiştir ve Tablo 2 de verilmiştir. (Oruç ve Altındal, 2018) Au/FePc/p-Si Schottky diyotu hazırlamışlar ve Norde metoduna göre Φ_B ve R_s değerlerini sırasıyla 0.84 eV ve 165.6 k Ω hesaplamışlardır.



Şekil 5. Au/CuPc/n-Si Schottky diyodun karanlık altında $F(V)$ - V karakteristikleri.

Tablo 2. Au/CuPc/n-Si Schottky diyodun karanlıkta altında Norde metodu $F(V)$ fonksiyonu yardımıyla elde edilmiş Φ_B ve R_s değerleri.

	R_s (k Ω)	Φ_B (eV)	$F(V_0)$ (V)	V_0 (V)	I_0 (x10 ⁻⁷ A)
Karanlık	44.5	0.751	0.750	0.10	2.96

3.3. Arayüzey Durum Yoğuluğu Hesabı

Arayüzey durumları, yarıiletken yasak enerji bant aralığında olup belirli bir yoğunluğa sahiptir. I - V karakteristikleri yardımıyla Schottky diyotların arayüzey tuzak yoğunlukları (N_{ss}) değeri (Akgül, 2015; Sze, 1981)

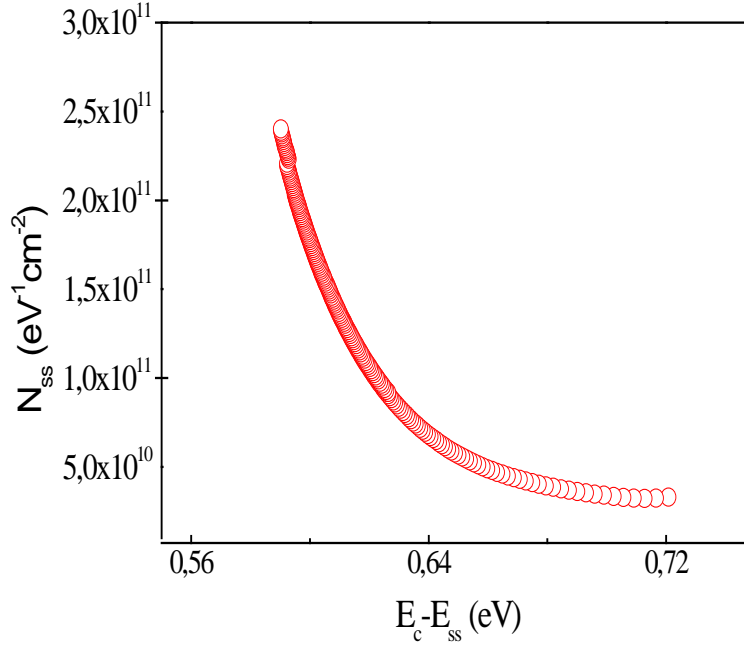
$$N_{ss} = \frac{1}{q} \left(\frac{\varepsilon_i}{\delta} (n(V) - 1) - \frac{\varepsilon_s}{W_D} \right) \quad (12)$$

ifadesinden elde edilmiştir. n-tipi bir yarıiletken için iletim bandının alt seviyesine göre arayüzey durumlarının enerjileri (E_{ss}) (Akgül, 2015; Sze, 1981);

$$E_c - E_{ss} = q(\Phi_e - V) \quad (13)$$

ile verilir. Denklem 12 ve 13'de verilen ifadelerde, q elektron yükü, δ arayüzey tabakası kalınlığı, W_D tükenim tabakası genişliği, ε_i arayüzey katmanı geçirgenliği (CuPc = 3.5 F/cm), ε_s yarıiletken geçirgenliği (11,8 F/cm) olarak ifade edilir.

Au/CuPc/n-Si Schottky diyodun karanlık altında arayüzey durum yoğunluğunun enerjiye bağlı dağılımı Şekil 6'da verilmiştir. Yasak enerji bant aralığının ortasından başlayarak bir minimumdan geçen arayüzey durumları, iletim bandının alt seviyesine doğru artış göstermektedir. Tablo 1'de Au/CuPc/n-Si Schottky diyodun karanlık altında hesaplanan ortalama arayüzey durumlarının değerleri verilmiştir. Arayüzey durumların değerleri karanlıkta 0.591 eV'ta 2.33×10^{11} eV⁻¹ cm⁻² ve 0.716 eV'ta 3.24×10^{10} eV⁻¹ cm⁻² olarak elde edilmiştir. Elde edilen değerleri baktığımızda karanlıkta arayüzey durumların yoğunluğu iletim bandına doğru azalmakta valans bandına doğru ise artmaktadır.



Şekil 6. Au/CuPc/n-Si Schottky diyodun karanlık altında arayüzey durum yoğunluklarının enerjiye bağlı dağılımları.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Au/bakır ftalosiyanın (CuPc)/n-Si/In Schottky diyot yapısı üretildi. Tipik Schottky diyot yapısı gözlemlendi. Bu gözlemden yararlanarak, karanlıkta akım-gerilim (*I-V*) ölçümlerinden idealite faktörü, engel yüksekliği, doyma akımı, seri direnç, şönt direnci ve arayüzey durum yoğunluğu gibi diyot karakteristik parametreleri elde edildi. CuPc organik filmin, diyotun elektriksel parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. *I-V* karakteristiklerden, karanlıkta altında Au/CuPc/n-Si/In Schottky diyot idealite faktörü, engel yüksekliği, ara yüzey durum yoğunluğu değerleri sırasıyla 2.49, 0.757 eV ve $3.25 \times 10^{10} \text{ eV}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ olarak belirlenmiştir. Üretilen diyot, organik/inorganik heteroeklemlerin elektronik uygulamalarında kullanılma potansiyeline sahiptir.

Teşekkür

Bu çalışma, FEN-BAP-C-09112017-163 proje numarası ile Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Ofisi tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Akgül, K.B. (2015). *Aynı şartlar altında üretilen özdeş Au/n-Si (100) Schottky diyotlarda karakteristik parametrelerin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akkılıç, K., Ocak, Y., Kılıçoğlu, T., İlhan, S. and Temel, H. (2010). Calculation of current-voltage characteristics of a Cu (II) complex/n-Si/AuSb Schottky diode. *Current Applied Physics*, 10, 337-341.
- Aydin, M.E., Yakuphanoglu, F., Eom, J.-H. and Hwang, D.-H. (2007). Electrical characterization of Al/MEH-PPV/p-Si Schottky diode by current-voltage and capacitance-voltage methods. *Physica B*, 387, 239.
- Baraz, N., Yücedağ, İ., Demir, A., Ersöz, G., Altındal, Ş. and Kandaz, M. (2017). Controlling the electrical characteristics of Au/n-Si structure with and without (biphenyl-CoPc) and (OHSubs-ZnPc) interfacial layers at room temperature. *Polymers Advanced Technologies*, 28, 952-957.
- Bao, Z., Lovinger, A.J. and Dodabalapur, A. (1996). "Organic field-effect transistors with high mobility based on copper phthalocyanine. *Applied Physics Letters*, 69, 3066.
- Bohlin, K.H. (1986). Generalized Norde plot including determination of the ideality factor. *Journal of Applied Physics*, 60, 1223-1224.
- Capelli, R., Toffanin, S., Generali, G., Usta, H., Facchetti, A. and Muccini, M. (2010). Organic light-emitting transistors with an efficiency that outperforms the equivalent light-emitting diodes. *Nature Materials*, 9, 496.
- Chen, X., Taguchi, D., Manaka, T. and Iwamoto, M. (2013). Study of blocking effect of Cu-phthalocyanine layer in zinc oxide/pentacene/CuPc/C₆₀/Al organic solar cells by electric field-induced optical second harmonic generation measurement. *Organic Electronics*, 14, 320-325.
- Clark, J. and Lanzani, G. (2010). Organic photonics for communications. *Nature Photonics*, 4, 438.
- El-Nahass, M.M., Abd-ül-Rahman, K.F. and Darwish A.A.A. (2007). Fabrication and electrical characterization of p-NiPc/n-Si heterojunction. *Microelectronics Journal*, 38, 91-95.
- Forrest, S.R. (1997). Ultrathin Organic Films Grown by Organic Molecular Beam Deposition and Related Technique. *Chemical Review*, 97, 1793-1896.
- Güllü, Ö. and Türüt A. (2008). Photovoltaic and electronic properties of quercetin/p-InP solar cells. *Solar Energy Materials Solar Cells*, 92, 1205-1210.
- Ishii, M. and Taga, Y. (2002). Influence of temperature and drive current on degradation mechanisms in organic light-emitting diodes. *Applied Physics Letters*, 80, 3430.
- Khan, S.M., Sayyed, H.H. and Karimov, K.S. (2011). Investigation of temperature-dependent electrical properties of p-VOPc/n-Si heterojunction under dark conditions. *Ionics*, 17, 307-313.
- Norde, H.A. (1979). Modified forward I-V plot for schottky diodes with high series resistance. *Journal of Applied Physics*, 50, 5052-5054.
- Oruç, Ç. and Altındal, A. (2018). Comparative study of I-V methods to extract Au/FePc/p-Si Schottky barrier diode parameters. *Applied Physics A*, 124, 81-88.
- Prabakaran, R., Fortunato, E., Martins, R. And Ferreira, I. (2008). Fabrication and characterization of hybrid solar cells based on copper phthalocyanine/porous silicon. *Journal of Non Crystalline Solids* 354, 2892-2896.
- Sayyad, M.H., Saleem, M., Karimov, K.S., Yaseen, M., Ali, M., Cheong, K.Y. and Noor, A.F.M. (2010). Synthesis of Zn(II) 5,10,15,20-tetrakis(4'-isopropylphenyl)porphyrin and its use as a thin film sensor. *Applied Physics A*, 98, 103.
- Schuster, C., Kraus, M., Opitz, A., Brütting, W. and Eckern, U. (2010). Transport properties of copper phthalocyanine based organic electronics devices. *The European Physical Journal Special Topics*, 80, 117-134.
- Singh, P. and Ravindra, N.M. (2010). Optical properties of metal phthalocyanines. *Journal of Materials Science*, 45, 4013-4020.
- Simonsen, J., Handke, B., Li, Z. and Møller, P. (2009). A study of the interaction between perylene and the TiO₂(110)-(1x1) surface-based on XPS, UPS and NEXAFS measurements. *Surface Science*, 603, 1270.
- Snow, A.W., Barger, W.R. (1989). in *Phthalocyanines: Properties and Applications*, (VCH Publishers, New York) (Chapter 5).
- Sze, S. M. (1981). *Physics of Semiconductor Devices* (Second edition). New York:John Wiley & Sons, 362-390.
- Tang C.W. (1986). Two-layer organic photovoltaic cell. *Applied Physics Letters*, 48,183.

- Tuğluoğlu, N. and Karadeniz, S. (2012). Analysis of current-voltage and capacitance-voltage characteristics of perylene-monoimide/n-Si Schottky contacts. *Current Applied Physics*, 12, 1529-1535.
- URL 1: <https://www.ossila.com/product/cupc>
- Yüksel, Ö. F., Tuğluoğlu, N., Gülveren, B., Şafak, H. and Kuş, M. (2013). Electrical Properties of Au/perylene-monoimide/p-Si Schottky Diode. *Journal of Alloys and Compounds*, 577, 30-36.