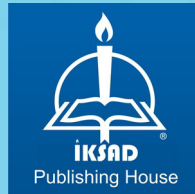


FEN VE MÜHENDİSLİKTE ANALİZ, SENTEZ VE UYGULAMALAR

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜLDAL



FEN VE MÜHENDİSLİKTE ANALİZ, SENTEZ VE UYGULAMALAR

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜLDAL

YAZARLAR

Doç. Dr. Nurgün BÜYÜKKIDAN

Dr. Öğr. Üyesi Emine BAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Mehriban EMEK

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAĞLAR

Dr. Öğr. Üyesi Nihat ERSOY

Dr. Öğr. Üyesi Seda ERDÖNMEZ

Dr. Öğr. Üyesi Yaşar KARABUL

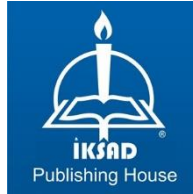
Öğr. Gör. Nagehan AYDIN SARI

Öğr. Gör. Şaban BAŞ

Dr. Begümhan TURGUT

Dr. Ethem İlhan ŞAHİN

Dr. Jamal Eldin Fadoul Mohammed IBRAHİM



Copyright © 2023 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2023©

ISBN: 978-625-367-011-5

Cover Design: İbrahim KAYA

March / 2023

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜLDAL.....1

BÖLÜM 1

KÜRESEL TRİGONOMETRİ

Dr. Öğr. Üyesi Nihat ERSOY3

BÖLÜM 2

TERMOPLASTİK POLİÜRETAN/GADOLİNYUM OKSİT KOMPOZİTLERİNİN RADYASYON ZIRHLAMA ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Yaşar KARABUL

Dr. Öğr. Üyesi Seda ERDÖNMEZ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAĞLAR35

BÖLÜM 3

2,5-PİRİDİN DİKARBOKSİLİK ASİT VE PİPERAZİNİN KARIŞIK LİGANDLI KOMPLEKSLERİ

Doç. Dr. Nurgün BÜYÜKKIDAN49

BÖLÜM 4

İLETİŞİM UYGULAMALARI İÇİN MİKRODALGA DİELEKTRİK Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ MALZEMELERİN İNCELENMESİ

Dr. Ethem İlhan ŞAHİN

Dr. Öğr. Üyesi Mehriban EMEK

Dr. Jamal Eldin Fadoul Mohammed IBRAHİM67

BÖLÜM 5

BÜYÜK BOYUTLU OPTİMİZASYON PROBLEMLERİ İÇİN BALÇIK KÜFÜ ALGORİTMASI

Dr. Öğr. Üyesi Emine BAŞ

Öğr. Gör. Şaban BAŞ83

BÖLÜM 6
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN ELEKTRONİK TİCARETE
İLİŞKİN TUTUM VE İLGİLENİM SEVİYELERİNİN
BELİRLENMESİ ORDU ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER
MESLEK YÜKSEKOKULU ÖRNEĞİ

Dr. Begümhan TURGUT

Öğr. Gör. Nagehan AYDIN SARI.....99

ÖN SÖZ

Bu kitapta, alanın uzmanları tarafından yazılmış çeşitli araştırmaları sizler için derledik. İlerleyen bölümlerde kimyasal madde sentezinden bilgisayar algoritmalarına kadar birçok konuya yer verilmiştir.

Birinci bölümde, “Küresel Trigonometri” başlıklı bölümde küresel trigonometri çeşitli yönleriyle sunulmuş ve böylece bir rehber hazırlamak amaçlanmıştır. İkinci bölümde, “Termoplastik Poliüretan/Gadolinium Oksit Kompozitlerinin Radyasyon Zırhlama Özelliklerinin İncelenmesi” başlıklı bölümde radyasyona direnci incelenerek zırhlamada kullanılacak alternatif kompozit malzeme analizleri sunuluyor. Üçüncü bölüm olan “İletişim Uygulamaları İçin Mikrodalga Dielektrik Ba(Zn1/3nb2/3)O3 Malzemelerin İncelenmesi” bölümünde ise araştırılan dielektrik malzemenin iletişim uygulamalarına katkısı kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Dördüncü bölümde, “2,5-Piridin Dikarboksilik Asit ve Piperazinin Karışık Ligandlı Kompleksleri” piperazin içeren kimyasal madde sentezi anlatılmıştır. Beşinci bölümde, “Üniversite Öğrencilerinin Elektronik Ticarete İlişkin Tutum ve İlgilenim Seviyelerinin Belirlenmesi Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Örneği” e-ticarete karşı son tutum ve davranışlar örneklem üzerinde tartışılmıştır. Altıncı bölümde, “Büyük Boyutlu Optimizasyon Problemleri İçin Balçık Küfü Algoritması” optimizasyon algoritması literatür taraması ve örnekler ile pekiştirilmiştir.

Bölümler için sağlanan içeriklerin tüm sorumluluğu ilgili bölümün yazarlarına aittir.

Bu kitaba katkılarından dolayı yazarlara ve IKSAD yayınevine teşekkür ederiz. Bu kitapta derlenen bölümlerde, analiz, sentez ve uygulamalar uzmanlar tarafından anlatılmıştır. Bu çalışmalar okuyucuya rehber niteliğinde olmasının yanı sıra farklı uygulamalara genişletmenin mümkün olması etki değeri daha yüksek bir çalışma olmasını sağlamıştır.

Dr. Öğr. Üyesi Serkan GÜLDAL

Mart 2023

BÖLÜM 1
KÜRESEL TRİGONOMETRİ
Dr. Öğr. Üyesi Nihat ERSOY¹

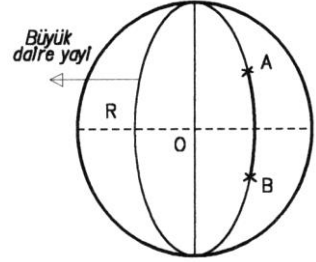
¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Bölümü, İstanbul, Türkiye. ersoy@yildiz.edu.tr Orcid.ID : 0000-0002-7068-8811

GİRİŞ

Bu üniteye kadar anlatılan konularda, düzlem üzerinde ölçülen açısal değerlerin haritacılıkta en çok kullanılan trigonometrik fonksiyonlarını gördük. Ancak büyük alanlarda yapılan ölçmelerde bu bilgiler yeterli olmamaktadır. Çünkü ; haritası yapılacak büyük alanların oluşturduğu dünyamızı düzlem olarak tanımlayamayız. Dünya (yerküre) üzerinde ölçülen yatay açıları oluşturan doğrultular, yatay doğrultular değildir. Bundan dolayı bunlar küresel açılardır. Aynı şekilde yerküre üzerinde ölçülen uzunluklarda, doğru parçaları olmayıp esasında yay parçalarıdır. Bu yüzden düzlem trigonometri yerine, küresel trigonometri temellerini bu ünite de göreceğiz.

1.KÜRESEL TRİGONOMETRİNİN TEMEL TANIMLARI

Uzayda sabit bir noktadan, uzaklıkları sabit olan noktalar geometrik bir yüzey oluşturur. Bu yüzeye **küresel yüzey**, bu yüzey ile çevrelenmiş cisme **küre** denir. Kürenin merkezi sabit bir O noktasıdır. Bu noktaya olan sabit uzunluklar da yarı çaptır (R). Kürenin merkezinden geçen kirişe **çap** denir. Çap, yarıçapın iki katıdır (2R). Küre yüzeyi bir dönele yüzey olup her çap dönme eksenini olarak alınabilir. Şekildeki O merkezinin koordinatları (X_0, Y_0, Z_0) olan ve yarıçapı R olan kürenin denklemi :



Şekil 1: Büyük daire

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2 = R^2$$

$$\text{Kürenin alanı} = F = 4\pi R^2$$

$$\text{Kürenin hacmi} = V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

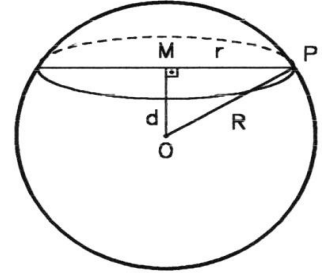
Küre ile ilgili bu hatırlatmaları yaptıktan sonra R yarıçaplı bir kürenin herhangi bir düzlem ile ara kesiti daima bir dairedir. Bir kürede iki çeşit daire vardır.

1.1. Büyük daire: Küre merkezinden (O) geçen bir düzlemin küre ile ara kesitine denir. Bu dairenin merkezi kürenin merkezi, yarıçapı ise kürenin yarıçapıdır. Küre üzerinde herhangi iki noktadan bir tek büyük daire geçer. Bu iki nokta bir çapın iki ucu ise bu noktalardan sonsuz sayıda büyük daire geçer (şekil 1).

Büyük daire üzerinde alınan A ve B gibi iki nokta ile büyük daire iki yaya ayrılır (\widehat{AB} , \widehat{BA}). Küre üzerinde bu iki nokta arasındaki en kısa uzaklık, bu iki noktayı birleştiren büyük daire yayıdır. Küre üzerinde büyük daireler daima iki noktada kesişirler ve bu kesim noktaları bir çapın iki ucunu oluştururlar. Bu durumda büyük daireler için paralellik söz konusu değildir.

1.2. Küçük daire: Küre merkezine uzaklığı, küre yarıçapından (R) küçük olan bir düzlemler kürenin ara kesitine denir.

Küre merkezinden (O), düzleme indirilen dikmenin (d) ayağı (M); küçük dairenin merkezidir (şekil 2). Buna göre küçük dairenin yarıçapı (r) ise



Şekil 2: Küçük daire

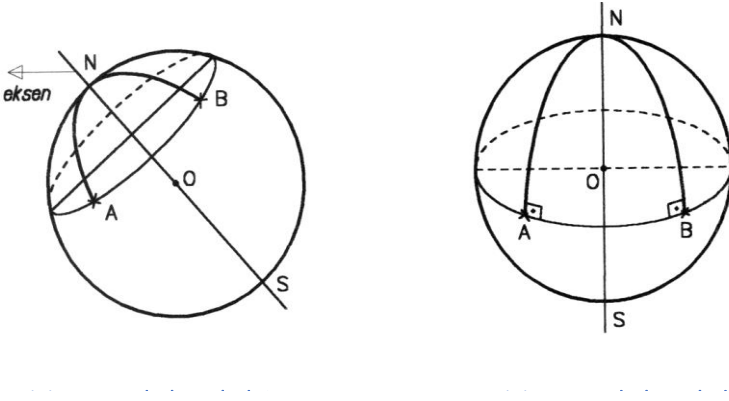
OMP dik üçgeninde,

$$r = \sqrt{R^2 - d^2} \quad \text{Eşitliği ile bulunabilir.}$$

Burada şu durumlar ortaya çıkabilir :

- $d > r$ İse düzlem küreyi kesmez.
- $d = r$ ise düzlem küreye teğet olur. Yani $r = 0$ dir.
- $d = 0$ ise ara kesit dairesinin yarıçapı kürenin yarıçapına eşit olur, Yani $r = R$ dir. Bu durumda düzlem kürenin merkezinden geçiyor demektir. Ara kesit **büyük daire** adını alır.
- $d < r$ ise ara kesit dairesinin yarıçapı kürenin yarıçapından küçük olur. Yani $d < r$ dir. Bu durumda düzlem küreyi keser. Ara kesit bir daire olduğu için küçük daire adını alır.

Küre üzerinde küçük dairelerin birbirine paralelliği söz konusudur. Uygulamada küre şeklinde düşünülen, dünyamız üzerindeki meridyen (boylam) daireleri ile ekvator birer büyük daire, enlem (paralel) daireleri ise birer küçük daire alınır.



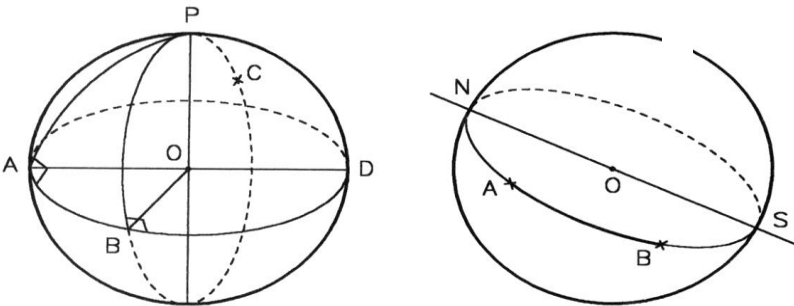
1.3. Eksen ve Kutup: Küre merkezinden küçük veya büyük daire düzlemine çizilen dikmeye **eksen** ; bu eksenin küreyi deldiği noktalara **kutup** denir (N: kuzey kutup, S: güney kutup).

Küçük daire üzerindeki her noktanın kutuplara olan uzaklıkları eşittir. Şekil 3'e göre N' e **yakın kutup**, S' e **uzak kutup** denir. Büyük dairenin bir kutbundan çevresi üzerindeki herhangi bir noktaya çizilen bir büyük daire yayı dörtte bir dairedir. Yani büyük daire üzerindeki her noktanın kutba olan uzaklıkları eşit olup dörtte bir büyük daire yayına eşittir ($\pi/2$) (şekil 4).

Küre yüzeyi üzerinde bir nokta ile bir çapın karşılıklı iki ucunda olmayan iki noktadan geçirilen iki büyük daire yayı, ayrı ayrı dörtte bir daire iseler, birinci nokta öteki iki noktadan geçen büyük dairenin kutbu olur.

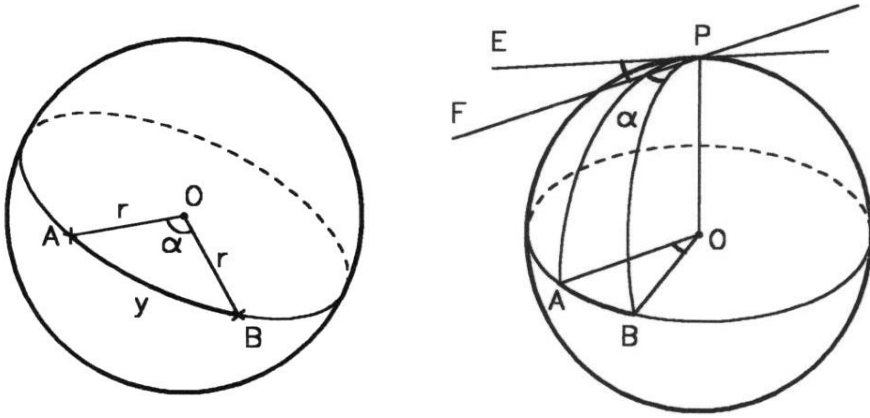
Sonuç olarak; bir dairenin çevresinde iki nokta alınır ve bu noktalardan verilen daireye dik yaylar çizilirse, bu yayların birleştiği nokta verilen dairenin kutbudur.

Herhangi bir büyük dairenin kutuplarından geçen büyük dairelere, ilk büyük dairenin **ikincil derece daireleri** (tali daire) denir. Kendisine de **esas daire** denir. Şekil 5'e de görüldüğü gibi PBC dairesi, ABD dairesinin tali (ikincil) dairesidir.



1.4. Kutupsal uzaklık: Küre üzerindeki bir noktanın, yakın kutba olan küresel uzaklığına kutupsal uzaklık denir. Kürenin büyük dairesi üzerindeki her noktanın, bu dairenin kutuplarına olan uzaklıkları birbirine eşit ve dörtte bir daire yayıdır. Kürenin küçük daireleri üzerindeki her noktanın, kutupsal uzaklıkları ise sadece birbirine eşittir.

1.5. Küresel uzunluk: Küre üzerinde alınan iki noktayı (A ve B), bir büyük daire yayı ile birleştirelim. Bu yayın uzunluğuna (AB), iki nokta arasındaki küresel uzunluk denir. Küre üzerinde bulunan bir dairenin herhangi bir noktasına (A veya B), bu dairenin kutbuna olan küresel uzaklığı sabittir (şekil 7).



Şekil 7

1.6. Küresel açı: Küre üzerinde iki büyük dairenin kesişmesinden meydana gelen eğriler arasındaki açığa küresel açı denir. Şekil 8'de görüldüğü gibi P noktasındaki küresel açı, P noktasından büyük daire yaylarına çizilen teğetler arasındaki açı ile ölçülür.

Küresel açı $= \alpha = \widehat{EPF}$ eşit olur.

Dik küresel açı 90° dar küresel açı 90° den küçük, geniş küresel açı ise 90° ile 180° arasındadır. Kesişen iki düzlemin arasındaki açı 180° ' den büyük olamayacağından, bir küresel açı 180° ' den büyük olamaz. Küresel açı; açı köşesini kutup kabul eden kürenin büyük dairesini açı yayları ile kesen noktalar arasındaki yayı gören merkez açı ile ölçülür. Şekil 8'e göre;

$$\widehat{APB} = \widehat{AB} \text{ olur.}$$

$$\left. \begin{array}{l} PE \perp OP \\ PF \perp OP \\ PE \parallel OA \\ PF \parallel OB \end{array} \right\} \text{ olduğundan} \quad \widehat{EPF} = \widehat{AOB} \text{ olur.}$$

$$\widehat{AOB} = \widehat{AB} \text{ olduğundan,} \quad \widehat{APB} = \widehat{AB} \text{ yayı ile ölçülür.}$$

2. KÜRESEL UZUNLUK VE AÇI DÖNÜŞÜMLERİ

Şekil 7 ' de görüldüğü gibi A ve B noktaları arasındaki küresel uzunluk, kürenin merkezinden bu uzunluğa karşılık gelen bir açı veya uzunluk birimi ile ölçülür. A ve B noktaları arasındaki yayın uzunluğu (y) ; kürenin yarıçapı (r) ve bu yayı merkezden gören açı α ise

$$\text{Yay} = y = r \cdot \frac{\alpha^\circ}{\rho^\circ} = r \cdot \frac{\alpha^g}{\rho^g} \quad (1)$$

Formülü ile küresel uzunluk bulunur. Küresel uzunluk biliniyorken buna karşılık gelen α açısı;

$$\alpha = \frac{y}{r} \cdot \rho^\circ = \frac{y}{r} \cdot \rho^g \quad (2)$$

Formülü ile bulunur.

Küresel uzunluk genellikle açı birimleri ile ifade edilir. α ile ρ aynı açı biriminde, y ile r aynı uzunluk biriminde alınmalıdır. Her iki formülde de r ve ρ hangi birimde alınmışlarsa y ve α değeri de aynı birimde bulunacaktır.

Tablo 1 : ρ ' nün derece ve grad birimlerine göre alacağı değerler

ρ°	$180 / \pi$	$= 57^\circ.2958$	ρ^g	$200 / \pi$	$= 63^g.6620$
ρ'	$(180 \times 60) / \pi$	$= 3437'.7468$	ρ^c	$(200 \times 100) / \pi$	$= 6366^c.20$
ρ''	$(180 \times 60 \times 60) / \pi$	$= 206264''.806$	ρ^{cc}	$(200 \times 100 \times 100) / \pi$	$= 636620^{cc}$

Örnek 1: Yerküre üzerinde 1000 km' lik bir uzunluk kaç derece ve kaç grad'lık açıya karşılık gelir ($r = 6370$ km) ?

Çözüm: (2) numaralı formül ile

$$\alpha^{\circ} = \frac{1000}{6370} \cdot 57^{\circ},2958 = 8^{\circ},9946$$

$$\alpha^s = \frac{1000}{6370} \cdot 63^s,6620 = 9^s,9840$$

Örnek 2: Yerküre üzerinde merkez açısı 1° veya 1^s olan büyük daire yayı parçasının uzunluğunu bulunuz ($r = 6370$ km).

Çözüm:

$$\alpha = 1^{\circ} \text{ veya } 1^s, \quad r = 6370 \text{ ve } \rho^{\circ} = 57.2958 \text{ ile } \rho^s = 63.6620$$

Verilen değerler Tablo 1'den alınıp (1) numaralı formüle uygulanırsa;

$$y = 6370 \frac{1^{\circ}}{57,2958} \cong 111,18 \text{ km} ; \quad y = 6370 \frac{1^s}{63,6620} \cong 100,06 \text{ km}$$

Örnek 3: Yerküre üzerinde 1 derece dakikalık açıya karşılık gelen uzunluk 1 deniz mili olarak tanımlanır. 1 deniz milinin uzunluğunu hesaplayınız ($r = 6370$ km).

Çözüm:

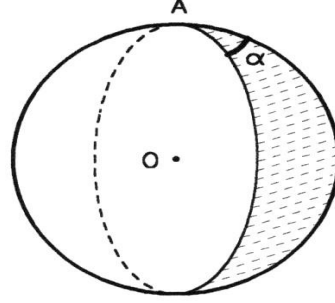
$$\alpha = 1' \text{ veriliyor. } \quad r = 6370 \text{ ve } \rho = 3437'.7468 \text{ Tablo 1'den alınıyor.}$$

$$(1) \text{ nolu formül ile } \quad y = 6370 \cdot \frac{1'}{3437,7468} \cong 1,852 \text{ km} = 1852 \text{ m}$$

Not: 1 mil dünyanın merkezindeki $1'$ lik açının dünya üzerindeki karşılığıdır. Denizcilikte çok kullanıldığından, kullanılan haritaların çoğu derece ile ilgilidir.

3. KÜRE DİLİMİ VEYA İKİLİ

Küre üzerinde alınan iki büyük daire küreyi dört parçaya ayırır. Bunların her birine **dilim** veya **ikili** denir. Bu dört dilimden karşılıklı olanları birbirine eşittir. Bir dilimin büyüklüğü, üzerinde bulunduğu kürenin yarıçapına ve büyük daireler arasındaki α dilim açısına bağlıdır.



3.1. Küre diliminin alan hesabı

Küre yüzeyinin alanı $F_k = 4\pi r^2$ idi. Küre diliminin alanı ise (F_α);

$$\frac{360^\circ}{\alpha^\circ} \quad \frac{4\pi r^2}{F_\alpha}$$

$$F_\alpha = \frac{4\pi r^2}{360^\circ} \alpha^\circ \quad \text{eşitliği ile hesaplanır}$$

Bu eşitliğin sağ tarafındaki pay ve payda 2π 'ye bölünürse

$$F_\alpha = \frac{2r^2}{360^\circ} \alpha^\circ \quad ; \quad \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,2958 = \rho^\circ \quad \text{sabit olduğundan}$$

$$F_\alpha = \frac{2r^2}{\rho^\circ} \alpha^\circ \quad \text{eşitliği ile genel formül elde edilir.} \quad (3)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\alpha^\circ}{\rho^\circ} \quad \text{Radyan cinsinden ifade edilirse}$$

$$F_\alpha = 2 r^2 \hat{\alpha} \quad \text{Eşitliği ile alan bulunur.} \quad (4)$$

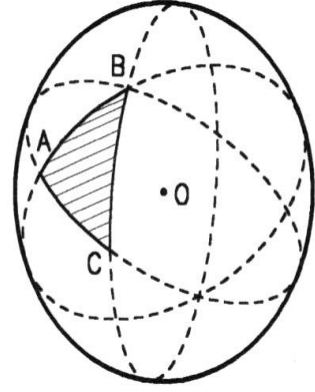
Örnek: Küre dilim açısı 4° olan bir küre diliminin (ikilinin) alanını bulunuz. ($r=6370$ km)

Çözüm:

$$(3) \text{ eşitliği ile} \quad F_\alpha = \frac{2 \cdot 4^\circ \cdot (6370)^2}{57,2958} = 5665,681 \text{ km}^2$$

4. KÜRESEL ÜÇGENİN TANIMI VE ELEMANLARI

Küre üzerinde alınan aynı büyük daire üzerinde bulunmayan, şekilde görüldüğü gibi A, B, C noktaları, ikişer ikişer büyük daire yayları ile birleştirilirse meydana gelen şekle **küresel üçgen** denir. Küre üzerindeki üç noktayı ikişer ikişer birleştiren büyük daire yayları, aslında 8 üçgen meydana getirirler. Bu üçgenler içinde, üç kenarında 180° den küçük olan üçgen esas küresel üçgendir. Buna **basit küresel üçgen** veya **Euler üçgeni** denir. Bundan böyle küresel üçgen dendiği zaman Euler üçgeni anlaşılacak ve bütün



Şekil 10

Bir küresel üçgenin, şekil 11' de görüldüğü gibi üçü kenar (a, b, c) ve üçü de açı (α, β, γ) olmak üzere toplam 6 adet elemanı vardır. Küresel üçgenin kenarları ve bu kenarları merkezden gören açı cinsinden,

$$a^\circ = \frac{a}{r} \cdot \rho^\circ \quad ; \quad b^\circ = \frac{b}{r} \cdot \rho^\circ \quad ; \quad c^\circ = \frac{c}{r} \cdot \rho^\circ \quad (5)$$

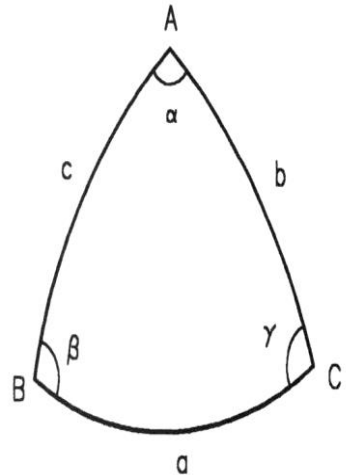
Şeklinde eşitliklerle ifade edilebilir.

Küresel üçgenin diğer elemanları düzlem trigonometride olduğu gibi yükseklik, açıortay ve kenarortaydır.

Yükseklik: Küresel üçgende bir köşeden karşısındaki kenara dik olarak çizilen büyük daire yayına denir. İnilen dik küresel üçgeni iki dik üçgene ayırır.

Kenarortay: Küresel üçgenin bir kenarının ortasını, karşısındaki köşeye birleştiren büyük daire yayına denir.

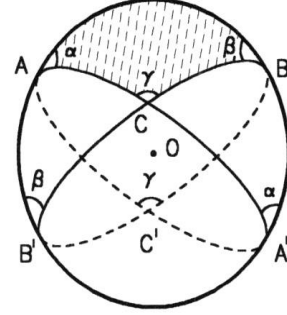
Açıortay: Küresel üçgenin iç açılarını iki eşit parçaya ayıran büyük daire yaylarına denir.



4.1. Küresel Üçgenin Alanı ve Ekses

Şekilde verilen ABC küresel üçgeninin alanını bulmak için, küre dilimi alanlarından yararlanılacaktır.

Buna göre (4) eşitliği ile verilen, küre dilimi alanını veren formülden faydalanılarak α , β , γ dilim açılarının her biri iki üçgen toplamı şeklinde düşünülürse



Şekil 12

$$\Delta ABC + \Delta A'BC = F\alpha = 2\hat{\alpha} r^2$$

$$\Delta ABC + \Delta AB'C = F\beta = 2\hat{\beta} r^2$$

$$\Delta ABC + \Delta ABC' = F\gamma = 2\hat{\gamma} r^2$$

ve

Eşitlikleri yazılabilir. Bu eşitlikler taraf tarafa toplanırsa

$$3 \Delta ABC + \Delta A'BC + \Delta AB'C + \Delta ABC' = 2 r^2 (\hat{\alpha} + \hat{\beta} + \hat{\gamma}) \quad (6)$$

Şekil 12'den

$$\Delta A'BC + \Delta AB'C + \Delta ABC' = 2\pi r^2 - \Delta ABC \quad \text{eşitliği yazılabilir.} \quad (7)$$

Bu eşitlik (5) de yerine konursa

$$2 \Delta ABC + 2\pi r^2 = 2r^2 (\hat{\alpha} + \hat{\beta} + \hat{\gamma}) \quad \text{eşitliğini yazabiliriz.} \quad (8)$$

Buradan üçgenin alanı hesaplanırsa

$$\Delta ABC = r^2 (\hat{\alpha} + \hat{\beta} + \hat{\gamma} - \pi) \quad \text{veya} \quad (9)$$

ΔABC gösterimi yerine kısaca F yazılırsa

$$F = r^2 (\hat{\alpha} + \hat{\beta} + \hat{\gamma} - \pi) \quad (10)$$

$\alpha + \beta + \gamma$ küresel üçgenin radyan cinsinden iç açıları toplamını derece veya grad cinsinden yazarsak;

$$F = \frac{\alpha + \beta + \gamma - 180^\circ}{\rho^\circ} \cdot r^2 = \frac{\alpha + \beta + \gamma - 200^g}{\rho^g} \cdot r^2 \quad (11)$$

Şeklinde Küresel üçgenin alan formülü bulunur.

$$\alpha + \beta + \gamma - 180^\circ = \varepsilon \quad \text{ile gösterilirse}$$

Bu eşitlik (10) da yerine konursa küresel üçgenin alanı;

$$F = \frac{\varepsilon}{\rho^\circ} \cdot r^2 = \frac{\varepsilon}{\rho^g} \cdot r^2 \quad (12)$$

Küresel üçgenin alanı grad veya derece cinsinden elde edilir.

Örnek: $\varepsilon = 10^\circ$ olan yerküre üzerindeki küresel üçgenin alanını bulunuz ($r=6370$ km).

Çözüm:

$$F = \frac{\varepsilon^\circ}{\rho^\circ} \cdot r^2 = \frac{10^\circ}{57,2958} \cdot (6370)^2 = 7082002,52 \text{ km}^2$$

Ekses (küresel artık) : Bir küresel üçgenin iç açılarının toplamının, 180° den veya 200^g dan olan farkına **ekses** denir ve (ε) ile gösterilir.

Bu tanıma göre, küresel üçgenin üç açısının toplamı sabit değildir. Üçgenin alanı ile orantılıdır. Alan büyüdükçe ekse büyür ve alan küçüldükçe ekse küçülür. Ekses adı verilen bu artık değer derece ve grad cinsinden,

$$\varepsilon = \alpha^\circ + \beta^\circ + \gamma^\circ - 180^\circ$$

$$\varepsilon = \alpha^g + \beta^g + \gamma^g - 200^g$$

(13)

Eşitlikleri ile bulunur.

Örneğin, bir küresel üçgenin açıları $A= 49^\circ$, $B= 74^\circ$, $C= 67^\circ$ ise bu küresel üçgenin eksesi (13) eşitliği ile

$$\varepsilon = A + B + C - 180 = 49 + 74 + 67 - 180 = 190^\circ - 180^\circ = 10^\circ \text{ dir.}$$

Küresel üçgen alanı ile eksis arasındaki ilişki : (12) formülü düzenlenirse

$$\varepsilon = \frac{F}{r^2} \cdot \rho^\circ = \frac{F}{r^2} \cdot \rho^g \quad (14)$$

Küresel üçgenin alanı, grad veya derece cinsinden bulunur.

Küresel üçgenin büyüklüğüne bağlı olarak alan değişeceğinden (14) formülü ile her küresel üçgen için farklı bir eksis değeri bulunur.

Örnek 1: Yerküresi üzerinde kenarları $a = b = c = 25$ km olan bir küresel üçgenin eksisini bulunuz ($r = 6370$ km).

Çözüm:

Yerküresi üzerinde kenarları 25 km olan üçgen oldukça küçük bir üçgen olduğundan, düzlem eşkenar üçgen gibi düşünersek eşkenar üçgenin alanı;

$$F = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot a^2 = \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot (25)^2 = 270,633 \text{ km}^2 \quad \text{bulunur.}$$

Bu alan (14) eşitliğinde yerine konarak eksis,

$$\varepsilon = \frac{F}{r^2} \cdot \rho'' = \frac{270,633}{(6370)^2} \cdot 206264'',806 = 1'',376 \text{ derece saniyesi}$$

$$\varepsilon = \frac{F}{r^2} \cdot \rho^{cc} = \frac{270,633}{(6370)^2} \cdot 636620^{cc} = 4^{cc},246 \text{ grad saniyesi bulunur.}$$

Örnek 2: Yerküresi üzerinde kenarları $a= 40$, $b= 50$, $c= 60$ km olan bir küresel üçgenin eksisini bulunuz ($r = 6370$ km).

Çözüm:

$$\text{Küresel üçgenin alanı : } u = \frac{a + b + c}{2} = \frac{40+50+60}{2} = \frac{150}{2} = 75$$

$$F = \sqrt{u(u-a)(u-b)(u-c)} = \sqrt{75(75-40)(75-50)(75-60)}$$

$$F = 992,157 \text{ km}^2$$

$$\varepsilon = \frac{F}{r^2} \cdot \rho^{\text{cc}} = \frac{992,157}{(6370)^2} \cdot 636620^{\text{cc}} = 15^{\text{cc}},566$$

grad saniyesi cinsinden bulunur.

Örnek 3: $A = 48^\circ 42'$, $B = 65^\circ 42'$, $C = 78^\circ 50'$ olan küresel üçgenin, küre yarıçapı 12 cm olduğuna göre alanını bulunuz.

Çözüm:

$$\varepsilon = A + B + C - 180^\circ = 193^\circ 14' - 180^\circ = 13^\circ 14'$$

$$F = \frac{\varepsilon}{\rho^\circ} \cdot r^2 = \frac{13^\circ \cdot 60 + 14'}{57^\circ,2958 \cdot 60} \cdot (12)^2 = \frac{794' \cdot 144}{3437',7468} = \frac{114336}{3437',7468}$$

$$F \cong 33,3 \text{ cm}^2$$

4.2. Küresel Üçgenin Özellikleri

1. Küresel üçgenin kenarları toplamı, 0° ile 360° arasında değişir.

$$0^\circ < a + b + c < 360^\circ$$

2. Küresel üçgenin üç açısının toplamı, 180° ile 540° arasında değişir.

$$180^\circ < A + B + C < 540^\circ$$

3. Küresel üçgende iki kenarın toplamı, üçüncü kenardan büyüktür.

$$a + b > c \quad ; \quad b + c > a \quad ; \quad a + c > b$$

4. Küresel üçgende iki kenarın farkı, üçüncü kenardan küçüktür.

$$a - b < c \quad ; \quad b - c < a \quad ; \quad a - c < b$$

5. Küresel üçgende, büyük açı karşısında büyük kenar bulunur veya büyük kenar karşısında büyük açı bulunur.

$$A > B \quad \text{ise} \quad a > b \quad \text{veya} \quad a > b \quad \text{ise} \quad A > B$$

6. Küresel üçgende, eşit açılar karşısında eşit kenarlar bulunur veya eşit kenarlar karşısında eşit açılar bulunur.

$$A = B \quad \text{ise} \quad a = b$$

7. Küresel üçgende iki açının toplamı, üçüncü açuya 180° eklemekle bulunacak açıdan küçüktür.

$$A + B < C + 180^\circ \quad ; \quad B + C < A + 180^\circ \quad ; \quad C + A < B + 180^\circ$$

8. Küresel üçgende, iki açı ayrı ayrı 90° ise bu açılardan karşısındaki kenarlarda 90° olur ve üçüncü açı da üçüncü kenara eşittir veya bu özelliğin terside doğrudur.

$$A = B = 90^\circ \quad \text{ise} \quad a = b = 90^\circ \quad \text{olur.} \quad \text{ve} \quad C = c \quad \text{veya}$$

$$a = b = 90^\circ \quad \text{ise} \quad A = B = 90^\circ \quad \text{olur.} \quad \text{ve} \quad c = C$$

9. Küresel üçgende iki kenarın toplamı 180° den büyük, küçük veya eşit ise bu kenar karşısındaki açılar da aynı özelliğe sahiptir.

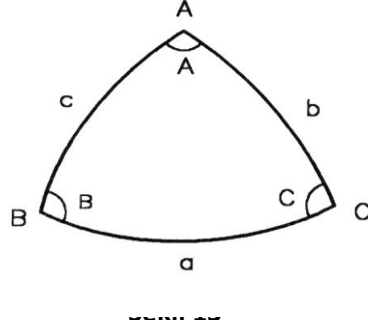
$$a + b > 180^\circ \quad \text{ise} \quad A + B > 180^\circ$$

$$a + b < 180^\circ \quad \text{ise} \quad A + B < 180^\circ$$

$$a + b = 180^\circ \quad \text{ise} \quad A + B = 180^\circ$$

4.3. Küresel Üçgenin Elemanları Arasındaki Bağlılıklar

Şekilde verilen genel bir küresel üçgenin, bilinen herhangi üç elemanın türüne ve konumlarına göre değişik durumlardaki küresel üçgenin elemanları arasındaki bağıntılar aşağıda çıkarılıp, konu ile ilgili örnekler verilmiştir.



4.3.1. Sinüs teoremi

Küresel üçgende her kenarın sinüsünün kenar karşısındaki açının sinüsüne oranı sabittir.

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C} = M = \text{sabit}$$

Bu sabit oran M ile gösterilir ve buna küresel üçgenin modülü denir.

4.3.2. Kenar cosinüs teoremi

Küresel üçgende bir kenarın cosinüsü; öteki kenarların cosinüsleri çarpımına, bunların sinüsleri ile aralarındaki açının cosinüsü çarpımının toplamına eşittir.

$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

$$\cos b = \cos a \cdot \cos c + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos B$$

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C$$

Kenar cosinüs teoremi, küresel trigonometrinin temel teoremi olarak kabul edilir. Diğer formüller bu teoreminden türetilir.

4.3.3. Açı cosinüs teoremi

Küresel üçgende bir açının cosinüsü; diğer açılarının sinüsleri ile aralarındaki kenarın cosinüsü çarpımının, bu açılarının cosinüsleri çarpımının farkına eşittir.

$$\cos A = -\cos B \cdot \cos C + \sin B \cdot \sin C \cdot \cos a$$

$$\cos B = -\cos A \cdot \cos C + \sin A \cdot \sin C \cdot \cos b$$

$$\cos C = -\cos A \cdot \cos B + \sin A \cdot \sin B \cdot \cos c$$

4.3.4. Dört parça teoremi (cotanjant teoremi)

$$\cos c \cdot \cos A = \sin c \cdot \cotg b - \sin A \cdot \cotg B$$

$$\cos c \cdot \cos B = \sin c \cdot \cotg a - \sin B \cdot \cotg A$$

$$\cos b \cdot \cos A = \sin b \cdot \cotg c - \sin A \cdot \cotg C$$

$$\cos b \cdot \cos C = \sin b \cdot \cotg a - \sin C \cdot \cotg A$$

$$\cos a \cdot \cos B = \sin a \cdot \cotg c - \sin B \cdot \cotg C$$

$$\cos a \cdot \cos C = \sin a \cdot \cotg b - \sin C \cdot \cotg B$$

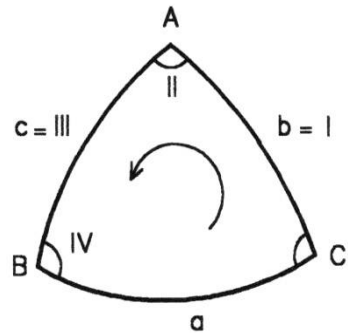
Bu eşitliklerin her birinin içinde, ki elemanı olmayıp birbirini izleyen dört eleman elde edilen eşitliklerinin genel olarak yazılması

Bu eşitlikleri genel bir eşitlik haline getirdiği gibi küresel üçgenin herhangi bir k bir yönde birbirini izleyen dört eleman sırasıyla teoremi;

$$\cos III \cdot \cos II = \sin III \cdot \cotg I - \sin II \cdot \cotg I$$

Eşitliği ile ifade edilir.

Her kenar için iki ayrı yönden küresel üçgeninde üç kenarı bulunduğu göre dört parça teoreminin; o aynı eşitlikte gösterilen eşitlikler, (15) eşitliği ile genelleştirilmiş olur.



Örnek 1 : Şekil 13' e göre iki açısı $A = 72^\circ 30'$, $B = 57^\circ 40'$ ve aralarındaki kenarı $c = 36^\circ 20'$ verilen küresel üçgenin C açısı ile a ve b kenarlarını bulunuz.

I. yol:

Açı cosinüs teoremi ile,

$$\cos C = -\cos A \cos B + \sin A \sin B \cos c$$

$$\cos C = -\cos 72^\circ 30' \cos 57^\circ 40' + \sin 72^\circ 30' \sin 57^\circ 40' \cos 36^\circ 20'$$

$$\cos C = 0,488344 \Rightarrow C = \arccos (0,488344) = 60^\circ,7682 = 60^\circ 46' 05'',52$$

Sinüs teoremi ile

$$\sin a = \frac{\sin c}{\sin C} \cdot \sin A = \frac{\sin 36^\circ 20'}{\sin 60^\circ 46' 05'',52} \sin 72^\circ 30' \Rightarrow a = 40^\circ 21' 17'',87$$

$$\sin b = \frac{\sin c}{\sin C} \cdot \sin B = \frac{\sin 36^\circ 20'}{\sin 60^\circ 46' 05'',52} \sin 57^\circ,40' \Rightarrow b = 35^\circ 00' 24'',80$$

II. yol:

Dört parça teoremi ile

$$\cos c \cos A = \sin c \cotg b - \sin A \cotg B$$

$$\cotg b = \frac{\cos c \cos A + \sin A \cotg B}{\sin c} = 1,42778258$$

$$\cotg b = \frac{\cos 36^\circ 20' \cos 72^\circ 30' + \sin 72^\circ 30' \cotg 57^\circ 40'}{\sin 36^\circ 20'} = 1,42778258$$

$$\frac{1}{\operatorname{tg} b} = 1,42778258 \Rightarrow \operatorname{tg} b = \frac{1}{1,42778258} = 0,700386749$$

$$\Rightarrow b = 35^\circ 00' 24'',8$$

Sinüs teoremi ile,

$$\sin a = \frac{\sin b}{\sin B} \cdot \sin A = \frac{\sin 35^{\circ}00'24'',8}{\sin 57^{\circ}40'} \sin 72^{\circ}30' \Rightarrow a = 40^{\circ}21'17'',87$$

$$\sin C = \frac{\sin B}{\sin b} \cdot \sin c = \frac{\sin 57^{\circ}40'}{\sin 35^{\circ}00'24'',8} \sin 36^{\circ}20' \Rightarrow C = 60^{\circ}46'05'',53$$

Örnek 2 : Şekil 13' göre iki kenarı $a = 74^{\circ}$, $b = 62^{\circ}$ ve aralarındaki açısı $C = 34^{\circ}$ verilen küresel üçgenin A ve B açısı ile c kenarını bulunuz.

I. yol:

Kenar cosinüs teoremi ile,

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C$$

$$\cos c = \cos 74^{\circ} \cos 62^{\circ} + \sin 74^{\circ} \sin 62^{\circ} \cos 34^{\circ}$$

$$\cos c = 0,833044317$$

$$\Rightarrow c = \arccos (0,833044317) = 33^{\circ},5873 = 33^{\circ}35'14'',12$$

Sinüs teoremi ile

$$\sin A = \frac{\sin C}{\sin c} \cdot \sin a = \frac{\sin 34^{\circ}}{\sin 33^{\circ}35'14'',12} \sin 74^{\circ} \Rightarrow A = 76^{\circ}19'40'',33$$

$$\sin B = \frac{\sin C}{\sin c} \cdot \sin b = \frac{\sin 34^{\circ}}{\sin 33^{\circ}35'14'',12} \sin 62^{\circ} \Rightarrow B = 63^{\circ}11'21'',94$$

II. yol:

Dört parça teoremi ile

$$\cos C \cos a = \sin a \cotg b - \sin C \cotg B$$

$$\cotg B = \frac{\sin a \cot g b - \cos C \cos a}{\sin C}$$

$$\cotg B = \frac{\sin 74^\circ \cot g 62^\circ - \cos 34^\circ \cos 74^\circ}{\sin 34^\circ} = 0,505367975$$

$$\frac{1}{tg B} = 0,505367975 \Rightarrow B = \arctg \left(\frac{1}{0,505367975} \right) = 63^\circ 11' 21'',94$$

Sinüs teoremi ile

$$\sin A = \frac{\sin B}{\sin b} \cdot \sin a = \frac{\sin 63^\circ 11' 21'',94}{\sin 62^\circ} \cdot \sin 74^\circ \Rightarrow A = 76^\circ 19' 40'',33$$

$$\sin c = \frac{\sin b}{\sin B} \cdot \sin C = \frac{\sin 62^\circ}{\sin 63^\circ 11' 21'',94} \cdot \sin 34^\circ \Rightarrow c = 33^\circ 35' 14'',12$$

Örnek 3: Şekil 13'e göre $a = 30^\circ$, $b = 40^\circ$ ve $c = 50^\circ$ olarak üç kenarı verilen küresel üçgenin A , B , C açılarını bulunuz.

Kenar cosinüs teoremi ile

$$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c} = \frac{\cos 30^\circ - \cos 40^\circ \cos 50^\circ}{\sin 40^\circ \sin 50^\circ} \Rightarrow A = 40^\circ 38' 38'',67$$

$$\cos B = \frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c} = \frac{\cos 40^\circ - \cos 30^\circ \cos 50^\circ}{\sin 30^\circ \sin 50^\circ} \Rightarrow B = 56^\circ 51' 48'',28$$

$$\cos C = \frac{\cos c - \cos a \cos b}{\sin a \sin b} = \frac{\cos 50^\circ - \cos 30^\circ \cos 40^\circ}{\sin 30^\circ \sin 40^\circ} \Rightarrow C = 93^\circ 40' 46'',72$$

Örnek 4 : Şekil 13'e göre $A = 48^\circ$, $B = 68^\circ$ ve $C = 74^\circ$ olarak üç açısı verilen küresel üçgenin a , b , c kenarlarını bulunuz.

Açı cosinüs teoremi ile

$$\cos a = \frac{\cos A + \cos B \cos C}{\sin B \sin C} = \frac{\cos 48^\circ + \cos 68^\circ \cos 74^\circ}{\sin 68^\circ \sin 74^\circ}$$

$$\Rightarrow a = 29^\circ 55' 55'',87$$

$$\cos b = \frac{\cos B + \cos A \cos C}{\sin A \sin C} = \frac{\cos 68^\circ + \cos 48^\circ \cos 74^\circ}{\sin 48^\circ \sin 74^\circ}$$

$$\Rightarrow b = 38^\circ 30' 08'',05$$

$$\cos c = \frac{\cos C + \cos A \cos B}{\sin A \sin B} = \frac{\cos 74^\circ + \cos 48^\circ \cos 68^\circ}{\sin 48^\circ \sin 68^\circ}$$

$$\Rightarrow c = 40^\circ 11' 51'',52$$

Örnek 5 : Kenarları $a = 300$ km, $b = 400$ km, $c = 500$ km olan şekildeki küresel üçgeni çözünüz ve alanını hesaplayınız. ($r = 6370$ km)

Çözüm:

Km olarak verilen kenar uzunlukları (5) eşitlikler ile

$$a^\circ = \frac{a}{r} \cdot \rho^\circ = \frac{300}{6370} \cdot 57,2958 = 2^\circ,698389$$

$$b^\circ = \frac{b}{r} \cdot \rho^\circ = \frac{400}{6370} \cdot 57,2958 = 3^\circ,597852$$

$$c^\circ = \frac{c}{r} \cdot \rho^\circ = \frac{500}{6370} \cdot 57,2958 = 4^\circ,497316$$

derece cinsine çevrilir.

Kenar cosinüs teoremi ile

$$\cos \alpha = \frac{\cos a - \cos b \cos c}{\sin b \sin c} = \frac{\cos 2,698389 - \cos 3,597852 \cos 4,497316}{\sin 3,597852 \sin 4,497316}$$

$$\alpha = 36^\circ,8981554 = 36^\circ 53' 53''$$

$$\cos \beta = \frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c} = \frac{\cos 3,597852 - \cos 2,698389 \cos 4,497316}{\sin 2,698389 \sin 4,497316}$$

$$\beta = 53^{\circ},15835768 = 53^{\circ} 09' 30''$$

$$\cos \gamma = \frac{\cos c - \cos a \cos b}{\sin a \sin b} = \frac{\cos 4,497316 - \cos 3,597852 \cos 2,698389}{\sin 2,698389 \sin 3,597852}$$

$$\gamma = 90^{\circ},02825278 = 90^{\circ} 01' 42'' \quad \text{Üçgenin iç açıları bulunur.}$$

$$\varepsilon = \alpha^{\circ} + \beta^{\circ} + \gamma^{\circ} - 180^{\circ}$$

$$\varepsilon = 36^{\circ},898155 + 53^{\circ},158357 + 90^{\circ},028252 - 180^{\circ} = 0^{\circ},0847653 = 5' 5'',16$$

Örnek 6 : Şekil 11'e göre $\alpha = 60^{\circ} 27' 36'',42$, $\beta = 42^{\circ} 33' 27'',36$ ve $\gamma = 80^{\circ} 38' 33'',27$ olarak iç açıları verilen ABC küresel üçgenin kenarlarını ve alanını bulunuz. ($r = 6370$ km)

Çözüm:

Açı cosinüs teoremi ile

$$\cos a = \frac{\cos \alpha + \cos \beta \cdot \cos \gamma}{\sin \beta \cdot \sin \gamma} = \frac{0,493029291 + 0,119765512}{0,667331291} \Rightarrow a = 23^{\circ},32456063$$

$$a = \frac{a^{\circ}}{\rho^{\circ}} \cdot r = \frac{23^{\circ},32456063}{57^{\circ},2958} \cdot 6370 = 2593,165 \text{ km}$$

$$\cos b = \frac{\cos \beta + \cos \alpha \cdot \cos \gamma}{\sin \alpha \cdot \sin \gamma} = \frac{0,736597787 + 0,080163023}{0,858435671}$$

$$\Rightarrow b = 17^{\circ},92642439$$

$$b = \frac{b^{\circ}}{\rho^{\circ}} \cdot r = \frac{17^{\circ},92642439}{57^{\circ},2958} \cdot 6370 = 1993,014 \text{ km}$$

$$\cos c = \frac{\cos \gamma + \cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sin \alpha \cdot \sin \beta} = \frac{0,162592821 + 0,363164285}{0,588416617}$$

$$\Rightarrow c = 26^{\circ},68210813$$

$$c = \frac{c^{\circ}}{\rho^{\circ}} \cdot r = \frac{26^{\circ},68210813}{57^{\circ},2958} \cdot 6370 = 2966,448 \text{ km}$$

$$\varepsilon = \alpha^{\circ} + \beta^{\circ} + \gamma^{\circ} - 180^{\circ}$$

$$\varepsilon = 60^{\circ}27'36'',42 + 42^{\circ}33'27'',36 + 80^{\circ}38'33'',27 - 180^{\circ}$$

$$\varepsilon = 183^{\circ},6602917 - 180^{\circ} = 3^{\circ},66029166 = 3^{\circ}39'37'',05$$

$$F = \frac{\varepsilon^{\circ}}{\rho^{\circ}} \cdot r^2 = \frac{3^{\circ},66029166}{57^{\circ},2958} \cdot (6370)^2 = \frac{3^{\circ}39'37'',05}{57^{\circ},2958} \cdot (6370)^2$$

$$F = 2592219,476 \text{ km}^2$$

Örnek 7: $a = 52^{\circ}40'$, $c = 80^{\circ}25'$, $B = 60^{\circ}$ olan ABC küresel üçgeninin b kenarını bulunuz.

Çözüm:

Kenar cosinüs teoremine göre,

$$\cos b = \cos a \cdot \cos c + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos B$$

$$\cos b = \cos 52^{\circ}40' \cos 80^{\circ}25' + \sin 52^{\circ}40' \sin 80^{\circ}25' \cos 60^{\circ} = 0,49297539$$

$$\Rightarrow b = \arccos(0,49297539) = 60^{\circ},4636663 = 60^{\circ}27'49'',2$$

Örnek 8 : $A = 130^{\circ}22'$, $C = 105^{\circ}30'$, $b = 125^{\circ}15'$ verilen küresel ABC küresel üçgeninin B açısını bulunuz.

Çözüm:

Açı cosinüs teoremi ile

$$\cos B = -\cos A \cdot \cos C + \sin A \cdot \sin C \cdot \cos b$$

$$\cos B = -\cos 130^\circ 22' \cos 105^\circ 30' + \sin 130^\circ 22' \sin 105^\circ 30' \cos 125^\circ 15'$$

$$\cos B = -0,596826808 \Rightarrow B = 126^\circ,642971 = 126^\circ 38' 34'',7$$

Örnek 9 : $a = 142^\circ$, $b = 68^\circ$ ve $C = 147^\circ$ olan ABC küresel üçgeninin diğer elemanlarını bulunuz.

Çözüm:

Kenar cosinüs teoremi ile

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C$$

$$\Rightarrow c = 140^\circ,70844 = 140^\circ 42' 30'',3$$

Sinüs teoreminden,

$$\sin A = \frac{\sin a \cdot \sin C}{\sin c} = \frac{\sin 142 \cdot \sin 147}{\sin 140,70844} \Rightarrow A = 31^\circ 58' 17'',45$$

$a \rangle c$ olduğundan $A \rangle C$ olması gerekir. Çünkü küresel üçgenlerde büyük kenar karşısında büyük açı bulunur özelliğinden dolayı

$$A = 180^\circ - 31^\circ 58' 17'',45 = 148^\circ 01' 42'',55 \quad \text{aranan A açısı olur.}$$

$$\sin B = \frac{\sin b \cdot \sin C}{\sin c} = \frac{\sin 68 \cdot \sin 147}{\sin 140,70844} \Rightarrow B = 52^\circ 53' 4'',41$$

$180^\circ + B \rangle A + C$ Küresel üçgenin özelliğinden dolayı

$$B = 180^\circ - 52^\circ 53' 4'',4 = 127^\circ 06' 55'',59 \quad \text{aranan B açısıdır.}$$

Örnek 10 : Bir ikizkenar dik açılı küresel üçgende c hipotenüsü 36° dir. a kenarını ve A açısını bulunuz.

Çözüm:

$$C = 90^\circ \text{ dir. } a = b \text{ ve } A = B \text{ olduğuna göre, } \cos C = \cos 90^\circ = 0 \text{ olur.}$$

Açı cosinüs teoreminden,

$$\cos C = -\cos A \cdot \cos B + \sin A \cdot \sin B \cdot \cos c$$

$$0 = -\cos A \cdot \cos A + \sin A \cdot \sin A \cdot \cos c$$

$$0 = -\cos^2 A + \sin^2 A \cdot \cos c \Rightarrow \cos c = \frac{\cos^2 A}{\sin^2 A} = \cot^2 A$$

$$\cot^2 A = \cot A = \sqrt{\cos c} = \frac{1}{\tan A} = \sqrt{\cos c} \Rightarrow A = 48^\circ 01' 48'', 31$$

Kenar cosinüs teoreminden,

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C = \cos a \cdot \cos a + \sin a \cdot \sin a \cdot \cos C$$

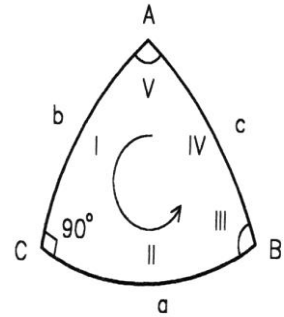
$$\cos c = \cos^2 a + 0 \Rightarrow \cos a = \sqrt{\cos c} = \sqrt{\cos 36^\circ} \Rightarrow a = 25^\circ 54' 49'', 13$$

5. KÜRESEL DİK ÜÇGEN

Bir açısı 90° olan küresel üçgene **küresel dik üçgen** denir. Küresel üçgenin açıları toplamı 180° ile 540° arasında değişebileceğinden birden fazla açı dik olabilir. Ancak biz yalnız bir açının dik olduğunu göz önünde bulundurarak küresel dik üçgen formüllerini elde edeceğiz.

Örneğin, küresel bir dik üçgende C açısı 90° olduğundan, küresel üçgen formülleri için sadeleşir.

Bunun sonucunda dik üçgen formülleri diye formüller elde edilir.



Sinüs teoreminden ;

$$\sin a = \sin c \cdot \sin A$$

$$\sin b = \sin c \cdot \sin B$$

Kenar cosinüs teoreminden ;

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b$$

Açı cosinüs teoreminden ;

$$\cos A = \sin B \cdot \cos a$$

$$\cos B = \sin A \cdot \cos b$$

$$\cos c = \cotg A \cdot \cotg B$$

Dört parça (cotanjant) teoreminden ;

$$\cos A = \cotg c \cdot \operatorname{Tg} b$$

$$\sin b = \cotg A \cdot \operatorname{Tg} a$$

$$\cos B = \cotg c \cdot \operatorname{Tg} a$$

$$\sin a = \cotg B \cdot \operatorname{Tg} b$$

Eşitlikleri ile elde edilen formüller iki formül halinde genelleştirilebilir. Bunun için şekil 15' de görüldüğü gibi küresel dik üçgenin dik açısı dışındaki diğer beş elemanı (b, a, B, c, A), saat ibresinin tersi yönünde birden beşe kadar numaralanır (I, II, III, IV, V).

Dik kenar yerine de bunların tümleri (90° ye tamamlayan değeri) alınırsa;

$$\cos III = \cotg II \cdot \cotg IV$$

$$\cos III = \sin I \cdot \sin V$$

Küresel dik üçgenlerin genel gösterimi elde edilir. Buna **Neper kuralı** adı verilir.

5.1. Neper kuralı: Bir küresel dik üçgende herhangi bir elemanın cosinüsü; kendisine komşu elemanların cotanjantları çarpımına ve kendisine komşu olmayan elemanların sinüsleri çarpımına eşittir.

Örneğin, şekil 15'e göre neper kuralını uygularsak ABC küresel dik üçgenindeki B açısının cosinüsü ;

$$\cos B = \sin (90^\circ - b) \cdot \sin A = \cos b \cdot \sin A \text{ veya}$$

$$\cos B = \cotg (90^\circ - a) \cdot \cotg c = \operatorname{Tg} a \cdot \cotg c$$

Eşitlikleri yazılarak küresel dik üçgen formüller aynı şekilde elde edilir.

Örnek 1: Dik kenarları $a = 20^\circ$ ve $b = 30^\circ$ olarak verilen küresel dik üçgenin diğer elemanlarını bulunuz (üçgeni çözünüz).

Çözüm :

$$\cot g A = \frac{\sin b}{\operatorname{tg} a} \quad ; \quad \cot g A = \frac{1}{\operatorname{tg} a} \quad \text{olduğundan,}$$

$$\frac{1}{\operatorname{tg} A} = \frac{\sin b}{\operatorname{tg} a} \quad \text{buradan} \quad \operatorname{tg} A = \frac{\operatorname{tg} a}{\sin b} \quad \text{bulunur.}$$

$$\operatorname{tg} A = \frac{\operatorname{tg} 20^\circ}{\sin 30^\circ} = 0,727940 \Rightarrow A = 36^\circ,052388 = 36^\circ 03' 8'',6$$

Aynı şekilde,

$$\operatorname{tg} B = \frac{\operatorname{tg} b}{\sin a} = \frac{\operatorname{tg} 30^\circ}{\sin 20^\circ} = 1,688059$$

$$\Rightarrow B = 59^\circ,357658 = 59^\circ 21' 27'',57$$

Kenar cosinüs teoreminden,

$$\cos c = \cos 20^\circ \cos 30^\circ = 0,813798 \Rightarrow c = 35^\circ,531348 = 35^\circ 31' 52'',85$$

Örnek 2: Dik kenarı $a = 44^\circ$ ve hipotenüsü $c = 70^\circ$ verilen küresel dik üçgeni çözünüz.

Çözüm:

Neper formülleri ile

$$\cos b = \frac{\cos 70}{\cos 44} \Rightarrow b = 61^\circ,610438 = 61^\circ 36' 37'',58$$

$$\cos B = \operatorname{tg} 44 \cdot \cot g 70 = \operatorname{tg} 44 \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} 70} \Rightarrow B = 69,422014 = 69^{\circ} 25' 19'', 25$$

$$\sin A = \frac{\sin 44}{\sin 70} \Rightarrow A = 47,666715 = 47^{\circ} 40' 0'', 17$$

Örnek 3: Dik kenarı $a = 40^{\circ}$ ve bir açısı $B = 64^{\circ}$ verilen küresel dik üçgeni çözüünüz.

Çözüm:

Neper formülleri ile

$$\cot g c = \frac{\cos B}{\operatorname{tg} a} = \frac{\cos 64}{\operatorname{tg} 40} \Rightarrow c = 62,416065 = 62^{\circ} 24' 57'', 84$$

$$\operatorname{tg} b = \frac{\sin a}{\cot g B} = \frac{\sin a}{\frac{1}{\operatorname{tg} B}} = \sin a \cdot \operatorname{tg} B = \sin 40 \operatorname{tg} 64 \Rightarrow b = 52,809602 = 52^{\circ} 48' 34'', 57$$

$$\cos A = \sin 64 \cdot \cos 40 \Rightarrow A = 46,487234 = 46^{\circ} 29' 14''$$

Örnek 4: c hipotenüsü 24° ve A açısı 46° verilen küresel dik üçgeni çözüünüz.

Çözüm:

Neper formülleri ile

$$\cot g B = \cos C \cdot \operatorname{tg} A = \cos 24 \cdot \operatorname{tg} 46 = 0,9460040$$

$$\cot g B = \frac{1}{\operatorname{tg} B} = 0,9460040 \Rightarrow \operatorname{tg} B = \frac{1}{0,9460040}$$

$$\Rightarrow B = 46,58938446 = 46^{\circ} 35' 21'', 78$$

$$\operatorname{tg} b = \operatorname{tg} c \cdot \cos A = \operatorname{tg} 24 \cdot \cos 46 \Rightarrow b = 17,185888 = 17^{\circ} 11' 9'', 2$$

$$\sin a = \sin 24 \sin 46 \Rightarrow a = 17,012591 = 17^{\circ} 00' 45'', 33$$

Örnek 5: A açısı 70° ve B = 80° olarak bilinen küresel dik üçgeni çözünüz.

Çözüm:

Neper formülleri ile

$$\cos a = \frac{\cos 70}{\sin 80} \Rightarrow a = 69^\circ,677963 = 69^\circ 40' 40'',67$$

$$\cos b = \frac{\cos 80}{\sin 70} = 0,18479253 \Rightarrow b = 79^\circ,350963 = 79^\circ 21' 3'',47$$

$$\cos c = \cotg 70 \cotg 80$$

$$\cos c = \frac{1}{\tg 70} \cdot \frac{1}{\tg 80} \Rightarrow c = 86^\circ,320356 = 86^\circ 19' 13'',28$$

Uyarı: Örneklerde, Hesap makineleri derece açı birimine getirilerek kullanılmıştır.

BÖLÜM İLE İLGİLİ DEĞERLENDİRME SORULARI

1. Küre üzerinde iki büyük daire birbirlerini tam ortadan keserler. Neden?
2. Küre üzerinde herhangi üç nokta bir daire belirtir. Neden?
3. Küre üzerinde birbirine paralel iki dairenin eksen ve kutupları aynıdır. Neden?
4. Kürenin merkezine yakın olan küçük daire, uzak olandan daha büyüktür. Neden?
5. Yer küresi üzerinde 50 km' lik bir uzunluk kaç gradlık bir merkez açıya karşılık gelir, hesaplayınız.(c: $49^\circ 97''$)
6. Yerküresi üzerinde 1° lik dilimin alanını hesaplayınız.(c: 1416401 km^2)
7. C = 90° olan ikişer elemanları aşağıda verilen küresel dik üçgenlerin diğer elemanlarını hesaplayarak verilen sonuçlarla karşılaştırınız.
 - a. $c = 61^\circ 04' 56''$, $a = 40^\circ 31' 20''$

$$(c: b=50^{\circ}30'29'', B=61^{\circ}50'28'', A=47^{\circ}54'21'')$$

b. $a=125^{\circ}24'48'', b=32^{\circ}16'30''$

$$(c: A=110^{\circ}47'24'', B=37^{\circ}46'24'', c=119^{\circ}20'12'')$$

8. Bir küresel üçgenin açıları $A=60^{\circ}$, $B=50^{\circ}$, $C=100^{\circ}$ dir. Bu üçgenin alanı tüm küre yüzeyine oranla ne kadardır? (C: $1/24$)
9. Alanı, küre yüzeyinin $1/40$ 'ı olan bir küresel üçgenin eknesini hesaplayınız.(C: 18°)
10. Yerküresi üzerinde bir küresel üçgenin açıları $A=56^{\circ}$, $B=82^{\circ}$, $C=67^{\circ}$ olduğuna göre bu üçgenin alanını hesaplayınız.(C: $17705012,63 \text{ km}^2$)
11. Yerküresi üzerinde alanı $700\ 000 \text{ km}^2$ olan bir küresel üçgenin eknesini hesaplayınız.(C: $19^{\circ}16''.1$)
12. Yerküresi üzerinde kenarları $a=b=c=60 \text{ km}$ olan bir üçgenin eknesini derece ve grad cinsinden hesaplayınız.(C: $7''.9$; $24^{cc}.6$)
13. Yerküresi üzerinde kenarları $a=20$, $b=24$, $c=18 \text{ km}$ olan bir üçgenin eknesini derece ve grad olarak hesaplayınız.(C: $0''.89$; $2^{cc}.76$)
14. Yerküresi üzerinde kenarları $a=300 \text{ km}$, $b=400 \text{ km}$, ve $C=90^{\circ}$ olan küresel üçgenin c kenarını bulunuz. (C: $4^{\circ}29'46''.5$)
15. Bir küresel üçgende $b=c=90^{\circ}$ ve $a=40^{\circ}$ olduğuna göre bu üçgeni çözünüz.(C: $A=40^{\circ}$; $B=C=90^{\circ}$)
16. Bir küresel üçgende $A=105^{\circ}$, $B=75^{\circ}$, $a=145^{\circ}$ olduğuna göre b kenarı ne kadardır? (C: 35°)
17. Bir küresel üçgende $A=55^{\circ}$, $B=40^{\circ}$ olduğuna göre bu üçgende kenarların büyüklük sırası nasıldır? (C: $c > a > b$)
18. Kenarları 65° olan eşkenar bir küresel üçgenin alanını bulunuz. (C: $27021203,57 \text{ km}^2$)
19. Açıları $A=48^{\circ}42'$, $B=65^{\circ}42'$, $C=78^{\circ}50'$ olan bir küresel üçgenin küre yarıçapı 12 cm olduğuna göre alanını bulunuz. (C: $F \cong 32.7 \text{ cm}^2$)
20. $A=110^{\circ}40'26''$, $B=82^{\circ}17'38''$ ve $C=71^{\circ}32'43''$ olarak açıları ölçülen küresel üçgenin a , b , c kenarını bulunuz. (C: $a=109^{\circ}17'40''$; $b=88^{\circ}33'29''$; $c=73^{\circ}07'13''$)

Not: Yerkürenin yarı çapı, $r=6370 \text{ km}$ alınacaktır.

KAYNAKÇA

- Atatürk, M.K.** (1998) Atatürk 'ün Yazdığı Geometri Kılavuzu, Yenigün Haber Ajansı Basın ve Yayıncılık A.Ş , Ankara Ocak 1998.
- Ahmet, Y.** (1991) Casio Fx-3600 P hesaplayıcısının daha etkin programlama olanakları, HKMO dergisi, S: 68, Ankara 1991.
- Ahmet, E.** (1968) Trigonometri ve Çözümlü Problemler, Kurtuluş Matbaası, İstanbul.
- Ahmet, Y. Şerif, H.** (1982) Küresel Trigonometri, KTÜ Basımevi, Trabzon 1982.
- Bedi, I.** (1971) Trigonometri, Arı Kitabevi, İstanbul 1971.
- Bahattin, T.** (1959) Trigonometri, Teknik Kitap ve Mecmua Basımevi, İzmir 1959.
- Celalettin, K. Arslan, D.** (1993) Trigonometri Ders Notları, KTÜ Basımevi, Trabzon
- Celal, S.** (1998) Ölçme Bilgisi Cilt I-II, Birsen yayınevi, İstanbul 1998.
- Cevat, İ. Ali, E. Ferruh, Y.** (1996) Topografya, Atlas Kitabevi, Konya Şubat 1996.
- Cevdet, B.** (1960) Trigonometri, Yenyol Matbaası, İzmir 1960.
- Cevat, İ. Tamer, B.** (1996) Açıklamalı Ölçme Bilgisi 1-2 Problemleri ve Çözümleri, SÜ Matbaası, Konya 1996.
- Ekrem, U.** (1969) Düzlem ve Küresel Trigonometri, İDMMA Basımevi, İstanbul.
- Erol, Y.** (1998) Trigonometri Ders Notları, İstanbul 1998.
- Ekrem, İ.** (1976) Tatbiki Topoğrafya, Kemal Matbaası, Adana 1976.
- Erdoğan, Ö. Türkay, T.** (1989) Ölçme Bilgisi, KTÜ Matbaası, Trabzon 1989.
- Frank, A. JR.** (1954) Theory and Problems Plane and Spherical Trigonometry, Newyork 1954.
- Feyyaz, G.** (1946) Geometri Dersleri, Üçler Basımevi, İstanbul 1946.
- Fahrettin, A.** (1959) Çözümlü Trigonometri Problemleri (Çeviri) Cilt I-II, İstanbul.
- Gürsel, R. H.** (1984) Trigonometri Ders Notları, İstanbul 1984.
- Henri, F.** (1905) Elements de Trigonometrie, Librairie Hachette Et.c, Paris 1905.
- Hasan, K.** (1996) Trigonometri Ders Notları, İstanbul 1996.
- Hasan, Ö.** (1982) Matematik sorularının konularına göre analizi, İstanbul.

- Hasan, F. E.** (1962) Çözülmüş Trigonometri Problemleri Cilt – III, İstanbul 1962.
- İbrahim, U.** (1984) Trigonometri, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul 1984.
- İbrahim, K.** (1998) Ölçme Bilgisi I, Gökhan Matbaası, İstanbul 1998.
- İbrahim, S. Günay, G.** (1968) Çözümlü Trigonometri Problemleri, İstanbul 1968.
- Kemal, E.** (1978) Topografya I, Özyürek Basımevi, İstanbul 1978.
- Muzaffer, Ş.** (1993) Pratik Hesap, KTÜ Matbaası, Trabzon 1993.
- Mustafa, G. Ö.** (1984) Mühendisler ve Mimarlar İçin Topografya, İTÜ, İstanbul.
- Muzaffer, Ş. Veysel, A.** (1990) Jeodezik Hesap, KTÜ Matbaası, Trabzon 1990.
- Mustafa, A.** (1976) Ölçme Yöntemi Cilt I-II, İTÜ Matbaası, İstanbul 1976.
- Nuri, M. E.** (1990) Ölçme Bilgisi I, SÜ Matbaası, Konya 1990.
- Nihat, E.** (1986) Trigonometri Ders Notları, YTÜ, İstanbul 1986.
- Oguz, A.** (1970) Topografya Cilt – I, Arı Kitabevi, İstanbul 1970.
- Ömer, A.** (1997) Ölçme Bilgisi I – II, YTÜ Matbaası, İstanbul 1997.
- Refik, B. G.** (1946) Teknikte Trigonometri, Yeni Yol Basımevi, İzmir 1946.
- Sebahattin, B.** (1999) Trigonometri Ders Notları, Samsun 1999.
- Th Caronnet,** (1955) Exercices de Trigonometrie, Librairie vuibert, Paris 1955.
- Turgut, U. Erdoğan, Ö.** (1976) Mimarlık Ölçme Bilgisi, İstanbul 1976.
- Yavuz, A.** (1972) Trigonometri, Fatih Yayınevi Matbaası, İstanbul 1972.

BÖLÜM 2
TERMOPLASTİK POLİÜRETAN/GADOLİNYUM OKSİT
KOMPOZİTLERİNİN RADYASYON ZIRHLAMA
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Yaşar KARABUL¹

Dr. Öğr. Üyesi Seda ERDÖNMEZ²

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAĞLAR³

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, İstanbul, Türkiye, karabulyasar@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-0789-556X

² İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, İstatistik Bölümü, İstanbul, Türkiye, sedaerdonmez@gmail.com, ORCID ID 0000-0002-7167-7276

³ İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Medikal Fizik Bölümü, İstanbul, Türkiye, mcaglar@medipol.edu.tr, ORCID ID 0000-0002-0106-7683

GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte radyasyon tıp, endüstri, tarım vb. alanlarda, bilimsel araştırma amacıyla nükleer tesisler ve parçacık hızlandırıcıları gibi çeşitli birimlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Nagaraja ve ark., 2022). Radyasyonun uygulama alanlarında çalışan insanlar her gün farklı dozlarda radyasyona maruz kalmakta ve bu durum birçok sağlık problemini beraberinde getirmektedir. Radyasyonun insan sağlığı üzerindeki etkilerinden korunmak için Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (International Commission on Radiological Protection, ICRP) 103'nolu yayınında üç temel prensip önermiştir. Bunlar gereklilik, optimizasyon ve doz sınırlamalarıdır. Optimizasyon ilkesi mesafe, zaman ve zırlama unsurları üzerine kurulu olan "ALARA" (As Soon As Reasonably Achievable) olarak da adlandırılan prensip ile uygulanmaktadır (Musolino ve ark., 2008). Alara prensibi uyarınca, radyoaktif kaynak ve canlı doku arasındaki mesafeyi maksimum düzeyde, maruz kalma süresini minimum düzeyde tutmak sırasıyla mesafe ve zaman unsurlarının temel hedeflerini oluşturmaktadır. Radyoaktif kaynak ile canlı doku arasına zırh malzemesinin yerleştirilmesiyle maruz kalınacak doz miktarının azaltılması ise zırlama unsurunun hedefidir. Nükleer tesislerde, parçacık hızlandırıcı laboratuvarlarında ve sağlık kuruluşlarının radyoloji merkezlerinde çalışan görevlilerin mesafe ve zaman unsurlarını etkin olarak uygulayabilmeleri mümkün olmadığı için, zırlama unsuru radyasyonun zararlı etkilerinden korunmak için son derece önemlidir. Radyasyon koruyucu zırh malzemesi olarak kurşun yüksek atom numarası, yoğunluğu ve üstün radyasyon zırlama performansı nedeniyle uzun yıllardır kullanılmaktadır (Beyazay ve ark., 2023; Nagaraja ve ark., 2022). Fakat kurşunun toksik olması, düşük mekanik mukavemeti ve işlenebilme problemleri nedeniyle kurşuna alternatif olabilecek, esnek, hafif ve çevre dostu malzemelerin üretilmesi üzerine araştırmacılar yoğun olarak çalışmaktadır (AbuAlRoos ve ark., 2020).

Polimerler hafif, esnek ve çevre dostu radyasyon zırlayıcı malzeme arayışındaki önemli adaylardandır. Polimer zırlayıcılar, polimerlerin radyasyon zırlama performansının düşüklüğü nedeniyle, genellikle yüksek atom numaralı katkı maddelerinin polimer matrise eklenmesiyle kompozit olarak üretilirler (Akman ve ark., 2021; Kim ve ark., 2014; Şahin ve ark., 2021). Literatürde polimer matrisli birçok kompozit radyasyon zırlayıcı malzeme olarak araştırılmıştır. Örneğin, Li ve ark.'ları mikro ve nano gadolinyum oksit katkıladıkları epoksi reçinenin radyasyon zırlama

performansını ve mekanik dayanımları incelemişler, %20 Gd₂O₃ katkılı epoksi reçinenin kütle azaltma katsayısının, saf epoksiye kıyasla 80 keV enerjide 8,4 kat daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir (Li ve ark., 2017). Gd₂O₃'ün katkı maddesi olarak kullanıldığı diğer bir çalışma da Shreef ve ark. tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada ağırlıkça farklı oranlarda Gd₂O₃, polimetil metakrilat matrisine katkılanarak PMMA/Gd₂O₃ kompozitleri üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin radyasyon zırhlama performansları lineer azaltma katsayısı, yarı değer kalınlığı ve etkin atom numarası gibi parametreler bağlamında incelenmiştir. Sonuçlar Gd₂O₃ katkı oranının artmasıyla birlikte lineer azaltma katsayısının ve etkin atom numarasının arttığını ortaya koymuştur (Shreef & Abdulzahara, 2021). Diğer bir yandan Rashad ve ark., Polivinil alkol/Nikel, Polivinil alkol/Nikel oksit ve Polivinil alkol/Demir oksit kompozitlerini (Rashad ve ark., 2020), Cao ve ark. Polimetil metakrilat/Bizmut oksit kompozitlerini (Cao ve ark., 2020), Kim ve ark. Polietilen/Tungsten oksit kompozitlerini üreterek radyasyon zırhlayıcı polimer kompozit olarak umut verici sonuçlar elde etmişlerdir (Kim ve ark., 2014).

Bilimsel literatür incelendiğinde birçok polimerin radyasyon zırhlayıcı malzemelerin matris bileşeni olarak incelendiği görülmektedir. Bu polimerler arasında termoplastik poliüretan (TPU) esnekliği ile dikkat çekmektedir. TPU, sert ve yumuşak segmentlerden oluşan bir blok kopolimerdir. Yapısındaki bu faz ayrımı üretan bağlarında kırılma olmaksızın eritilebilmesini sağlar ve esnekliği geniş bir sıcaklık aralığında değişmeden kalabilir (Sapuan ve ark., 2013). Esnekliğinin yanı sıra, yüksek çekme mukavemeti, aşınma ve yırtılma direnci, yağ ve solvent direnci, boyanabilirlik gibi üstün fiziksel özellikleri nedeniyle, otomotiv ve inşaat sektöründe, ayakkabı, ambalaj üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Lu & Macosko, 2004). Bu çalışmada, TPU sahip olduğu bu üstün özelliklerinden dolayı polimer esaslı radyasyon zırhlayıcı kompozit yapıların matris bileşeni, Gd₂O₃ ise katkı bileşeni olarak seçilmiştir. Ağırlıkça %5, %10, %15 ve %20 Gd₂O₃ içeren TPU/Gd₂O₃ kompozitlerinin radyasyon zırhlama performansı kütle azaltma katsayısı, yarı değer kalınlığı ve etkin atom numarası (Z_{etk}) gibi etkin zırhlama parametreleri bakımından WinXCom yazılımı ve MCNP6 (Monte Carlo N-Particle Transport Version 6) simülasyonu ile teorik olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, Gd₂O₃ katkı oranının artmasıyla birlikte, saf TPU'ya kıyasla kompozitlerin kütle azaltma katsayılarının ve etkin atom numaralarının arttığını, ortalama serbest yol (Mean Free Path (MFP))

değerlerinin ise azaldığını ortaya koymuştur. Tüm Gd_2O_3 katkılı kompozitler saf TPU'ya kıyasla daha iyi zırhlama performansı göstermişlerdir. Ancak, %20 Gd_2O_3 katkısı ile bu parametrelerdeki artış diğerlerine kıyasla daha dikkat çekicidir.

1. MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada TPU temelli ağırlıkça farklı oranlarda (%5, 10, 15 ve 20) Gd_2O_3 içeren TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin radyasyon zırhlama parametreleri WinXCom ve MCNP6 simülasyonu ile incelenmiştir. Tablo 1'de TPU ve TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin içerikleri ve element katkı oranları verilmektedir.

Tablo 1: TPU ve TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin ağırlıkça elementel içerikleri

Bileşik Adı	H	C	N	O	Gd
TPU	0,09152	0,40895	0,31794	0,18159	-
TPU/%5 Gd_2O_3	0,08694	0,38851	0,30204	0,17913	0,04338
TPU/%10 Gd_2O_3	0,08237	0,36806	0,28614	0,17667	0,08676
TPU/%15 Gd_2O_3	0,07779	0,34761	0,27025	0,17421	0,13014
TPU/%20 Gd_2O_3	0,07321	0,32717	0,25435	0,17175	0,17352

1.1. Yöntem

Radyasyon bir madde ile etkileştiğinde, ışımın şiddetinin Beer-Lambert yasası uyarınca üstel olarak azaldığı bilinmektedir (Denklem 1).

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

burada I_0 ve I sırasıyla gelen foton akısı ve yansıyan foton akısıdır. Denklem 1'deki μ katsayısı, malzemenin radyasyon zırhlama özelliği hakkında bilgi veren önemli bir sabittir ve lineer azaltma katsayısı olarak adlandırılır. Malzemenin yoğunluğu zırhlama açısından önemli bir parametredir ve lineer azaltma katsayısı malzeme yoğunluğu içermediğinden kütle azaltma katsayısı tanımlanmaktadır (μ/ρ) (Denklem 2).

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} (cm^2 g^{-1}) \quad (2)$$

burada, μ_m kütle azaltma katsayısı, ρ ise malzeme yoğunluğudur. Bir diğer radyasyon zırhlama parametresi ise MFP değeridir. MFP, soğurucu madde ve fotonlar arasında peş peşe iki etkileşim için gerekli mesafe olarak

tanımlanmaktadır ve kütle azaltma katsayısına bağlı olarak Denklem 3 ile ifade edilir (Çağlar ve ark., 2019).

$$MFP = \frac{1}{\mu_m} \quad (3)$$

Etkin atom numarası radyasyon zırhlama açısından önemli parametrelerden bir diğeridir. Yapısında birçok element içeren bileşik, alaşım, kompozit vb. yapıların sahip olduğu atom numarası etkin atom numarası olarak (Z_{etk}) adlandırılır ve Denklem 4 uyarınca interpolasyon metodu ile hesaplanabilir.

$$Z_{etk} = \frac{Z_1(\log\sigma_2 - \log\sigma_{etk}) + Z_2(\log\sigma_{etk} - \log\sigma_1)}{\log\sigma_2 - \log\sigma_1} \quad (4)$$

burada σ_{etk} malzemenin tesir kesitini, σ_1 ve σ_2 ise malzemenin tesir kesitine en yakın tesir kesitlerini, Z_1 ve Z_2 ise bu iki tesir kesitine ait olan atom numaralarını ifade etmektedir. σ_{etk} kütle azaltma katsayısına bağlı olarak Denklem 5 ile de tanımlanabilir.

$$\sigma_{etk} = \frac{(\mu/\rho)_{malzeme}}{N_A \sum f_i/A_i} \quad (5)$$

burada f_i molar fraksiyon, A_i i. elementin atomik kütlesi, N_A ise Avogadro sayısıdır (Çağlar ve ark., 2019; Elmahroug ve ark., 2015; Kucuk ve ark., 2013).

1.2. WinXCom

WinXCom, Hubbell ve Berger tarafından geliştirilen XCOM yazılımının Windows işletim sistemine uyarlanmış sürümüdür. WinXCom yazılımı, malzemelerin kütle azaltma katsayılarını ve tesir kesitlerini 1 keV ile 100 GeV arasındaki enerjilerde Denklem 6 uyarınca hesaplayabilen bir yazılımdır.

$$(\mu/\rho)_{malzeme} = \sum_i^n w_i (\mu/\rho)_i \quad (6)$$

burada w_i ve $(\mu/\rho)_i$ sırasıyla i. elementin ağırlıkça yüzdesini ve kütle azaltma katsayısını ifade etmektedir (Gerward ve ark., 2004).

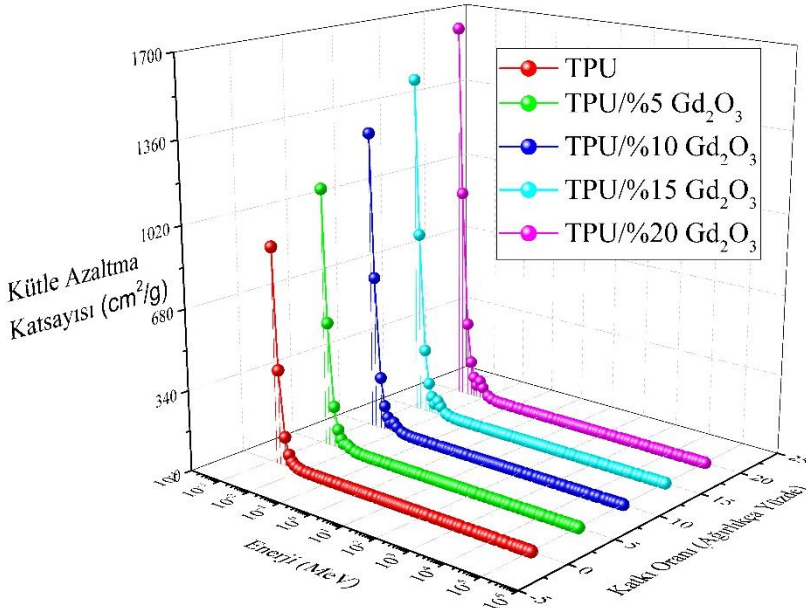
1.3. MCNP6

MCNP, Los Alamos Ulusal Laboratuvarı tarafından özel olarak nötron, foton, elektron veya birleşik nötron/foton/elektron taşınımı için geliştirilmiş genel amaçlı bir simülasyon kodudur. MCNP yazılımının en son sürümü şu anda versiyon 6'dır. MCNP, nükleer ve parçacık fiziği gibi deneysel koşulların sınırlı veya gerçekleştirilmenin zor olduğu disiplinlerdeki fiziksel problemlerin çözümü için iyi sayısal alternatifler sunmaktadır (Goorley ve ark., 2012; Hendricks ve ark., 2000).

2. BULGULAR

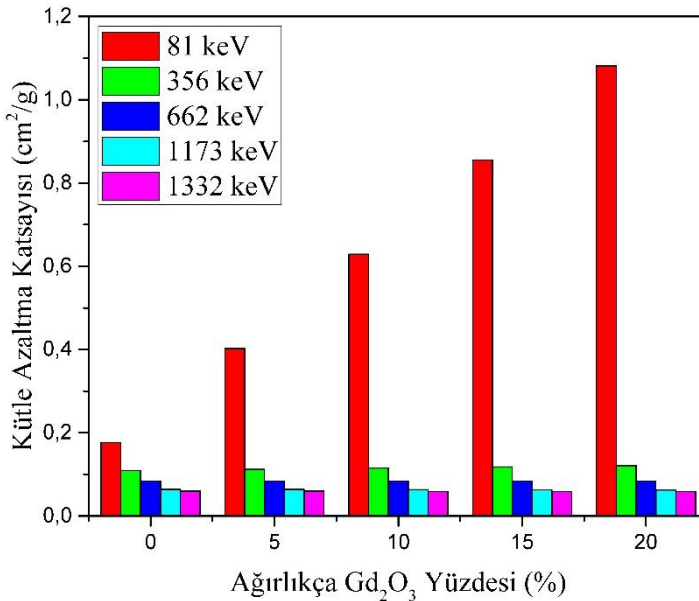
2.1. TPU/Gd₂O₃ Kompozitlerinin Kütle Azaltma Katsayısı Değerleri

Saf TPU ve TPU/Gd₂O₃ kompozitlerinin kütle azaltma katsayıları WinXCom yazılımı ile 1 keV-100 GeV enerji aralığında, Monte Carlo simülasyonu ile belirli enerji değerlerinde hesaplanmıştır. Saf TPU ve ağırlıkça %5, %10, %15, %20 oranlarında Gd₂O₃ katkılandırılmış TPU kompozitlerinin WinXCom yazılımı ile hesaplanan kütle azaltma katsayısı değerlerinin enerji ile değişim grafiği Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1: TPU-Gd₂O₃ kompozitlerinin kütle azaltma katsayısı-enerji grafikleri

Kütle azaltma katsayısı birim kütlede birim uzunluk başına foton etkileşimini ifade etmektedir ve yüksek μ/ρ değerleri malzemenin zırh performansının yüksek olduğu anlamına gelmektedir (Şahin ve ark., 2021). Şekil 1'den görüldüğü gibi tüm kompozitlerin kütle azaltma katsayıları artan enerji ile birlikte azalmaktadır. Yüksek foton enerjilerinde foton etkileşim olasılığının azalması nedeniyle, kütle azaltma katsayısındaki bu azalma teorik olarak beklenen bir sonuçtur (Dilsiz ve ark., 2021). Bunun yanı sıra, tüm enerjilerdeki en düşük μ/ρ değeri düşük atom numarası içeriği nedeniyle saf TPU'ya ait iken, Gd_2O_3 katkı oranının artmasıyla birlikte kompozitlerin kütle azaltma katsayıları da artmaktadır. En yüksek μ/ρ değeri $1,08 \text{ cm}^2/\text{g}$ ' olup %20 Gd_2O_3 katkılı TPU kompozitine aittir. Bu değer Li ve ark. tarafından incelenen ağırlıkça %20 Gd_2O_3 katkılanan epoksi kompozitinin μ/ρ değerinden (81 keV enerji değerinde $0,911 \text{ cm}^2/\text{g}$) yaklaşık %18 daha büyüktür (Li ve ark., 2017). Şekil 2'de belirli enerji değerlerinde TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin kütle azaltma katsayılarının katkı oranına bağlı değişim grafiği verilmektedir.



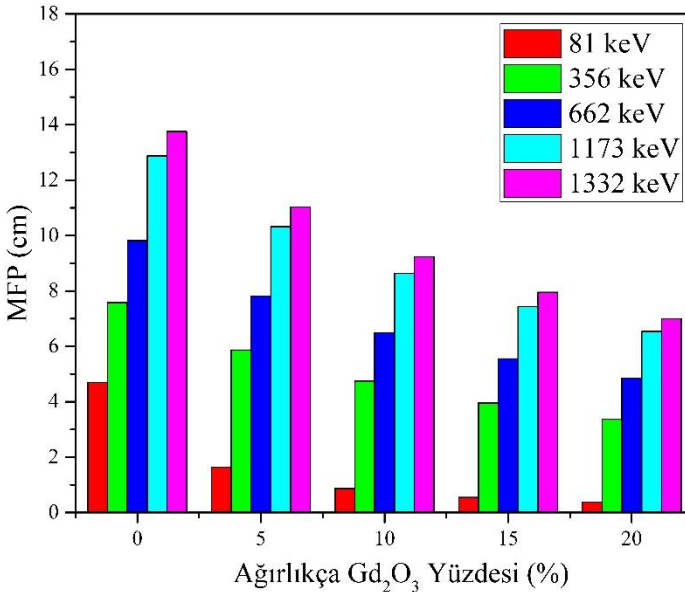
Şekil 2: TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin belirli enerjilerde kütle azaltma katsayılarının katkı oranına bağlı değişimi

Şekil 2'den görüldüğü gibi tüm enerjilerdeki en yüksek kütle azaltma katsayıları, en yüksek Gd_2O_3 katkılı TPU/%20 Gd_2O_3 kompozitine aittir. Bu kompozitin kütle azaltma katsayısı (81 keV enerjide, $1,08 \text{ cm}^2/\text{g}$), saf TPU (81

keV enerjide, $0,176 \text{ cm}^2/\text{g}$ 'ya kıyasla 6,13 kat daha büyüktür. %15 Gd_2O_3 katkılı kompozit (81 keV enerjide, $0,85 \text{ cm}^2/\text{g}$) için bu artış 4,83 kat iken, %10 Gd_2O_3 katkılı kompozit (81 keV enerjide, $0,62 \text{ cm}^2/\text{g}$) için 3,52 kat, %10 Gd_2O_3 katkılı kompozit (81 keV enerjide, $0,42 \text{ cm}^2/\text{g}$) için ise 2,38 kattır.

2.2. TPU/ Gd_2O_3 Kompozitlerinin Ortalama Serbest Yol Değerleri

Saf TPU ve TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin ortalama serbest yol değerleri, WinXCom yazılımı ile hesaplanan kütle azaltma katsayıları ve Denklem 3 kullanılarak 1 keV-100 GeV aralığında hesaplanmıştır. İlgili kompozitlerinin hesaplanan MFP değerleri Gd_2O_3 katkısının ağırlıkça yüzdesine bağlı olarak, belirli gama enerjileri için Şekil 3'de verilmektedir.



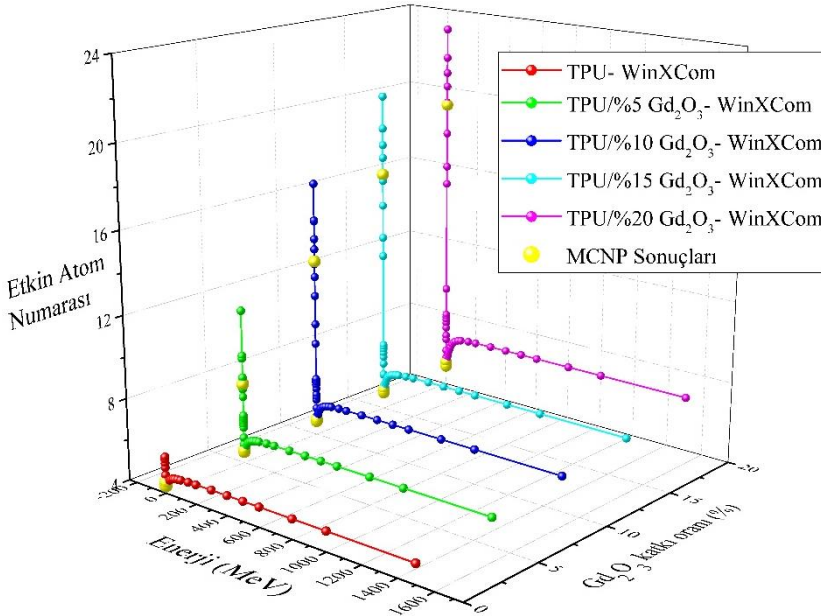
Şekil 3: TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin belirli enerjilerde ortalama serbest yol değerlerinin katkı oranına bağlı değişimi

Şekil 3'den görüldüğü gibi TPU ve TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin MFP değerleri Gd_2O_3 katkısı ile aşamalı olarak azalmakta, artan gama enerjisi ile birlikte ise artmaktadır. Yüksek gama enerjilerinde gözlenen yüksek MFP değeri, yüksek enerjili fotonların malzeme içinde enerjisini tüketene kadar daha uzun mesafe alacağı anlamına gelirken, düşük enerjilerdeki düşük MFP değeri fotonların malzeme içinde daha kısa mesafede enerjisini tüketeceği anlamına gelmektedir (Çağlar ve ark., 2019). TPU ve TPU/ Gd_2O_3 kompozitleri arasında en düşük MFP değeri TPU/%20 Gd_2O_3 ait iken, en

yüksek MFP değeri saf TPU'ya aittir. Ayrıca Gd_2O_3 katkısı ile birlikte MFP değerleri kademeli olarak düşmektedir. Diğer bir yandan, TPU/%20 Gd_2O_3 kompoziti en yüksek kütle azaltma katsayısına sahip kompozit iken, saf TPU en düşük kütle azaltma katsayısı değerine sahiptir. Kompozitlerin kütle azaltma katsayıları ise Gd_2O_3 ile beraber aşamalı olarak artmaktadır. Bu durumda MFP ve kütle azaltma katsayı değerlerinin birbiriyle uyumlu olduğu, tüm kompozitlerin saf TPU'dan daha iyi radyasyon zırlama performansı gösterdiği, kompozitlerin zırlama performansının Gd_2O_3 katkısı ile birlikte iyileştiği sonuçları çıkarılabilir.

2.3. TPU/ Gd_2O_3 Kompozitlerinin Etkin Atom Numarası Değerleri

Saf TPU ve TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin etkin atom numaraları Denklem 4 ve 5 kullanılarak WinXCom yazılımı ve MCNP6 simülasyonu yardımıyla hesaplanmıştır. Şekil 4'de TPU ve TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin etkin atom numaralarının enerji ile değişimi gösterilmektedir.



Şekil 4: TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin WinXCom ve MCNP6 ile hesaplanan etkin atom numarası değerlerinin enerji ile değişimi.

Etkin atom numarası grafikleri incelendiğinde WinXCom ve MCNP6 sonuçlarının tutarlı olduğu Şekil 4'deki sonuçlardan görülmektedir. Ayrıca etkin atom numaralarının Gd_2O_3 katkısı ile arttığı gözlenmektedir, bu artış kompozit içerisindeki yüksek atom numaralı bileşenlerin artışından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, kütle azaltma katsayısında Gd_2O_3 katkısı ile gözlenen artış ve MFP değerinde Gd_2O_3 katkısı ile gözlenen azalma birbirini desteklemektedir. Diğer bir yandan tüm kompozitler karakteristik Z_{etk} -Enerji değişim grafiğine sahiptir. Bu karakteristik eğrilerde, başlangıçta 2 keV-20 keV enerji aralığında Z_{etk} değerinde bir artış gözlenmektedir. Bu durum düşük enerji değerlerinde fotoelektrik olayın baskın etkileşim olması ile ilişkilidir. Enerji değerinin 20 keV' un üzerine çıkması ile beraber 1,5 MeV enerjeye kadar Z_{etk} değeri azalmaktadır. Bu durum ise fotoelektrik etkileşim miktarının azalması ve Compton etkileşim oranının artmasıyla ilişkilidir. Enerji değeri 0,2 GeV değerine yükselirken Z_{etk} değerinde yine bir artış olmaktadır. Bu durum Compton etkileşim oranının azalması ve çift oluşum olasılığının artışıyla ilişkilendirilmektedir. 0,2 GeV dan büyük enerji değerinde ise baskın mekanizmanın çift oluşumu olması sebebi ile Z_{etk} değerinin sabit olma eğilimde olduğu görülmektedir (Şahin ve ark., 2021).

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada ağırlıkça %5, 10, 15 ve 20 oranında Gd_2O_3 içeren TPU/ Gd_2O_3 kompozitlerinin radyasyon zırlama performansını araştırılmıştır. Bu amaçla kütle azaltma katsayısı, ortalama serbest yol ve etkin atom numarası gibi radyasyon zırlama parametreleri WinXCom yazılımı ve MCNP6 simülasyonu ile belirlenerek incelenmiştir. %20 Gd_2O_3 katkısı ile TPU'nun kütle azaltma katsayısında 81 keV enerji değerinde 6,13 katlık bir artış gözlenmiştir. Benzer şekilde bu kompozitin MFP değeri saf TPU'ya kıyasla 12 katlık bir azalma, Z_{etk} değeri 4,26 katlık bir artış göstermiştir. Ayrıca tüm kompozitler, TPU'ya kıyasla daha iyi zırlama performansı sergilemişlerdir. Fakat %20 Gd_2O_3 katkısı ile zırlama parametrelerindeki artış daha belirgindir. Sonuç olarak en iyi radyasyon zırlama performansı gösteren TPU/%20 Gd_2O_3 kompoziti, hafif, esnek ve çevre dostu bir radyasyon zırlayıcı madde olarak önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- AbuAlRoos, N. J., Azman, M. N., Amin, N. A. B., & Zainon, R. (2020). Tungsten-based material as promising new lead-free gamma radiation shielding material in nuclear medicine. *Physica Medica*, 78, 48–57.
- Akman, F., Ogul, H., Kaçal, M. R., Polat, H., Dilsiz, K., & Agar, O. (2021). Gamma attenuation characteristics of CdTe-Doped polyester composites. *Progress in Nuclear Energy*, 131, 103608.
- Beyazay, E., Karabul, Y., Korkut, S. E., Kılıç, M., & Özdemir, Z. G. (2023). Multifunctional PCz/BaO nanocomposites: Ionizing radiation shielding ability and enhanced electric conductivity. *Progress in Nuclear Energy*, 155, 104521.
- Çağlar, M., Kayacık, H., Karabul, Y., Kılıç, M., Özdemir, Z. G., & İçelli, O. (2019). Na₂Si₃O₇/BaO composites for the gamma-ray shielding in medical applications: Experimental, MCNP5, and WinXCom studies. *Progress in Nuclear Energy*, 117, 103119.
- Cao, D., Ge, Y., Bourham, M., & Moneghan, D. (2020). Gamma radiation shielding properties of poly (methyl methacrylate)/Bi₂O₃ composites. *Nuclear Engineering and Technology*.
- Dilsiz, K., Ogul, H., Akman, F., Agar, O., Kaçal, M. R., Polat, H., & Dursun, İ. (2021). Evaluation of CdS doped polyester composites regarding gamma and neutron shielding properties. *Progress in Nuclear Energy*, 139, 103865.
- Elmahroug, Y., Tellili, B., & Souga, C. (2015). Determination of total mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and electron densities for different shielding materials. *Annals of Nuclear Energy*, 75, 268–274. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2014.08.015>
- Gerward, L., Guilbert, N., Jensen, K. B., & Levring, H. (2004). WinXCom—a program for calculating X-ray attenuation coefficients. *Radiation Physics and Chemistry*, 71(3–4), 653–654. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2004.04.040>
- Goorley, T., James, M., Booth, T., Brown, F., Bull, J., Cox, L. J., Durkee, J., Elson, J., Fensin, M., & Forster, R. A. (2012). Initial MCNP6 release overview. *Nuclear Technology*, 180(3), 298–315.
- Hendricks, J. S., Adams, K. J., Booth, T. E., Briesmeister, J. F., Carter, L. L., Cox, L. J., Favorite, J. A., Forster, R. A., McKinney, G. W., & Prael, R. E. (2000). Present and future capabilities of MCNP. *Applied Radiation and Isotopes*, 53(4–5), 857–861.

- Kim, J., Seo, D., Lee, B. C., Seo, Y. S., & Miller, W. H. (2014). Nano-W Dispersed Gamma Radiation Shielding Materials. *Advanced Engineering Materials*, *16*(9), 1083–1089.
- Kucuk, N., Cakir, M., & Isitman, N. A. (2013). Mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and effective electron densities for some polymers. *Radiation Protection Dosimetry*, *153*(1), 127–134. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncs091>
- Li, R., Gu, Y., Wang, Y., Yang, Z., Li, M., & Zhang, Z. (2017). Effect of particle size on gamma radiation shielding property of gadolinium oxide dispersed epoxy resin matrix composite. *Materials Research Express*, *4*(3), 35035.
- Lu, Q.-W., & Macosko, C. W. (2004). Comparing the compatibility of various functionalized polypropylenes with thermoplastic polyurethane (TPU). *Polymer*, *45*(6), 1981–1991.
- Musolino, S. V., DeFranco, J., & Schlueck, R. (2008). The ALARA principle in the context of a radiological or nuclear emergency. *Health Physics*, *94*(2), 109–111.
- Nagaraja, N., Sridhar, K. N., Manjunatha, H. C., Vidya, Y. S., Seenappa, L., Gupta, P. S. D., & Ramalingam, H. B. (2022). Measurement of mass attenuation coefficient and its derivable in polymers. *Progress in Nuclear Energy*, *144*, 104044.
- Rashad, M., Hanafy, T. A., & Issa, S. A. M. (2020). Structural, electrical and radiation shielding properties of polyvinyl alcohol doped with different nanoparticles. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, *31*, 15192–15197.
- Şahin, N., Bozkurt, M., Karabul, Y., Kılıç, M., & Özdemir, Z. G. (2021). Low cost radiation shielding material for low energy radiation applications: Epoxy/Yahyali Stone composites. *Progress in Nuclear Energy*, *135*, 103703.
- Sapuan, S. M., Pua, F., El-Shekeil, Y. A., & AL-Oqla, F. M. (2013). Mechanical properties of soil buried kenaf fibre reinforced thermoplastic polyurethane composites. *Materials & Design*, *50*, 467–470.
- Shreef, A. M., & Abdulzahara, N. A. (2021). Manufacture of Shielding for Attenuation Ionization Ray by the Preparation of Nano Gadolinium Oxide with PMMA. *NeuroQuantology*, *19*(8), 66.

BÖLÜM 3

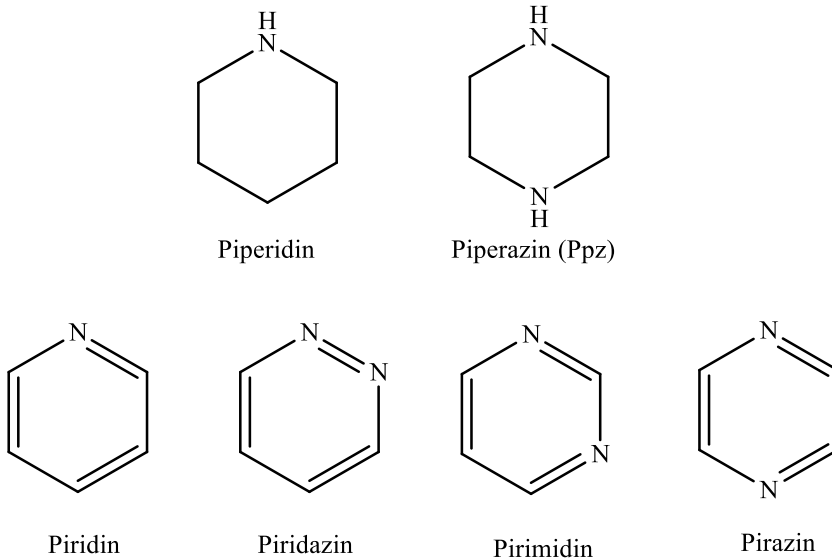
2,5-PİRİDİN DİKARBOKSİLİK ASİT VE PİPERAZİNİN KARIŞIK LİGANDLI KOMPLEKSLERİ

Doç. Dr. Nurgün BÜYÜKKIDAN¹

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kütahya, Türkiye,
nurgun.buyukkidan@dpu.edu.tr, ORCID: org/0000-0001-6879-9355

GİRİŞ

Heterosiklik bileşikler, halkada en az bir karbon atomu ve N, O, S, B, P, As, Se ve Te gibi en az bir başka element içeren halka yapısına sahip organik bileşiklerdir. En yaygın halkalar beş veya altı atom içerir ve bu halkaların stabilitesi üç, dört, yedi veya daha büyük halkalardan daha yüksektir. Bununla birlikte, beş veya altıdan farklı atom sayılarına sahip birçok heterosiklik bileşik bilinmektedir. Heterosiklik halkalar alifatik veya aromatik olabilir (Nylund vd, 2010). Azot atomu içeren bazı altı üyeli doymuş (Piperidin ve piperazin) ve aromatik (piridin, piridazin, pirimidin ve pirazin) heterosiklik bileşikler Şekil 1’de gösterilmiştir.



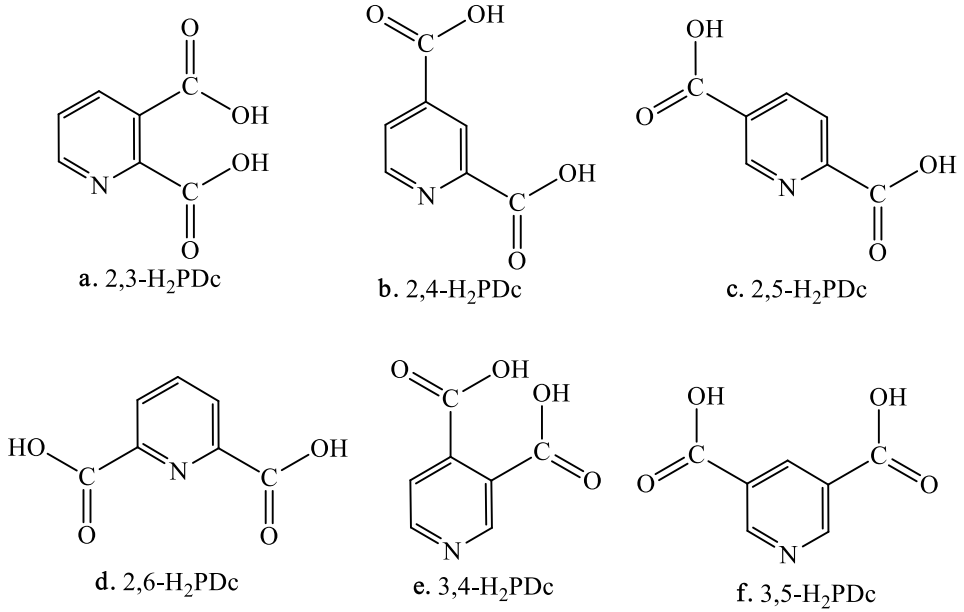
Şekil 1. Altı Üyeli Doymuş ve Aromatik Heterosiklik Bileşikler

Piperazin (Ppz), birbirine zıt konumlarda iki azot atomu içeren altılı halkadan oluşan doymuş organik bir bileşiktir. Endüstriyel malzemelerin üretiminde ve kimyanın çok farklı alanlarında kullanılmakta olan piperazinler farmakolojik olarak da çok çeşitli özelliklere sahiptir. Piperazin ve türevleri biyolojik açıdan antidepresan (Carter vd, 2010; Andersson vd, 2011), antipsikotik (Johnson vd, 2011; Amita vd, 2011; Bruno vd, 2012), antifungal (Chandrika vd, 2018), antitümör, (McNair vd, 1963; Kumar vd, 2007), antikönlüzan (Aytemir vd, 2010), antiinflatuar (Ahmadi vd, 2012) gibi birçok aktiviteye sahiptir. Aynı zamanda, ağrı kesici, kas gevşetici, bulantı

giderici, hafıza kaybı, şizofreni ve halüsinasyonlarda kullanılan birçok ilacın yapısında piperazinler bulunmaktadır (Nawar ve Hosny, 1999).

Karboksilik asitler, birçok kimyasal reaksiyonda yaygın olarak kullanılmaktadır. Alkaloidler, koenzimler ve vitaminler gibi doğal ürünlerde bulunan piridin karboksilik asitler, çeşitli fizyolojik özelliklerinden dolayı tıbbi kimyada büyük öneme sahiptir (Khalil ve Attia, 1999). Piridin dikarboksilatlar, metal atomlarını koordine edebilen farklı fonksiyonel gruplar içeren, bilinen çok yönlü ligandlar arasındadır.

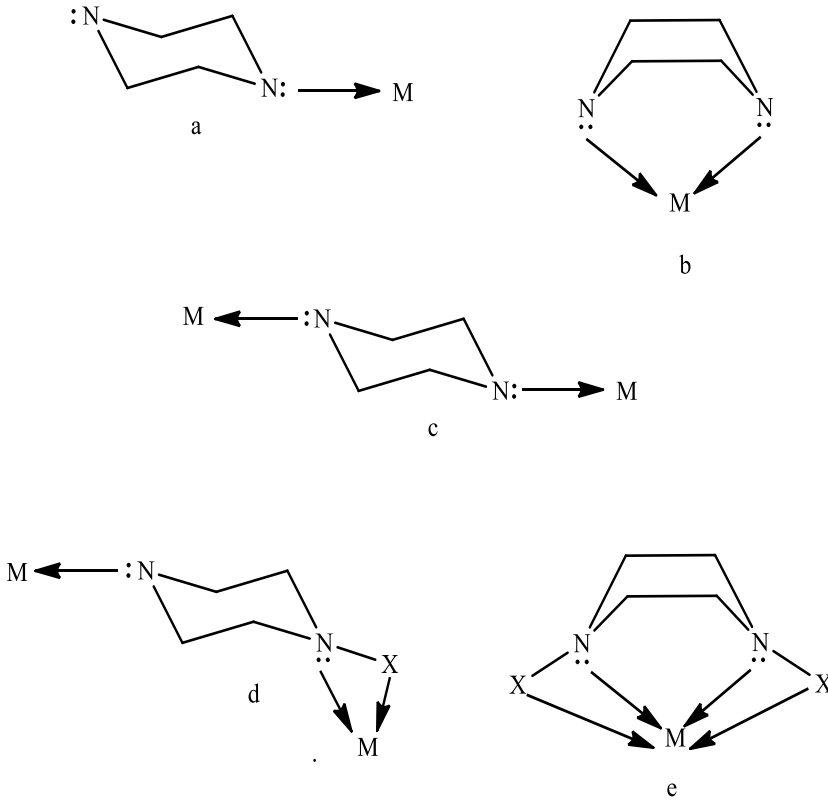
Piridin dikarboksilik asitin 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4- ve 3,5-dikarboksilik asit (Şekil 2) olmak üzere altı izomeri vardır ve geçiş metalleri (Semerci vd, 2014; Han vd, 2006), ana grup elementleri (Wibowo vd, 2011; Hamdy vd, 2014) ve iç geçiş elementleri (Shi vd, 2007; Song vd, 2016; Nandi vd, 2014) gibi metallerle çok farklı şekilde koordinasyon formları rapor edilmiştir.



Şekil 2. Piridin Dikarboksilik Asitin İzomerleri

1. PİPERAZİN VE 2,5-PİRİDİN DİKARBOKSİLİK ASİTİN LİGANT ÖZELLİKLERİ

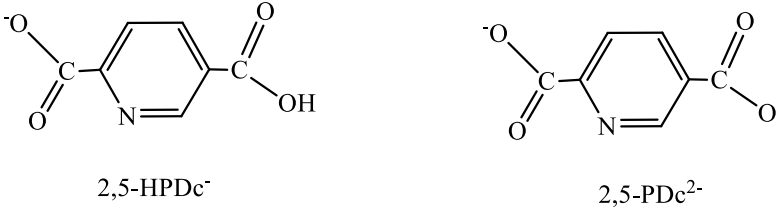
Piperazinin iki verici azot (N) atomuna sahip olması, su ve yaygın olarak kullanılan birçok çözücünde çok kolay bir şekilde çözünmesi onu ligand olarak elverişli bir bileşik yapmaktadır. Piperazin yapısındaki azot atomları ile metallere monodentat ve bidentat olarak koordine olmasının yanında iki metal merkezi arasında köprü olarak da davranabilir. Yapısında verici atomu bulunan piperazin türevleri de metalle koordinasyon oluşturabilir. Piperazin ve türevlerinin yapmış olduğu bağlanma modları Şekil 3'te gösterilmiştir (Ratilainen vd, 1999).



Şekil 3. Piperazinlerin Koordinasyon Modları (X = Verici atom)

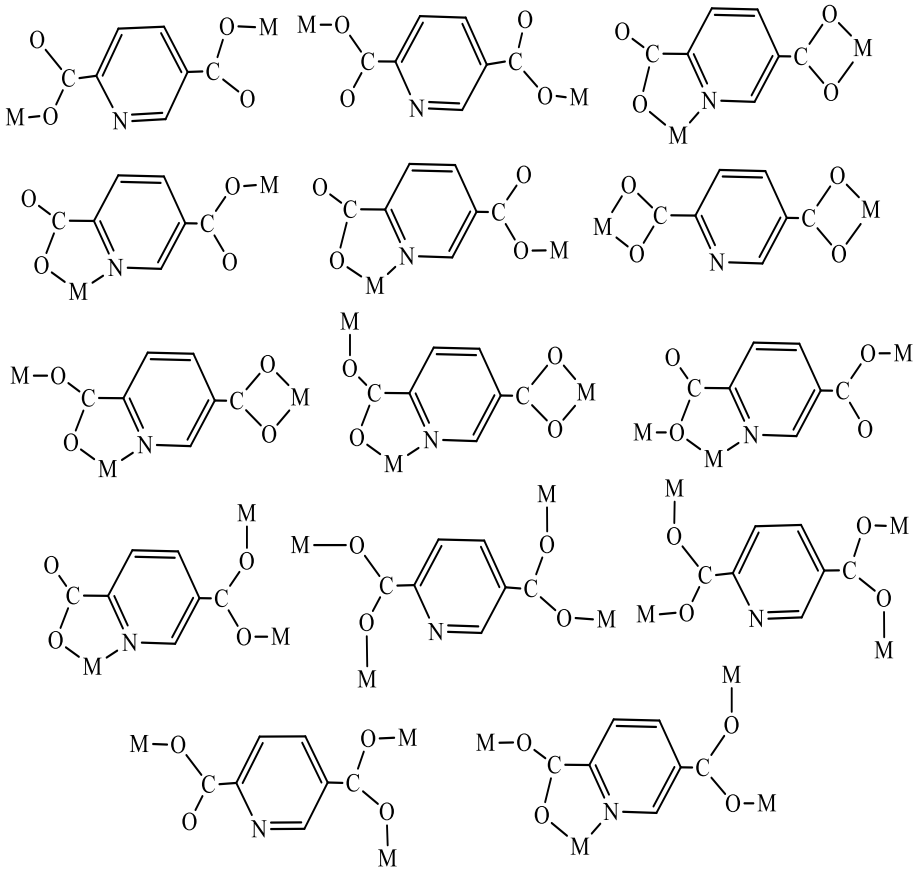
[Zn₂(btec)(Ppz)(H₂O)] (Hou vd, 2004), [Zn(NCS)₂(Ppz)]_n (Suen vd, 2002), [Ag₂(sac)₂(HePpz)]_n (Hamamcı vd, 2005), [CuCl(amPpz)]Cl (Kwak vd, 2004) [CoCl₃(HPpz)₂]Cl (Zhaoa vd, 2004) ve [CoCl₂(Ppz)]_n gibi metale koordine olan piperazin komplekslerinin yanı sıra kristal yapıya hidrojen bağı ile bağlanan ayrıca protonlanmış piperazinlerin yük denkliliğini sağlayan tamamlayıcı iyon olarak yer aldığı kompleksleri de rapor edilmiştir (Lethbridge vd, 2003; Chen vd, 2004).

2,5-piridin dikarboksilik asitten (2,5-H₂PDc) (Şekil 2c) sırasıyla bir ve iki hidrojenin ayrılmasıyla 2,5-HPDc⁻ ve 2,5-PDc²⁻ anyonları oluşur (Şekil 4).



Şekil 4. 2,5-HPDc⁻ ve 2,5-PDc²⁻ anyonları

Oluşan 2,5-HPDc⁻ ve 2,5-PDc²⁻ anyonlarının içerdikleri bir azot atomu ve karboksilat gruplarındaki dört oksijen atomu ile geçiş metallerine çok farklı şekilde koordine olabilmektedir (Zhang vd, 2005; Xie vd, 2006; Plater vd, 1998) (Şekil 5).



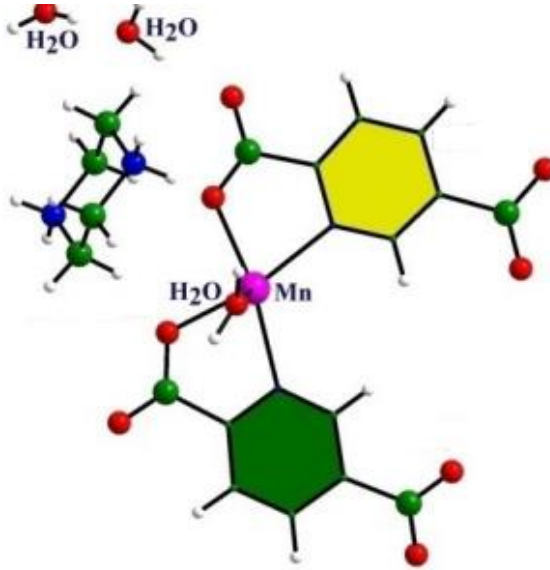
Şekil 5. 2,5-H₂PDC'nin Koordinasyon Formları

2,5-H₂PDC türevlerinin hepatit B virüsüne karşı inhibitör etki gösterdiği (Lee vd, 2002) ve metal komplekslerinin enzim inhibisyonu (Tucker ve Thomas, 1992), antibakteriyel aktivite (Sengupta vd, 2001), manyetizma (Patrick vd, 2005), kataliz (Süss-Fink vd, 2004), yüzey kimyası (Sun vd, 2006), sulu çözelti kimyası (Kita vd, 2007) gibi uygulama alanlarına sahip olduğu rapor edilmiştir.

Bu çalışmada, 2,5-piridin dikarboksilik asit (2,5-H₂PDC) ve piperazin (Ppz) hidrotermal koşullar altında sentezlenen karışık ligandlı metal kompleksleri verilmiştir.

2. PİPERAZİNİN VE 2,5-PİRİDİN DİKARBOKSİLİK ASİTİN KARIŞIK LİGANDLI KOMPLEKSLERİ

Hidrotermal koşullar altında sentezlenen $\{(H_2Ppz)[Mn(2,5-PDc)_2(H_2O)] \cdot 2H_2O\}$ koordinasyon polimeri $P2_1/c$ uzay grubunda ve monoklinik kristal sistemine sahiptir. Tek boyutlu (1D) Mn(II) kompleksinin asimetrik birimi bir Mn(II) iyonu, iki 2,5-PDc²⁻ ligandı, bir H₂Ppz²⁺ kationu, bir akua ligandı ve iki tane hidrat su molekülü içerir (Şekil 6).

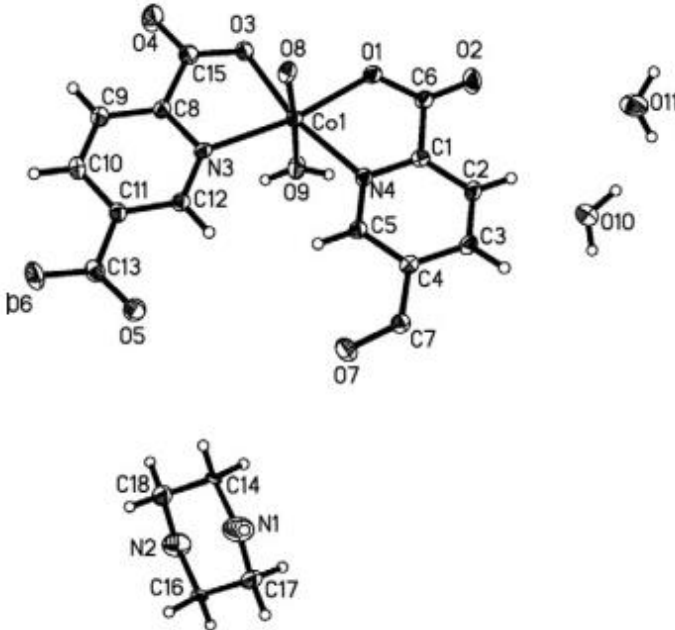


Şekil 6. $\{(H_2Ppz)[Mn(2,5-PDc)_2(H_2O)] \cdot 2H_2O\}$ Kompleksinin Asimetrik Birimi

Mn²⁺ iyonu üç karboksilat oksijen atomu, iki 2,5-piridin dikarboksilik asitin piridin halkasındaki iki azot atomu ve bir su molekülüne koordine olarak bozulmuş oktahedral geometriyi oluşturur. Kristal yapıda Ppz²⁺ kationu metale koordine olmamıştır ve kompleks iyonun negatif yükünü nötrleştirmek için tamamlayıcı iyon olarak bulunmaktadır. Mn²⁺ iyonu, iki 2,5-PDc²⁻ ligandından birinin her iki karboksilat oksijen atomuna bağlanırken, diğer 2,5-PDc²⁻ ligandının yalnızca bir karboksilat oksijenine koordine olur. Tek boyutlu yapılar, iki boyutlu bir yapı oluşturmak için OH⁺···O H-bağları yoluyla bağlanır. İki boyutlu yapı iki kafes su molekülüne ve Ppz²⁺ kationuna N–H···O ve O–H···O H-bağları aracılığı ile bağlanarak üç boyutlu (3D) supramoleküler yapıyı oluşturur (Singha vd, 20017).

Lantanit elementlerinden seryum ve praseodimyumun sırasıyla $[\text{Ce}(2,5\text{-PDc})(\text{Ppz})_{1/2}(\text{H}_2\text{O})]$ ve $[\text{Pr}(2,5\text{-PDc})(\text{Ppz})_{1/2}(\text{H}_2\text{O})]$ kompleksleri, 1:3:1 oranında $\text{M}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($\text{M} = \text{Ce}$ ve Pr), piridin-2,5-dikarboksilik asit (2,5- H_2PDc) ve piperazinin (Ppz) su (5 mL) içindeki hidrotermal koşullar altında 160°C 'de 72 saat ısıtılmasıyla elde edilmiştir (Ay vd, 2016). Komplekslerin yapıları toz X-ışını (PXR) ve tek kristal X-ışını kırınımı, IR, termogravimetrik analiz (TGA), alan emisyon taramalı elektron mikroskobu (FESEM) ve elementel analiz yöntemleri kullanılarak aydınlatılmıştır. Her iki kompleks de $\text{P}2_1/\text{c}$ uzay grubunda ve monoklinik kristal sisteminde kristallenmiştir. Ce^{3+} ve Pr^{3+} iyonlarının koordinasyon sayısı dokuzdur ve her bir metal iyonu (Ce^{3+} ve Pr^{3+}), altı tane COO^- grubundan yedi oksijen, bir piridin halkasının azot atomu ve bir akua ligandının oksijeni ile koordine olmuştur. Ce^{3+} ve Pr^{3+} iyonlarının geometrisi tek şapkalı kare antiprizmadır.

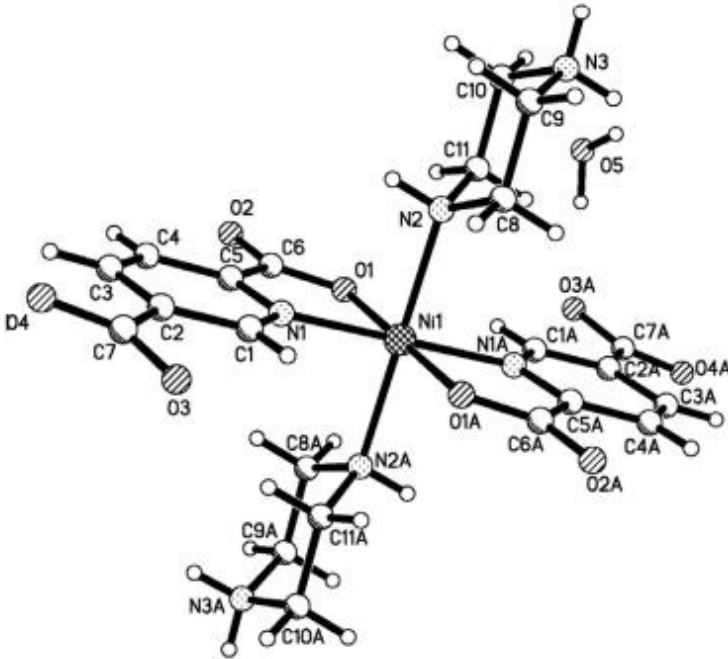
Hidrotermal olarak sentezlenmiş $[\text{Co}(2,5\text{-PDc})_2(\text{H}_2\text{O})] \cdot (\text{Ppz}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kompleksinin asimetrik birimi, bir Co^{2+} iyonundan, iki 2,5-dikarboksilat anyonundan, bir tane akua ligandından, iki hidrat su molekülünden ve bir tane Ppz molekülünden oluşmaktadır (Jin vd, 2011) (Şekil 7). Kristal yapıda Ppz bileşiği metale koordine olmamıştır ve kristal boşluklarda konuk molekül olarak yer almıştır.



Şekil 7. $[\text{Co}(2,5\text{-PDc})_2(\text{H}_2\text{O})] \cdot (\text{Ppz}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Kompleksinin Asimetrik Birimi

Kompleks $P2_1/c$ uzay grubunda ve monoklinik kristal sisteminde kristallenmiştir. Kompleksin yapısı tek kristal X-ışını kırınımı, UV ve IR spektroskopileri, TGA ve elemental analiz yöntemleri ile belirlenmiştir. Bozulmuş oktahedral geometriye sahip altı koordinasyon sayılı Co^{2+} merkezi, iki 2,5-piridin dikarboksilat anyonunun iki N ve iki O atomu, bir su molekülünün oksijen O ve komşu 2,5-piridin dikarboksilat anyonunun bir O atomu ile koordine edilmiştir.

Altı koordinasyon sayılı, bozulmuş oktahedral geometriye sahip mononükleer Ni(II) kompleksi, $[Ni(2,5-PDc)_2(HPpz)_2] \cdot H_2O$, hidrotermal koşullar altında elde edilmiştir (Jin vd, 2013). Bileşik bir Ni^{2+} kationu, iki 2,5-piridin dikarboksilat anyonu, iki $HPpz^{2+}$ kationu ve bir kafes H_2O molekülü içermektedir (Şekil 8). Ni^{2+} kationu ekvatoryal düzlemde iki 2,5-PDc²⁻ anyonunun O1, O1A, N1 ve N1A atomlarına ve eksenel konumlarda $HPpz^+$ kationunun N2 ve N2A atomlarına koordine olmuştur. İki 2,5-PDc²⁻ ligandının C–O bağ uzunluklarından iki karboksilik grubunun da deprotonate olduğu anlaşılmaktadır. $HPpz^+$ fragmanında, N atomlarından biri Ni(II) iyonuna koordine olurken, diğer N atomu protonlanarak NH_2^+ ya dönüşmüştür (Manna vd, 2018).



Şekil 8. $[Ni(Py-2,5-Dc)_2(HPpz)_2] \cdot H_2O$ Kompleksinin Molekül Yapısı

Fe(II) kompleksi $\{(H_2Ppz)[Fe(2,5-PDc)_2(H_2O)] \cdot 2H_2O\}$ (Singha ve Mahata, 2017) hidrotermal olarak elde edilen karışık metal koordinasyon polimerleri olan $\{(H_2Ppz)[Zn_{1/3} \cdot Fe_{2/3}(2,5-PDc)_2(H_2O)] \cdot 2H_2O\}$ ve $\{(H_2Ppz)[Co_{1/3}Fe_{2/3}(2,5-PDc)_2(H_2O)] \cdot 2H_2O\}$ (Debamalya vd, 2019a) ile izoyapısaldır ve bu komplekslerin yapılarını doğrulamak için sentezlenmiştir. Metal-organik kafes bileşiği olan $\{(H_2Ppz)[Zn_{1/3}Co_{2/3}(2,5-PDc)_2(H_2O)] \cdot 2H_2O\}$ kompleksi Debamalya ve arkadaşları tarafından sentezlenmiştir (Debamalya vd, 2019b).

SONUÇ

2,5-H₂PDc içeren çok sayıda kompleks olmasına rağmen piperazin ve türevlerinin bulunduğu çok az sayıda 2,5-H₂PDc kompleksleri bulunmaktadır. İncelenen komplekslerde 2,5-piridin dikarboksilik asitten iki protonun ayrılmasıyla oluşan 2,5-piridin dikarboksilat iyonunun metale koordine olduğu görülmüştür. Diğer ligand olan piperazinin ise metale koordine olduğu komplekslerin yanı sıra koordine olmadan sadece kompleks iyonun yükünü dengeleyici tamamlayıcı iyon olarak bulunduğu ayrıca sadece konuk molekül olarak kristal boşluklarda yer aldığı kompleksleri gözlenmiştir. Komplekslerde geçiş ve iç geçiş metallerinin kullanıldığı görülmüştür. Literatürde örneklerine az rastlanan 2,5-piridin dikarboksilik asit ile piperazin ve türevlerini içeren yeni bileşiklerin sentezi bilime katkı sunacaktır.

KAYNAKÇA

- Ahmadi, A., Khalili, M., Nafarie, A., Yazdani, A., Nahri-Niknafs, B. (2012). Synthesis and anti-inflammatory effects of new piperazine and ethanolamine derivatives of H1-antihistaminic drugs. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 12(12), 1282-1292.
- Amita, T., Miridula, M., Manju, V. (2011). Piperazine: The molecule of diverse pharmacological importance. *IJRAP*, 2(5), 1547-1548.
- Andersson, J. D., Pierson, M. E., Finnema, S. J., Gulyas, B., Heys, R., Elmore, C. S., Farde, L., Halldin, C. (2011). Development of a PET radioligand for the central 5-HT_{1B} receptor: radiosynthesis and characterization in cynomolgus monkeys of eight radiolabeled compounds. *Nuclear Medicine and Biology*, 38(2), 261-272.
- Ay, B., Yildiz, E., Kani, İ. (2016). Novel heteroleptic lanthanide organic frameworks containing pyridine-2,5-dicarboxylic acid and in situ generated piperazine-2,5-dicarboxylic acid from piperazine: Hydrothermal synthesis and luminescent properties. *Journal of Solid State Chemistry*, 233, 44-51.
- Aytemir Dilsiz, M., Septioğlu, E., Çalış, Ü., (2010). Synthesis and anticonvulsant activity of new kojic acid derivatives. *Arzneimittelforschung*, 60(1), 22-29.
- Bruno, R., Matthews, A. J., Dunn, M., Alati, R., McIlwraith, F., Hickey, S., Burns, L., Sindich, N. (2012). Emerging psychoactive substance use among regular ecstasy users in Australia, *Drug and Alcohol Dependence*, 124, 19-25.
- Carter, D. S., Cai, H., Lee, E. K., Iyer, P. S., Lucas, M. C., Roetz, R., Schoenfeld, R.C., Weikert, R. J. (2010). 2-Substituted N-aryl piperazines as novel triple reuptake inhibitors for the treatment of depression. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 20, 3941–3945.
- Chandrika, N. T., Shrestha, S. K., Ngo, H. X., Tsodikov, O. V., Howard, K. C., Garneau-Tsodikova, S. (2018). Alkylated Piperazines and Piperazine-Azole Hybrids as Antifungal Agents. *Journal of Medicinal Chemistry*, 61(1), 158-173.
- Chen, X., Wang, Y., Yu, J., Zou, Y., Xu, R. (2004). (C₆H₁₇N₃)[Zn₄(PO₄)₂(HPO₃)₂]: a new layered zinc phosphate-phosphite templated by 1-(2-Aminoethyl) piperazines. *J. of Solid State Chem.*, 177, 2518-2522.

- de Brito, A. F., Martins, J. L. R., Fajemiroye, J. O., Galdino, P. M., Lima, T. C. M. D., Menegatti, R., Costa, E. A. (2012). Central pharmacological activity of a new piperazine derivated: 4-(1-Phenyl-1h-pyrazol-4-ylmethyl)-piperazine-1- carboxylic acid ethyl ester. *Life science*, 90, 910-916.
- Debamalya, G., Debal, K. S., Lebedev, O. I., Seikh, M. M., Mahata, P. (2019). A remarkable annealing time effect on the magnetic properties of single-source coordination polymer precursor-derived CoFe_2O_4 nanoparticles. *New Journal of Chemistry*, 43(48), 19044-19052.
- Debamalya, G., Ananya, P., Susanta, G., Arup, G., Seikh, M. M., Mahata P., (2019), Metal Ion Sensing and Electrochemical Behaviour of MOF Derived ZnCo_2O_4 . *European Journal of Inorganic Chemistry*, 3076-3083.
- Hamamcı, S., Yılmaz, V. T., Harrison, W. T. A. (2005). Synthesis, IR Spectra, Thermal Analysis and Crystal Structure of A One-Dimensional Coordination Polymer Containing Both Three- and Four-Coordinate Silver(I) Centers Bridged by Both Saccharinate and N-(2-Hydroxyethyl)piperazine Ligands. *Journal of Molecular Structure*, 734, 191-195.
- Hamdy, L. B., Raithby, P. R., Thomas, L. H., Wilson, C. C. (2014). Self-assembly synthesis of precursors to potential open framework alkali earth metal-organic complexes. *New Journal of Chemistry*, 38(5), 2135-2143.
- Han, Z., Li, J., Gao, J. (2006). Synthesis, crystal structure and magnetic properties of 2D bi-layered coordination polymer. *Journal of Coordination Chemistry*, 59(14), 1641-1647.
- Hou, Y., Wang, S., Shen, E., Wang, E., Xiao, D., Li, Y., Xu, L., Hu, C. (2004). A novel three-dimensional metal-organic network, $\text{Zn}_2(\text{btec})(\text{pipz})(\text{H}_2\text{O})(\text{btec}=1,2,4,5 \text{ benzenetetracarboxylate, Pipz=piperazine})$, with blue fluorescent emission. *Inorganica Chimica Acta*, 357, 3155-3161.
- Jin, J., Ding, Y., Gong, Y.-Y., Cong, S.-M., Chi, Y.-X., Zhang, G.-N., Niu, S.-Y. (2013). Synthesis, structure and surface photo-electric property of Ni(II) complexes. *Inorganica Chimica Acta*, 399, 227-235.
- Jin, J., Li, D., Li, L., Han, X., Cong, S., Chi, Y., Niu, S. (2011). Synthesis, crystal structure and surface photo-electric property of a series of

- Co(II) coordination polymers and supramolecules. *Inorganica Chimica Acta*, 379(1), 44-55.
- Johnson, D. S., Choi, C., Fay, L. K., Favor, D. A., Repine, J. T., White, A. D., Akunne, H. C., Fitzgerald, L., Nicholls, K., Snyder, B. J., Whetzel, S. Z., Zhang, L., Serpa, K. A. (2011). Discovery of PF-00217830: Aryl piperazine naphthyridinones as D2 partial agonist for schizophrenia and bipolar disorder. *Bioorganic and Medicinal Chemistry letters*, 21, 2612- 2625.
- Khalil, M. M., Attia, A. E., (1999). Potentiometric Studies on the Binary and Ternary Complexes of Copper(II) Containing Dipicolinic Acid and Amino Acids. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 44(2), 180-184.
- Kita, E., Marai, H., Zajaç, K. (2007). Synthesis and kinetic studies in aqueous solution on chromium(III) complexes with isocinchomeronic acid-potential new biochromium sources. *Transition Metal Chemistry*, 33(2), 211-217.
- Kumar, C. S. A., Swamy, S. N., Thimmegowda, N. R., Prasad, S. B. B., Yip, G. W. Rangappa, K. S. (2007). Synthesis and evaluation of 1-benzhydryl-sulfonyl-piperazine derivatives as inhibitors of MDA-MB-231 human breast cancer cell proliferation. *Medicinal Chemistry Research*, 16(4), 179-187.
- Kwak, C. H., Jee, J. E., Pyo, M., Kim, J., Eldik, R. V. (2004). Structure and characterization of non-cyclic tetraaza complexes of copper(II) and their reactions with nitric oxide. *Inorganica Chimica Acta*, 357, 2643-2649.
- Lee, J., Shim, H., Park, Y., Park, S., Shin, J., Yang, W., Lee, S. (2002). 2,5-Pyridinedicarboxylic acid derivatives as non-Nucleosidic Reverse transcriptase inhibitors of Hepatitis B Virus. *Bioorganic Medicinal Chemistry Letters*, 12(19), 2715-2717.
- Lethbridge, Z. A. D., Congreve, A. F., Esslemont, E., Slawin, A. M. Z., Lightfoot, P. (2003). Synthesis and structure of three manganese oxalates : $MnC_2O_4 \cdot 2H_2O$, $[C_4H_8(NH_2)_2][Mn_2(C_2O_4)_3]$ and $Mn_2(C_2O_4)(OH)_2$. *Journal of Solid State Chemistry*, 172, 212-218.
- Manna, S. C., Jana, A. D., Drew, M. G. B., Mostafa, G., Ray Chaudhuri, N. (2008). Polymorphism in $[Co(SCN)_4(ppz-H)_2]$ (ppz, piperazine). *Polyhedron*, 27(4), 1280-1286.
- McNair, T. J., Wibin, F. A., Hoppe, E. T., Schmidt, J. L., dePeyster, F.A. (1963). Antitumor action of several new piperazine derivatives

- compared to certain standard anticancer agents. *Journal of Surgical Research*, 3(3), 130-136.
- Nandi, G., Thakuria, R., Titi, H. M., Patra, R., Goldberg, I. (2014). Synthesis, structure, topology and magnetic properties of new coordination polymers based on 5(-Br/-COOH)-substituted nicotinic acid. *Crystal Engineering Communications*, 16, 5244-5256.
- Nawar N., Hosny N. M. (1999). Transition Metal Complexes of 2-Acetylpyridine o-Hydroxybenzoylhydrazone (APo-OHBH): Their Preparation, Characterisation and Antimicrobial Activity. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 47(7), 944-949.
- Nylund, K., Johansson, P., Puterova, Z., and Krutosikova, A. (2010). *Heterocyclic Compounds: Synthesis, Properties and Applications*, Nova Science Publishers, Hauppauge, New York.
- Patrick, B. O., Stevens, C. L., Storr, A., Thompson, R. C. (2005). Coordination polymers incorporating copper(II) and manganese(II) centers bridged by pyridinedicarboxylate ligands: Structure and magnetism. *Polyhedron*, 24(16-17), 2242-2249.
- Plater, M. J., St. J. Foreman, M. R., Howie, R. A., Lachowski, E. E. (1998). Hydrothermal Synthesis and Characterisation of $M(\text{pdc}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ($\text{pdc}=2,5\text{-pyridinedicarboxylate}$); $M=\text{Co, Ni, Co}_x\text{Ni}_y$ ($x=0.4-0.6, y=0.6-0.4$). *Journal of Chemical Research Part S*, (12), 754-755.
- Ratilainen, J., Airola, K., Frohlich, R., Nieger, M., Rissanen, K. (1999). Synthesis of a tetradentate piperazine ligand and a structural study of its coordination compounds. *Polyhedron*, 18, 2265-2273.
- Semerci, F., Yeşilel, O. Z., Ölmez, H., Büyükgüngör, O., (2014). Supramolecular assemblies of copper(II)-pyridine-2,3-dicarboxylate complexes with N-donor ligands and clustered water molecules. *Inorganica Chimica Acta*, 409, 407-417.
- Sengupta, P., Ghosh, S., Mak, T. C. (2001). A new route for the synthesis of bis(pyridine dicarboxylato)bis(triphenylphosphine) complexes of ruthenium(II) and X-ray structural characterisation of the biologically active $\text{trans-}[\text{Ru}(\text{PPh}_3)_2(\text{L}_1\text{H})_2]$ ($\text{L}_1\text{H}_2=\text{pyridine 2,3-dicarboxylic acid}$). *Polyhedron*, 20(9-10), 975-980.
- Shi, Q., Zhang, S., Wang, Q., Ma, H., Yang, G., Sun, W. -H. (2007). Synthesis and crystal structure of metal-organic frameworks $[\text{Ln}_2(\text{pydc-3,5})_3(\text{H}_2\text{O})_9]n3n\text{H}_2\text{O}$ ($\text{Ln}=\text{Sm, Eu, Gd, Dy}$; $\text{pydc-3,5}=\text{pyridine-3,5-dicarboxylate}$) along with the photoluminescent

- property of its europium one. *Journal of Molecular Structure*, 837(1-3), 185-189.
- Singha, D. K., Mahata, P. (2017). Coordination polymer-derived nano-sized zinc ferrite with excellent performance in nitro-explosive detection. *Dalton Transactions*, 46(34), 11344-11354.
- Singha, D. K., Majee, P., Mondal, S. K., Mahata, P. (2017). Selective Luminescence-Based Detection of Cd^{2+} and Zn^{2+} Ions in Water Using a Proton-Transferred Coordination Polymer-Amine Conjugate Pair. *Chemistry Select*, 2(11), 3388-3395.
- Song, Y., Wang, X., Zhang, S., Wang, J., Gao, S., Chen, S. (2016). Lanthanide-Coordination Polymers with Pyridinedicarboxylic Acids: Syntheses, Structures and Luminescent Properties. *Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie*, 642(11-12), 681-691.
- Suen, M. C., Keng, T. C., Wang, J. C. (2002). One-dimensional structures of zinc(II) and cobalt(II) coordination complexes $[\text{Zn}(\text{NCS})_2(\text{PPz})_n]$ and $[\text{CoCl}_2(\text{PPz})_n]$ (PPz=piperazine). *Polyhedron*, 21, 2705-2710.
- Sun, L.-P., Niu, S.-Y., Jin, J., Yang, G.-D., Ye, L. (2006). Synthesis, Structure and Surface Photovoltage of a Series of Ni(II) Coordination Polymers. *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2006(24), 5130-5137.
- Süss-Fink, G., Cuervo, L. G., Therrien, B., Stoeckli-Evans, H., Shul'pin, G. B. (2004). Mono and oligonuclear vanadium complexes as catalysts for alkane oxidation: synthesis, molecular structure, and catalytic potential. *Inorganica Chimica Acta*, 357(2), 475-484.
- Tucker, H., Thomas, D. F. (1992). Novel inhibitors of prolyl 4-hydroxylase. 2. 5-Amide substituted pyridine-2-carboxylic acids. *Journal of Medicinal Chemistry*, 35(5), 804-807.
- Wibowo, A. C., Smith, M. D., zur Loye, H. -C. (2011). A new Kagomé lattice coordination polymer based on bismuth and pyridine-2,5-dicarboxylate: structure and photoluminescent properties. *Chemical Communications*, 47(26), 7371-7373.
- Xie, C., Zhang, B., Wang, X., Wang, R., Shen, G., Shen, D. (2006). The synthesis and structure of a novel alternating 1-D cobalt coordination polymer $[\text{Co}(2,5\text{-PDC})_2(\text{H}_2\text{O})_2\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. *Journal of Chemical Crystallography*, 37(1), 25-29.
- Zhang, X., Huang, D., Chen, C., Liu, Q., Liao, D., Li, L. (2005). Synthesis, structural characterization and magnetic property of metal 2,5-pyridine dicarboxylate complex. *Inorganic Chemistry Communications*, 8(1), 22-26.

Zhao, X. J., Du, M., Wang, Y., Bu, X. H. (2004). Formation of cobalt(II)–piperazine supramolecular systems under different organic acid mediums: synthesis, characterization and crystal structures. *Journal of Molecular Structure*, 692, 155-161.

BÖLÜM 4

İLETİŞİM UYGULAMALARI İÇİN MİKRODALGA DİELEKTRİK $Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ MALZEMELERİN İNCELENMESİ

Dr. Ethem İlhan ŞAHİN¹

Dr. Öğr. Üyesi Mehriban EMEK²

Dr. Jamal Eldin Fadoul Mohammed IBRAHİM³

¹ Dr., Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, İleri Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Adana, Türkiye. shnethem@gmail.com, ORCID ID :0000-0001-7859-9066

² Dr. Öğretim Üyesi, Adıyaman Üniversitesi, Gölbaşı Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Teknolojileri Bölümü Bilgisayar Programcılığı Programı, Gölbaşı Adıyaman, Türkiye. emekmehriban@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7322-9808

³ Dr., Miskolc Üniversitesi, Seramik ve Polimer Mühendisliği Enstitüsü (Antal Kerpely Doctoral School of Material Science and Technology, Institute of Ceramic and Polymer Engineering, Faculty of Material Science and Engineering, University of Miskolc, Miskolc, Hungary), Macaristan. jamalfadoul@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2479-5955

1. GİRİŞ

Mikrodalga dielektrik malzemeler, GPS ve DBS TV dahil olmak üzere karasal ve uydu iletişiminden uydular aracılığıyla çevresel izlemeye kadar geniş bir uygulama yelpazesi ile küresel alanda önemli bir rol oynamaktadır. Mevcut ve gelecekteki sistemlerin özelliklerini karşılamak için, özel dielektrik malzemelere ve yeni tasarımlara dayalı geliştirilmiş veya yeni mikrodalga bileşenleri gereklidir. Mikrodalga telekomünikasyon, uydu yayını ve akıllı ulaşım sistemleri içindeki (ITS) en son ilerlemeler, esas olarak kablosuz iletişim aletlerinde yer alan düşük kayıplı seramikten disklerle, dielektrik rezonatörlere (DR)' aşırı bir taleple sonuçlanmıştır.

Kısacası, mükemmel dielektrik özelliklere sahip mikrodalga dielektrik seramikler, dielektrik izolasyon, dielektrik dalga kılavuzu, dielektrik rezonans gibi bir dizi devre işlevine sahiptir ve uydu iletişimde, navigasyon, radar, hüresel mobil iletişim gibi alanlarda geniş frekans bandında yaygın olarak kullanılır (Korkmaz 2010; Şahin 2010).

Bir dielektrik rezonatör, mikrodalga dielektrik dalga kılavuzları için tipik bir uygulamadır. Gerçek hayatta, dielektrik filtrelerin uygulamaları olarak, cep telefonları, araba telefonları, baz istasyonlarının bant geçiren ve bant durduran filtreleri, entegre alıcılar ve verici dupleksleyicileri verebiliriz.

Mikrodalgaları taşıyıcı olarak kullanan cep telefonu ve uydu iletişim sistemlerindeki son gelişmelerle, cihaz minyatürleştirme alanındaki araştırma ve geliştirme, çağdaş malzeme bilimindeki en büyük zorluklardan biri olmuştur. Materyal geliştirmedeki son gelişmeler, kablosuz haberleşme teknolojisi için çok önemli değişikliklere neden olmuştur. Dielektrik özellikteki oksit seramikler, mobil telefonlardan global konumlandırma sistemlerine uzanan uygulamalarda filtre, osilatör ve anten bileşenlerinin boyutunu ve maliyetini azaltarak mikrodalga kablosuz iletişim endüstrisinde devrim yarattı (Sebastian vd 2008; Qasrawi vd 2021).

$Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ (BZN) seramik, haberleşme sektöründe büyük uygulama potansiyeline sahip mikrodalga dielektrik malzemelerden biridir.

BZN seramikleri, iletişim teknolojisinde rezonatörler, filtreler ve ayarlayıcılar olarak potansiyel uygulamalara sahiptir. Yüksek dielektrik sabiti ($\epsilon_r=41$), alçak dielektrik kaybı veya 54.000 civarında yüksek kalite faktörü (10 GHz'de $Q_{xf}=54.000$), yaklaşık 27 ppm/°C ($\tau_f=27$ ppm/°C) değerinde yüksek dirençlilik ve rezonans frekans sıcaklık katsayısına sahiptirler (Şahin

2010; Onoda vd 1982; Korkmaz 2010). $Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ (BZN) seramik malzemeleri olarak bilinen yüksek dielektrik malzemeler, elektronikte mikro/radyo dalgası filtreleri ve/veya mikrodalga rezonatörleri olarak kullanılmaktadır (Kamba vd 2004). Çok işlevli aktiviteler için umut vaat eden malzemeler oldukları bildirilmektedir (Huang vd 2018). Yüksek kalite faktörü (Qxf değerleri) sergileyen akıllı dielektrik nitelikleri, bu seramik sınıfını dielektrik rezonatörler ve mikrodalga bant filtreler olarak tanımlar (Cui vd 2020). Son zamanlarda yapılan araştırmalar, tek veya çok fazlı perovskite seramik sistemlerinin, yüksek Q faktörü ve termal kararlılıkları nedeniyle rezonatör olarak kullanıldığında kapsamlı ayarlanabilirliğe sahip olacak şekilde kontrol edilebileceğini doğrulamıştır. Manyetik alanların, ferrit-dielektrik fazlardan yapılmış kompozit rezonatörleri yönetme yeteneğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bu özelliğin bir sonucu olarak bazı ayarlanabilir mikrodalga cihazlarında kullanılabilirler. BZN seramik malzemelerinin yapısına farklı katyonların eklenmesinin dielektrik özelliklerini iyileştirdiği ve onları çok işlevli cihazlar olarak daha uygun hale getirdiği bilinmektedir (Qasrawi vd 2019; Şahin 2023; Qasrawi ve Hamarsheh 2022). Ayrıca geliştirilen dielektrik BZN malzemesi, mikrodalga iletişimde (kablosuz iletişim teknolojisinde) ve çok katmanlı kapasitörler olarak kullanılabilir.

Uydu ve mobil radyo iletişimindeki hızlı büyüme, dar bant, frekans kararlı filtreler ve osilatörler için bir gereksinime yol açmıştır. Sinyallerin tahsis edilmiş frekans bantlarını yakından tanımlayacak şekilde sınırlandırılmasını sağlamak ve sistemin tatmin edici performansına müdahale edecek istenmeyen sinyallerin girişimini önlemek için filtreleme ile seçicilik ve kararlılık gerekmektedir. Ayrıca antenler herhangi bir kablosuz iletişim sisteminin çok önemli bileşenleridir. Uydu ve elde taşınan mobil sistemlerde kompaktlık ihtiyacı belirgin hal almıştır (Korkmaz 2010; Qasrawi vd 2019; Şahin 2010). Tablo 1 ve Tablo 2’de bazı malzemelerin dielektrik özellikleri verilmiştir.

Tablo 1: Bazı Malzemelerin Relatif Dielektrik Sabitleri (1 atm ve 20°C’de)
(Richerson 1993; Cheng 2003; Şahin 2010).

Malzeme	Dielektrik Sabiti	Malzeme	Dielektrik Sabiti
Boşluk	1.0	NaCl	5.9
Mika	2.5-7.3	Polietilen	2.26
MgO	9.6	BeO	6.5
Neon	1.00013	Cam	4-7
Hidrojen	1.00025	HCN (O°C)	158
Elmas	5.7	Al ₂ O ₃	8.6-10.6
MgSiO ₄	6.2	Zirkon	8.8
LiF	9	BaO	34
Azot	1.00058	Lastik	2.3-4.0
Porselen	6-8	Parafin	2-2.5
Argon	1.00055	Porselen	6-8
Kağıt	2-4	Maden yağı	2.3
Helyum	1.000068	Metanol	33.6

Tablo 2. Bazı La ve Sr katkılı Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ (BZN) malzemelerin dielektrik özellikleri, Ba_{1-x}Sr_x(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ ve Ba_{1-3/2x}La_x(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ kompozisyonları için (Şahin 2010).

	Dielektrik Sabiti, 1 Mhz, 25°C	Dielektrik Kayıp, 1 Mhz, 25°C	Dielektrik Sabiti Sıcaklık Katsayısı, 1 MHz, 25-120°C, ppm/°C
Ba _{0.85} La _{0.1} (Zn _{1/3} Nb _{2/3})O ₃ (x=0.1)	35.4	0.0047	-341 ppm/°C
Ba _{0.55} La _{0.3} (Zn _{1/3} Nb _{2/3})O ₃ (x=0.3)	43.7	0.0157	-897 ppm/°C
Ba _{0.95} Sr _{0.05} (Zn _{1/3} Nb _{2/3})O ₃ (x=0.05)	43.7	0.0019	-103 ppm/°C
Ba _{0.7} Sr _{0.3} (Zn _{1/3} Nb _{2/3})O ₃ (x=0.3)	42.8	0.0036	-2295 ppm/°C

BZN mikrodalga dielektrik seramik malzemelerin dielektrik rezonatörlerde kullanmanın avantajı, mikrodalga bileşenlerinin boyutunun küçülmesidir. Dielektrik rezonatör (DR), cihazı minyatürleştirmenin bir yolunu sunar. Bu dielektrik malzemeler için gereksinimler, yüksek bir bağlı geçirgenlik (ϵ_r), düşük dielektrik kaybı (yüksek Q değeri) ve sıfır değerine yakın bir rezonans frekans sıcaklık katsayısı (τ_f) içerir. Üç parametre, sırasıyla sistemin boyutu, frekans seçiciliği ve sıcaklık kararlılığı ile ilgilidir (Qasrawi, Şahin ve Emek 2021; Şahin 2010; Qasrawi, Şahin, Abed ve Emek 2021).

Mikrodalga dielektrik malzemelerin bahsi geçen parametreleri yakalaması aletlerin ufak boyutta üretilebilmeleri için oldukça önemlidir. Nedeni ise rezonatörün boyutunun relatif geçirgenlik değeri ile ters orantıda değişiklik göstermesidir. Günümüzde mobil haberleşme için $\text{CaTiO}_3\text{-NdAlO}_3$ ve $\text{ZrTiO}_4\text{-ZnNb}_2\text{O}_6$ seramikleri kullanılmaktadır. Bu seramikler için sırasıyla relatif geçirgenlik değerleri 43-45, Q ise 25000 (2 GHz değerinde) değerindedir, sıcaklık katsayıları ± 3 göstermektedir. Ancak belirli rezonans frekansında bant genişliğinin optimizasyonunda ve frekans seçiciliğinin ehemmiyetli durumlarında $\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Ta}_{2/3})\text{O}_3$ (BZT) ve $\text{Ba}(\text{Mg}_{1/3}\text{Ta}_{2/3})\text{O}_3$ gibi 1/3:2/3 kompleks peroveskitler daha yüksek Q değerinde olduklarından daha fazla tercih söz konusudur. $\text{Ba}(\text{B}'_{1/3}\text{B}''_{2/3})\text{O}_3$ kompleks peroveskit yapısındaki mikrodalga dielektrik seramiği ($\text{B}' = \text{Co, Zn, Mg, Ni}$; $\text{B}'' = \text{Nb, Ta}$) $\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Ta}_{2/3})\text{O}_3$ (BZT) seramiğinin bulunmasından sonra son zamanlarda oldukça dikkat çekmiştir. Bu grup $\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Ta}_{2/3})\text{O}_3$, $\text{Ba}(\text{Mg}_{1/3}\text{Ta}_{2/3})\text{O}_3$ ve $\text{Ba}(\text{Mn}_{1/3}\text{Ta}_{2/3})\text{O}_3$ seramik malzemeleri mükemmel derecede mikrodalga dielektrik karakteristikler vermektedir (Şahin 2010; Kawashima vd 1983; Wakino vd 1984).

$\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (BZN) peroveskit bileşiği bu çalışmamızda mümkün olan en olağan parametreler ile $\text{BaO-ZnO-Nb}_2\text{O}_5$ sisteminden oksitlerin karışımı yöntemiyle oluşturuldu. BZN yapısı X-ışınları toz difraktometresi XRD (Bruker-Alpha-T) ve SEM (JEOL 5910LV) cihazı kullanılarak karakterize edildi (Topcu 2020; Topcu 2021; Topcu vd 2020; Şahin 2010). Tek fazlı katkısız BZN yüksek yoğunlukta üretildikten sonra, geniş frekans ve sıcaklık aralıklarında ölçüm yapabilen (25°C - 200°C ve 1 kHz-2 MHz) Agilent E 4980A Marka Precision LCR metreyle dielektrik özellikleri saptanmıştır.

2. METOT VE MALZEME

2.1 Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ (BZN) 'in Hazırlanışı

BZN peroveskit bileşiği, oksitlerin karışımı yöntemiyle oluşturulmuştur. Öncelikle farklı oranlarda hazırlanan başlangıç materyali olan BaCO₃, ZnO ve Nb₂O₅ stokiometrik oranda karıştırılmıştır. Merc tozlarından ZnO (%99.9), sigma-aldrich tozlarından ise Nb₂O₅ (Sigma – Aldrich : %99) ve sigma-aldrich tozlarından elde edilen BaCO₃ (Sigma-Aldrich : %99) oksit tozları, polipropilen kap içerisinde 25 tane zirkonyum bilye ile etanol eklenerek birlikte 15 saat öğütülüp karıştırılma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra elde edilen bulamaçlar 100°C sıcaklıkta 24 saat sürede etüvde tutularak kurutulmuş ve sonra numunelerin öncesi ve sonrası tartılarak hesaplanan buharlaşma kayıplarını en aza indirmek için alüminadan oluşan hava geçirmez bir potada 1100°C sıcaklıkta 4 saat sürede kalsine edildi. Kalsinasyon işleminde buharlaşma kayıplarının engellenmesi için üzeri sıkıca kapatılan bir alümina sert pota içinde gerçekleşti. Buharlaşma kaybının tespiti için oksit tozları kalsinasyondan önce ve sonra tartılmıştır.

Kalsinasyon sonrası tozları önce agat havanda öğütülmüş, ardından tek eksenli preste 2 MPa basınçta 1-2 mm kalınlığında ve 10 mm çapta 2, 2.5 mm kalınlıkta pelet numuneler haline getirilmiştir.

Peletler kendi kalsine Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ tozu içerisine gömüldükten sonra uçucu türlerin kaybını önlemek için 1150 °C ile 1350 °C arasında 4 saat 250 °C/h ısıtma ve soğutma hızında sinterlenmiştir. Kütle kaybının belirlenmesi için pelet numuneleri sinterlenme öncesinde ve sonrasında tartılmıştır.

Tek fazlı Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ tozları 1100°C'de kalsine edildikten sonra 1300°C'de sinterlenmiştir.

Sinterlenmiş pelet numunelerindeki fazlar, 1/dk tarama hızı ile 2θ: 10-70° aralığında Rigaku marka XRD ve CuK radyasyonu (λ = 1.5406 Å) kullanılarak ölçülmüştür. Bir Au/Pd alaşımı ile püskürtmeli kaplamanın ardından numunelerin kırılma yüzeyleri, 20 kV'da taramalı elektron mikroskopunda (JEOL 5910LV) incelenmiştir. SEM, fazları tanımlamak ve morfolojiyi incelemek için kullanıldı.

Tablo 3'de bağ uzunluklarını sergileyen Ba-O, Nb-O ve Zn-O bağları hesaplanmıştır, Goldschmidt denklemi ise şu şekildedir (Qasrawi vd 2019; Ahn vd 2002).

$$t = \frac{R(\text{Ba}) + R(\text{O})}{\sqrt{2} \left(\frac{R(\text{Zn}) + R(\text{Nb})}{2} + R(\text{O}) \right)}$$

Burada R, iyonların iyonik yarıçapıdır $R(\text{Ba})= 1.42 \text{ \AA}$, $R(\text{Zn}) = 0.74 \text{ \AA}$, $R(\text{Nb}) = 0.69 - 0.64 \text{ \AA}$ (Ruzgar ve Caglar 2019; Suchanicz vd 2015; Qasrawi vd 2019). Çizelgelenmiş bağ uzunluğu, BZN'nin yapısı içindeki olası biçimlendirilebilir bileşikler göstermektedir.

Tablo 3. $\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ seramikleri için hesaplanan bağ uzunluğu değerleri (Olası biçimlendirilebilir yapılar ile) (Qasrawi vd 2019).

Bağ adı	Hesaplanan (Å)	Şekillendirilebilir yapılar
Ba-O	3.16	Ba_2O_3
Zn-O	2.24	ZnO
Nb-O	2.28	Nb_2O_3

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

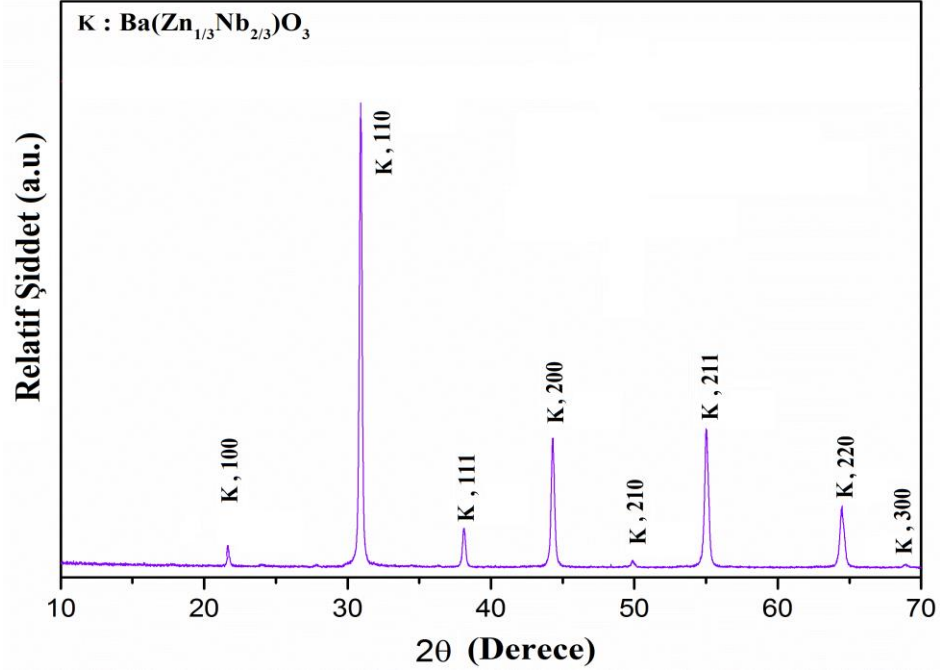
3.1 $\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ XRD Analizi

Sinterlenmiş peletlerde tek fazın veya oluşabilen ikincil faz veya fazların belirlenmesi için sinterlenen peletler agat havan içinde öğütülerek toz halinde cam numune tutucu üstüne yerleştirildi ve XRD analizine tabi edilmiştir.

Sinterlenmiş BZN'nin yapısal analizi için XRD spektroskopisi yapıldı. BZN, $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 4 saat sürede sinterlendi ve XRD analizi sonucu, tek fazlı yapının oluştuğunu ortaya çıkardı (Şekil 1).

$\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (PDF Kart No:00-039-1474) tespitinde de görüldüğü gibi ana fazlar BZN olarak belirlenmiştir. Uygun kalsinasyon sıcaklığında karışık oksit tekniği uygulanarak ve olası ara fazların uzaklaştırılmasıyla tozların tek fazlı yapısı elde edildi.

Tüm numuneler 1300 °C'de 4 saat sinterlendi. XRD incelenmesi, BZN yapısının ikincil bir fazdan yoksun olduğunu gösterdi.



Şekil 1: ‘‘ 4 saat süresinde 1300 °C ‘de sinterlenen tek fazlı $\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ için XRD paterni’’.

Numunelerin faz yapıları, tek fazlı BZN fazını korudu ve kırınım pik zirveleri, BZN ile tutarlıydı. BZN, sentez sırasında çoğunlukla sıcaklığa duyarlıdır ve bazen tek fazlar oluşturmak için yüksek sıcaklıklar kullanılır. BZN merkez simetrik olarak kübik bir kristal yapıya sahiptir.

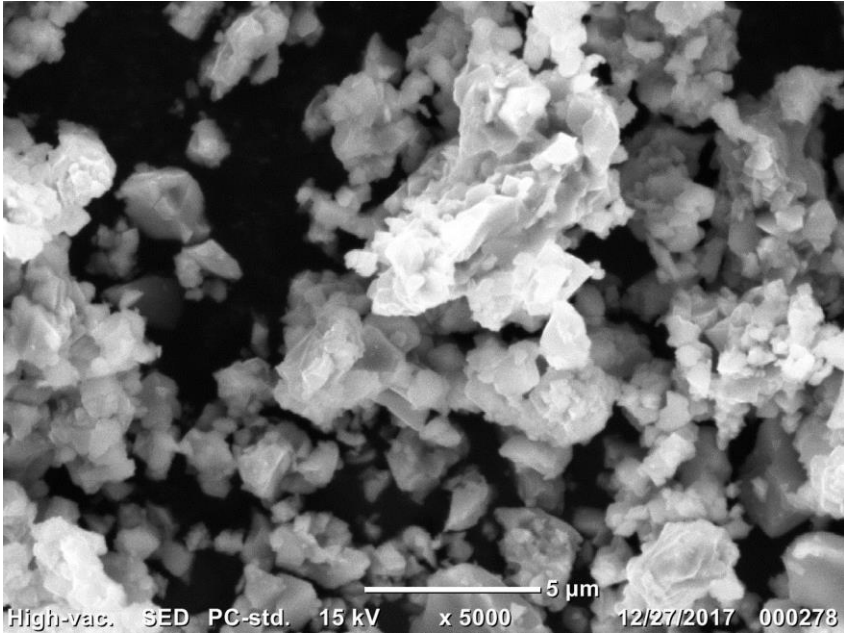
FullProf kullanılarak, Tablo 4'de deneysel örgü parametreleri ve birim hücre hacmi hesaplanmıştır. XRD paterni, BZN' nin XRD paterni ile eşleşmiştir (Galasso vd 1963; Hui vd 2006).

Tablo 4: FullProf kullanılarak $\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ örneklerinin hesaplanan örgü parametreleri.

Örnek	a, b, c (Å ³)	SYS, Space Group	Hücre Eksen Oranı, Yoğunluk (g/cm ³)	Hücre Hacim (Å ³)
$\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$	4.09352	Kübik, Pm-3m	(c/a : a/b: c/b), 6.516	68.59

3.2 $\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ için SEM Analizi

1300 °C' de 4 saat sinterlenen numuneleri incelemek amacıyla SEM cihazı kullanıldı. XRD analizinde olduğu gibi, SEM incelemesinde tüm

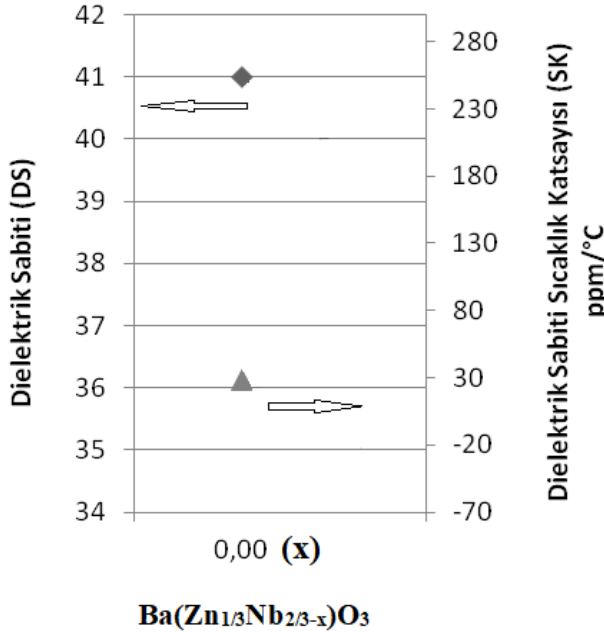


Şekil 2: “ 4 saat süresinde 1300 °C ‘de sinterlenen tek fazlı $\text{Ba}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ için SEM resmi”.

numunelerde sadece BZN tek fazlı yapının oluştuğu ve ikincil fazların veya mikroyapısal safsızlıkların bulunmadığı ortaya çıktı (Şekil 2). Tanelerin çoğunluğu merkez simetrik kübik bir yapıya sahipti ve taneler arasında fark edilebilir bir bileşimsel varyasyon gözlenmedi.

3.3 Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ için Dielektrik Sabiti ve Dielektrik Sabiti Sıcaklık Katsayısı

Tek fazlı peroveskit yapıları Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃, yüksek yoğunluklu olacak şekilde (min. %97-98 relatif yoğunlukta) sinterlenmeden sonra dielektrik karakteristiklerinin saptanması amacıyla peletlerin her iki yüzeyleri gümüş ile kaplandı. Kaplanma, her iki yüzeyin fırçayla gümüş sürülmesiyle peletlerin 500°C sıcaklıkta 30 dakika sürede kurutulması ile gerçekleştirildi. Bu işlem sonrası her iki yüzeyden 50 ohm dirence sahip gümüş tellerle gümüş pasta kullanıldı ve kontaklar alındı, peletler bir yüzü gümüş kaplı ortalama 3 cm² boyutlu cam substrata yapıştırıldı. Vakumlu çemberin içine yerleştirilmiş numuneler vakum değerleri 10⁻² ile 10⁻⁴ bar ayarlandıktan sonra ölçüme başlandı.



Şekil 3: “ Sinterlenmiş tek fazlı Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ için dielektrik sabiti ve dielektrik sabiti sıcaklık katsayısı”.

Ölçüm farklı sıcaklık derecelerinde (25°C-200°C) ve frekanslarında (1 kHz-2 MHz) ölçüm yapabilen Agilent E4980A Model Precision LCR Metreyle yapıldı. Ölçümlerin sonucunda dielektrik sabit değeri, dielektrik sabiti sıcaklık katsayısı ölçülmüştür (Şekil 3).

Dielektrik sabiti 25°C sıcaklıkta ve 1 MHz'de hesaplanırken, sıcaklık katsayısı belirli sıcaklıklarda ve 1 MHz'de belirlenmiştir. BZN'de dielektrik sabiti 41 olarak ölçülmüştür. Dielektrik sabiti sıcaklık katsayısı parametresi ise katkı olmayan BZN'de 28 ppm/°C olarak ölçülmüştür. Dielektrik sabiti sıcaklık katsayısının kompozisyona bağlı olduğu bilinmektedir.

BZN yapısı farklı polimerler veya katkıları ile ayrıntılı incelenebilir. Yüksek frekans bantlarında, bu malzemenin çeşitli katkı malzemeleriyle kalkanlama etkisi ve yansıma kaybı incelenerek frekans seçici özellikleri saptanabilir. BZN malzemelerin optik özellikleri incelenebilir.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma 2014 yılında aramızdan ayrılan ancak hatıraları sonsuz olan Salim ŞAHİN ve 2017 yılında kaybettiğimiz Prof. Ayhan MERGEN hatıralarında yazılmıştır. Bu araştırma için Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversite'sine, İstinye Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi ve Arap Amerikan Üniversitesi (Arab American University) Öğretim Üyesi Prof. Dr. Atef FAYEZ Hasan QASRAWI'ye, İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümünden Prof. Dr. Sedef KENT PINAR, Prof. Dr. Selçuk PAKER ve Prof. Dr. Mesut KARTAL' a teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Ahn BY and Kim NK. Role of B'' Ion (B''=Nb, Ta) on perovskite development, lattice parameters and dielectric properties of (Ba, Pb)(Zn_{1/3}B''_{2/3})O₃ ceramics. *Journal of Materials Science* 2002: 37; 4697-4701.
- Cheng David K. Dalga ve Alan Elektromanyetizması, Akademi Yayın Hizmetleri Ankara,Türkiye. 2003: 374;114-122.
- Cui X, Liu L, Li H, Liu F, Lijing C, and Liu S. Influences of Mg and Mn doping on structure, B-site ordering and microwave dielectric properties of Ba(Co_{1/3}Nb_{2/3})O₃ ceramics. *Materials Research Express* 2020: 7(1); 016306.
- Galasso FS and Pyle J. Preparation and study of ordering in A(B_{0.33}Nb_{0.67})O₃ perovskite type compounds. *J. Phys. Chem.* 1963: 67(7);1561-1562.
- Golezani JJ, Kartal M, Döken B, Paker S. Triband frequency selective surface design effective over oblique incidence angles for GSM system. *IETE Journal of Research* 2022: 68 (2); 1406-1410.
- Huang M, Yang X and Jiang F. Dielectric and Luminescent properties of Sm³⁺ doped Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ ceramics with perovskite structure. *Materials Research Express* 2018: 5(6); 066301.
- Hui W, Daviesy PK. Influence of non-stoichiometry on the structure and properties of Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ microwave dielectrics: I. substitution of Ba₃W₂O₉. *J. Am. Ceram. Soc.* 2006: 89(7); 2239-2249.
- Kamba S, Hughes H, Noujni D, Surendran S, Pullar RC, Samoukhina P, Petzelt J, Freer R, Alford NM and Iddles DM. Relationship between microwave and lattice vibration properties in Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ -based microwave dielectric ceramics. *Journal of Physics D: Applied Physics* 2004: 37(14); 1980-1986.
- Kawashima S, Nishida M, Ouchi H. Ba(Zn_{1/3}Ta_{2/3})O₃ ceramics with low dielectric loss at microwave frequencies. *J. Am. Ceram. Soc.*, 1983: 66; 421-423.
- Korkmaz E (2010), Effect of different dopants on the sintering behaviour and dielectric properties of Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ microwave dielectric

- ceramics, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Onoda M, Kuwata J, Kaneta K, Toyama K, Nomura S. Jpn. J. Appl. Phys.” 21st Ed., Elsevier, (1982) 1707.
- Peng S, Zhang Y and Yi T. Research progress of Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ microwave dielectric ceramics: a review. Materials 2023: 16(1); 423.
- Ruzgar S and Caglar M, The effect of Sn on electrical performance of zinc oxide based thin film transistor. J. Mater. Sci. 2019: 30; 485-490.
- Richerson DW. Modern Ceramic Engineering Properties, Processing, and Use in Design. 2nd Ed, Marcel Dekker 1993: 252-261.
- Qasrawi AF, Hamarsheh AA. Structural, optical and electrical properties of band-aligned CdBr₂/Au/Ga₂S₃ interfaces and their application as band filters suitable for 5G technologies. J. Electronic Materials 2022: 32; 1-12.
- Qasrawi AF, Sahin Eİ, Emek M, Kartal M. and Kargin S. Structural and dielectric performance of the Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3-x}Sb_x)O₃ perovskite ceramics. Materials Research Express 2019: 6; 095095.
- Qasrawi AF, Sahin Eİ, and Emek M. Nickel doping effects on the structural and dielectric properties of Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ perovskite ceramics. Journal of Electronic Materials 2021: 50(4); 2223-2231.
- Qasrawi AF, Sahin Eİ, Abed TY, Emek M. Structural and dielectric properties of Ba_{1-x}La_x(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃ solid solutions. Phys. Status Solidi B 2021: 258; 2000419-2000436.
- Sebastian MT. Dielectric materials for wireless communication, 1st Ed., Elsevier. 2008: 305-308.
- Suchanicz J, Konieczny K, Faszczowy I, Karpierz M, Lewczuk U, Urban B, Klimkowski G, Antonova M and Sternberg A. Sb effect on structural, dielectric, and ferroelectric properties of Na_{0.5}K_{0.5}NbO₃ ceramics. Ferroelectrics 2015: 479; 8-14.
- Şahin EI, Emek M, Ertug B, Kartal M. Electromagnetic shielding effectiveness of Colemanite/PANI/SiO₂ composites radar and wider frequency ranges. Beykent University Journal of Science and Engineering. 2020: 13; 34-42.
- Şahin Eİ, Microwave electromagnetic shielding effectiveness of ZnNb₂O₆-chopped strands composites for radar and wideband (6.5-18 GHz) applications. Lithuanian Journal of Physics 2022: 62 (3); 161-170.

- Şahin Eİ, Emek M, Ibrahim JEFM, Fizik ve Matematik Alanında Akademik Çalışmalar. Prof. Dr. Elif Orhan, Dr. Öğr. Üyesi Elanur Seven, İksad Publishing House. 2022: 121-132.
- Şahin Eİ, Electromagnetic shielding effectiveness of $Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$:Chopped strands composites for wide frequency applications. *Journal of Ceramic Processing Research* 2023; 24(1); 190-196.
- Şahin Eİ (2019), Katkılı $NiFe_2O_4$ Polimer Tabanlı Mikrodalga Yutucuların Frekans Seçici Malzeme Tasarımı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, İstanbul-Türkiye.
- Şahin Eİ (2010), Yeni $Ba(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O_3$ Bazlı Dielektrik Malzemelerin Üretimi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul-Türkiye.
- Topcu İ, Mechanical properties of PLA and ABS parts produced with fused filament fabrication method. *Journal of Ceramic Processing Research* 2021; 22 (2); 143–148.
- Topcu İ, Investigation of wear behavior of particle reinforced AL/B4C composites under different sintering conditions. *Tehnicki Glasnik* 2020; 14(1); 7-14.
- Topcu İ, Ceylan M, Yılmaz EB. Experimental investigation on mechanical properties of multi wall carbon nanotubes (MWCNT) reinforced aluminium metal matrix composites. *Journal of Ceramic Process Research* 2020; 21(5); 596-601.
- Wakino K, Minai T, Tamura H. Microwave Characteristics of $(Zr,Sn)TiO_4$ and $BaO-PbO-Nd_2O_3-TiO_2$ Dielectric Resanators. *J.Am.Ceram.Soc.* 1984; 67; 278-281.

BÖLÜM 5

BÜYÜK BOYUTLU OPTİMİZASYON PROBLEMLERİ İÇİN

BALÇIK KÜFÜ ALGORİTMASI

Dr. Öğr. Üyesi Emine BAŞ¹,
Öğr. Gör. Şaban BAŞ²

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye. e-mail:ebas@ktun.edu.tr

Orcid: 0000-0003-4322-6010

² Selçuk Üniversitesi, Beyşehir Ali Akkanat MYO, Konya, Türkiye.

e-mail:sabanbas@selcuk.edu.tr

Orcid: 0000-0002-4142-6580

GİRİŞ

Meta sezgisel algoritmalar, çeşitli optimizasyon problemlerinde deterministik algoritmalarından daha yüksek performans, daha düşük hesaplama kapasitesi ve süresi nedeniyle son yıllarda birçok uygulamalı disiplinlerde yaygın hale gelmiştir (Chen ve diğerleri, 2019). Olumlu sonuçlar elde etmek için basit kavramlar gerekir ve farklı disiplinlere aktarılması kolaydır. Ayrıca, bazı deterministik algoritmaların sonraki aşamalarındaki rastgeleliğin olmaması, onları yerel optimuma batma eğilimine sokar ve meta sezgisel algoritmalarındaki rastgele faktörler, algoritmaların arama uzayındaki tüm optimal çözümleri aramasına neden olacağı için yerel optimumdan etkili bir şekilde kaçınılabirler. Doğrusal problemlerde, bazı gradyan iniş algoritmaları, gradyan bilgisinin kullanımı için stokastik algoritmalarından daha verimlidir. Meta sezgisel algoritmaların yakınsama hızı, gradyan iniş algoritmalarından daha düşük olması bir dezavantaj olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte, doğrusal olmayan problemlerde, meta sezgisel algoritmalar tipik olarak optimizasyon sürecini rastgele oluşturulmuş çözümlerle başlatır ve gradyan bilgisi talep etmez, bu da algoritmayı, türev bilgisinin bilinmediği pratik problemler için son derece uygun hale getirir. Gerçek dünya senaryolarında, birçok sorunun çözüm alanı genellikle belirsiz veya sonsuzdur. Mevcut koşullar altında çözüm uzayını kat ederek optimal çözümler bulmak mümkün olmayabilir. Meta sezgisel algoritmalar, sınırlı koşullar veya hesaplama kapasitesi altında optimizasyon problemi için daha iyi çözümler bulmak veya üretmek için muazzam çözüm uzayını belirli bir şekilde rastgele örnekleyerek problemin en yakın optimal çözümünü tespit eder (Li ve diğerleri, 2020).

Doğadan ilham alan yöntemler temel olarak iki tür içerir: evrimsel yöntemler ve akıllı sürü teknikleri. Evrimsel algoritmanın (EA) ilhamı, doğadaki biyolojik evrim sürecinden kaynaklanmaktadır. Geleneksel optimizasyon algoritmasıyla karşılaştırıldığında, sağlamlığı ve uygulanabilirliği daha iyi olan global bir optimizasyon yöntemidir. EA sınıfındaki yaygın algoritmalarından bazıları şunlardır: Genetik Algoritma (GA) (Booker ve diğerleri, 1989), Genetik Programlama (GP) (Koza ve Rice, 1992), Evrim Stratejisi (ES) (Hansen ve diğerleri, 2003), Evrimsel Programlama (EP) (Yao ve diğerleri, 1999) ve Diferansiyel Evrim (DE) (Storn ve Price, 1997). Bilimsel araştırma ve pratik problemlerde ES, EP ve ayrıca sürü zekası yöntemlerinin uygulanması da giderek daha kapsamlı hale gelmektedir. Sürü Zekası (SI), doğadaki biyolojik kümelerin

merkeziyetçiliğini veya kendi kendini organize eden sistemlerin kolektif davranışını yapay olarak simüle eden kolektif veya sosyal bir zeka içerir. Bu algoritma sınıfında, ilham genellikle belirli bir amaca ulaşmak için kolektif davranışa ve zekaya sahip doğadaki biyolojik gruplardan gelir. Bu sınıftaki çeşitli algoritmalar şunlardır: Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) (Kennedy ve Eberhart, 1995), Meyve Sineği Optimizasyonu (FOA) (Pan, 2012), Güve Alevi Optimizasyonu (MFO) (Mirjalili, 2015), Harris Hawk Optimize Edicisi (HHO) (Heidari ve diğerleri, 2019), vb.

Farklı Meta sezgisel algoritmaların bazı farklılıkları olsa da, hepsinin arama derecelendirmesinde iki özdeş aşaması vardır: keşif ve sömürü (Li ve diğerleri, 2020). Keşif aşaması, çözüm uzayını olabildiğince geniş, rastgele ve küresel olarak arama sürecini ifade eder. Sömürü aşaması, algoritmanın keşif aşaması ile elde edilen alanda daha doğru arama yapma yetkinliğini ifade eder ve kesinliği artarken rastgeleliği azalır. Algoritmanın keşfetme yeteneği baskın olduğunda, çözüm uzayını daha rasgele tarayabilir ve daha farklılaştırılmış çözüm kümeleri üreterek hızlı bir şekilde yakınsayabilir. Algoritmanın sömürü yeteneği baskın olduğunda, çözüm kümelerinin kalitesini ve kesinliğini artırmak için daha yerel arama yapar. Bununla birlikte, arama tesisi iyileştirildiğinde, işletme kapasitesinde azalmalara yol açacaktır ve bunun tersi de geçerlidir. Diğer bir zorluk da, bu iki yeteneğin dengesinin farklı problemlerle aynı olması gerekmemesidir. Bu nedenle, tüm optimizasyon problemleri için verimli olan iki aşama arasında uygun bir dengeye ulaşmak nispeten zordur.

Bu makalede son yıllarda yeni önerilmiş olan Balçık Küfü Algoritması (BKA) detaylandırılmıştır. BKA, balçık küfünün difüzyonu ve yiyecek arama davranışıyla ortaya çıkar. Li ve arkadaşları tarafından 2020'de BKA önerilmiştir. Bu makalede öncelikle BKA'nın başarısı 29 test fonksiyonunu içeren CEC-2017 üzerinde titizlikle gösterilmiştir. Daha sonra BKA algoritması daha büyük boyutları içeren büyük veri optimizasyon veri setleri üzerinde başarısı gösterilmiştir.

Makalenin organizasyonu takip ettiği gibidir: Bölüm 2'de, BKA algoritmasının yapısı ve matematiksel modeli açıklanmıştır. Bölüm 3'te BKA'nın CEC-2017 üzerinde ve büyük veri setleri üzerinde sonuçları değerlendirilmiştir. Bölüm 4'te BKA'nın başarısı hakkında değerlendirmeler verilmiştir ve yapılması planlanan çalışmalar önerilmiştir.

1. BALÇIK KÜFÜ ALGORİTMASI (BKA)

BKA, temel olarak balçık küfü *Physarum polycephalum*'un yiyecek arama sırasındaki davranışını ve morfolojik değişikliklerini simüle eder. Fakat tüm yaşam döngüsünü modellemez. BKA'da ağırlıkların kullanılması, yiyecek arama sırasında balçık küfünün ürettiği olumlu ve olumsuz geri bildirimleri simüle etmek ve böylece üç farklı morfotip oluşturmak için yeni bir fikirdir (Li ve diğerleri, 2020). Balçık küfü, soğuk ve nemli yerlerde yaşayan bir ökaryottur (Li ve diğerleri, 2020). Ana beslenme aşaması, balçık küfünün aktif ve dinamik aşaması olan Plasmodium'dur (Li ve diğerleri, 2020). Bu aşamada cıvık mantarın içindeki organik madde yiyecek arar, etrafını sarar ve onu sindirmek için enzimler salgılar. Ortamda yeterli yiyecek varsa, balçık küfü 900 santimetrekaresinin üzerine bile büyüyebilir (Kessler, 1982).

1.1. BKA'nın Matematiksel Modeli

Cıvık mantar, havadaki kokuya göre yiyeceklere yaklaşabilir. Yaklaşma davranışını matematiksel formüllerle ifade etmek için ve kasılma modunu taklit etmek için aşağıdaki formüller önerilmiştir (Li ve diğerleri, 2020):

$$\overrightarrow{X}(t+1) = \begin{cases} \overrightarrow{X}_b(t) + \overrightarrow{vb} \cdot (\overrightarrow{W} \cdot \overrightarrow{X}_A(t) - \overrightarrow{X}_B(t)) & , r < p \\ \overrightarrow{vc} \cdot \overrightarrow{X}(t) & , r \geq p \end{cases} \quad (1)$$

$$p = \tanh|S(i) - DF| \quad (2)$$

$$a = \operatorname{arctanh}\left(-\left(\frac{t}{\max_t}\right) + 1\right) \quad (3)$$

Burada \overrightarrow{vb} , $[-a, a]$ arasında yer alan bir parametredir. \overrightarrow{vc} doğrusal olarak birden sıfıra doğru azalır. t şuan ki iterasyonu ifade eder. \overrightarrow{X} , balçık küfünün yerini ifade eder. \overrightarrow{X}_A ve \overrightarrow{X}_B ise rastgele seçilmiş iki adet balçık küfünü ifade eder. \overrightarrow{X}_b ise en iyi kokuya sahip balçık küfünü ifade eder. \overrightarrow{W} ise balçık küflerinin ağırlıklarını ifade eder. $i \in 1, 2, \dots, n$, $S(i)$, \overrightarrow{X} 'in fitness

değerlerini ifade eder. DF ise en iyi fitness değerini ifade eder (Li ve diğerleri, 2020).

$$\overrightarrow{W(SmellIndex(i))} = \begin{cases} 1 + r \cdot \log\left(\frac{bF-S(i)}{bF-wF} + 1\right), & \text{şart} \\ 1 - r \cdot \log\left(\frac{bF-S(i)}{bF-wF} + 1\right), & \text{diğerleri} \end{cases} \quad (4)$$

$$SmellIndex = Sort(S) \quad (5)$$

Burada şart durumu popülasyonun ilk yarısını göstermektedir. r değeri rastgele $[0, 1]$ arasında bir değerdir. max_t maksimum iterasyon sayısını göstermektedir. bF değeri şuanki iterasyon sürecindeki optimum fitness değeridir. wF değeri şuanki iterasyon sürecindeki en kötü fitness değeridir. $SmellIndex$ sıralanmış fitness değer sırasını göstermektedir (minimum değer problemleri için artan sıralama).

Yukarıdaki denklemlere dayanarak, balçık küfünün yerini güncellemek için matematiksel formül aşağıdaki gibidir (Li ve diğerleri, 2020):

$$\overrightarrow{X^*} = \begin{cases} rand \cdot (UB - LB) + LB, & rand < z \\ \overrightarrow{X_b(t)} + \overrightarrow{vb} \cdot (W \cdot \overrightarrow{X_A(t)} - \overrightarrow{X_b(t)}), & r < p \\ \overrightarrow{vc} \cdot \overrightarrow{X(t)}, & r \geq p \end{cases} \quad (6)$$

Burada UB ve LB arama uzayının üst ve alt sınırlarını göstermektedir. $rand$ ve r değerleri $[0,1]$ arasında rastgele değerleri göstermektedir. z değeri orijinal makalede çalışılmış ve 0.03 şeklinde en uygun değeri tespit edilmiştir (Li ve diğerleri, 2020). BKA'nın kaba kodu Algoritma 1 de gösterilmiştir.

Algoritma 1: BKA 'nın kaba kodu (Li ve diğerleri, 2020)

Populasyon sayısı ve maksimum iterasyon sayısını belirle

Balçık küflerinin konumlarını oluştur. ($X_i = 1, 2, 3, \dots, n$)

While $t \leq \text{max_iteration}$ **do**

Bütün balçık küflerinin fitness değerlerini hesapla

En iyi fitness değerini güncelle (X_b)

W değerini hesapla (denklem 4)

For her arama parçası için

p, vb, vc güncelle

Balçık küflerinin konumlarını güncelle (Denklem 6)

End for

t=t+1

End whileEn iyi fitness elde et (X_b)

2. DENEYSSEL BÖLÜM

Algoritma kodlamaları Matlab R2014a üzerinde kodlanmıştır. Uygulamalar işlemcisi intel Core i5 1.19Ghz, ram değeri 12Gb olan işletim sistemi Windows 10 olan bir makine üzerinde çalıştırılmıştır. 29 adet kıyaslama fonksiyonu içeren CEC-2017 test fonksiyonları BKA ile çözülmüştür (F2 hariç) (Awad ve diğerleri, 2016). Dört farklı kıyaslama kriteri ile BKA karşılaştırılmıştır. Bunlar: en iyi, ortalama, zaman ve standart sapmadır. Her bir fonksiyon 20 bağımsız çalışma şeklinde çalıştırılmıştır. Uygulamalarda kullanılan parametre değerleri Tablo 1 de gösterilmiştir. Dört farklı boyutta (10, 30, 50, 100) algoritmaların performansı detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. CEC-2017 sonuçları Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5' de gösterilmiştir. Büyük veri setlerindeki sonuçlar Tablo 6'da gösterilmiştir. Büyük veri problemi ve setleri 2015 CEC Big Data Competition içeriğinde tanıtılmıştır (Baş, 2022; Abbass, 2014; Goh ve diğerleri, 2014; Goh ve diğerleri, 2015). Üç farklı popülasyon büyüklüğü için BKA sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 1: Parametre Ayarları

Algoritma	Parametre	Değer
CEC_2017	z	0.03
	Populasyon sayısı	30
	Boyut	10, 30, 50, 100
	Maksimum döngü	(1000×Boyut)/populasyon sayısı
BV1 ve BV2	Boyut	1024
BV3 ve BV4	Boyut	3072
BV5 ve BV6	Boyut	4868

Tablo 2: CEC-2017 için BKA Sonuçları (Boyut=10)

F	<i>BKA</i>			
	<i>Ortalama</i>	<i>Standart Sapma</i>	<i>En İyi</i>	<i>Zaman</i>
F1	5.27E+03	4.14E+03	1.64E+02	0.8120
F3	3.09E+02	1.36E+01	3.00E+02	0.8480
F4	4.15E+02	2.40E+01	4.03E+02	1.1415
F5	5.21E+02	8.66E+00	5.11E+02	1.2011
F6	6.01E+02	7.71E-01	6.00E+02	1.1919
F7	7.35E+02	9.32E+00	7.23E+02	1.1770
F8	8.23E+02	8.74E+00	8.09E+02	1.1711
F9	9.24E+02	4.68E+01	9.00E+02	1.1575
F10	1.69E+03	3.30E+02	1.06E+03	1.1617
F11	1.22E+03	1.12E+02	1.10E+03	1.1649
F12	9.47E+05	8.54E+05	6.04E+04	1.1217
F13	1.32E+04	1.26E+04	1.56E+03	1.1184
F14	4.93E+03	5.26E+03	1.44E+03	1.1340
F15	6.91E+03	7.43E+03	1.56E+03	1.1831
F16	1.75E+03	1.27E+02	1.60E+03	1.1382
F17	1.77E+03	4.16E+01	1.71E+03	1.1249
F18	3.12E+04	1.48E+04	4.38E+03	1.0673

F19	1.93E+04	1.15E+04	2.39E+03	1.2515
F20	2.06E+03	4.35E+01	2.02E+03	1.2845
F21	2.32E+03	4.03E+01	2.20E+03	1.2942
F22	2.30E+03	1.35E+00	2.30E+03	1.3888
F23	2.62E+03	8.04E+00	2.61E+03	1.3860
F24	2.77E+03	1.53E+01	2.74E+03	1.3368
F25	2.95E+03	3.60E+01	2.90E+03	1.3817
F26	3.08E+03	3.32E+02	2.90E+03	1.3200
F27	3.10E+03	2.03E+01	3.09E+03	1.3568
F28	3.33E+03	1.10E+02	3.17E+03	1.3940
F29	3.23E+03	6.04E+01	3.14E+03	1.3848
F30	3.44E+05	6.03E+05	9.58E+03	1.4616

Tablo 3: CEC-2017 İçin BKA Sonuçları (Boyut=30)

F	BKA			
	<i>Ortalama</i>	<i>Standart Sapma</i>	<i>En İyi</i>	<i>Zaman</i>
F1	1.42E+04	7.84E+03	3.34E+03	9.2574
F3	7.61E+03	5.00E+03	9.34E+02	9.1212
F4	5.03E+02	1.53E+01	4.88E+02	8.9410
F5	6.21E+02	3.40E+01	5.70E+02	8.9294
F6	6.09E+02	5.56E+00	6.03E+02	9.9797
F7	8.91E+02	3.84E+01	8.21E+02	9.5836
F8	9.26E+02	3.23E+01	8.75E+02	9.0026
F9	3.98E+03	1.40E+03	1.36E+03	8.9057
F10	4.68E+03	6.97E+02	3.49E+03	9.2461
F11	1.27E+03	5.64E+01	1.17E+03	8.9492
F12	3.38E+06	2.12E+06	6.93E+05	8.8259
F13	4.87E+04	2.98E+04	1.09E+04	8.0133
F14	1.08E+05	7.91E+04	2.37E+03	8.0577
F15	2.31E+04	1.48E+04	2.55E+03	8.8074

F16	2.54E+03	3.59E+02	2.00E+03	9.0819
F17	2.31E+03	1.81E+02	1.87E+03	9.0638
F18	1.34E+06	1.30E+06	2.67E+05	8.8167
F19	3.43E+04	2.19E+04	2.10E+03	9.8637
F20	2.50E+03	1.60E+02	2.18E+03	6.7247
F21	2.42E+03	4.34E+01	2.36E+03	5.9409
F22	5.93E+03	1.18E+03	2.30E+03	5.9859
F23	2.77E+03	2.49E+01	2.72E+03	6.0045
F24	2.93E+03	3.59E+01	2.87E+03	6.2550
F25	2.90E+03	2.09E+01	2.88E+03	8.5882
F26	4.79E+03	7.60E+02	2.90E+03	13.9188
F27	3.23E+03	2.19E+01	3.20E+03	13.5314
F28	3.26E+03	6.37E+01	3.22E+03	12.9668
F29	3.94E+03	2.29E+02	3.61E+03	9.4896
F30	5.01E+04	3.31E+04	1.14E+04	11.5308

Tablo 4: CEC-2017 İçin BKA Sonuçları (Boyut=50)

F	BKA			
	<i>Ortalama</i>	<i>Standart Sapma</i>	<i>En İyi</i>	<i>Zaman</i>
F1	9.64E+04	4.31E+04	4.53E+04	15.4232
F3	2.98E+04	8.68E+03	1.66E+04	24.5412
F4	5.75E+02	3.55E+01	5.11E+02	27.5378
F5	7.67E+02	6.68E+01	7.00E+02	25.4126
F6	6.42E+02	1.30E+01	6.20E+02	24.8185
F7	1.07E+03	5.54E+01	1.01E+03	24.8377
F8	1.06E+03	6.85E+01	9.77E+02	19.1564
F9	1.28E+04	3.14E+03	7.10E+03	22.5257
F10	7.56E+03	9.01E+02	5.55E+03	25.3032
F11	1.41E+03	6.69E+01	1.31E+03	25.4817
F12	1.60E+07	1.03E+07	1.90E+06	23.1961

F13	7.32E+04	2.17E+04	3.05E+04	19.1756
F14	4.22E+05	2.23E+05	8.26E+04	24.4871
F15	2.47E+04	1.14E+04	4.31E+03	24.8612
F16	3.45E+03	4.19E+02	2.65E+03	25.8145
F17	3.32E+03	2.75E+02	2.77E+03	27.1830
F18	2.60E+06	1.39E+06	2.31E+05	191.1552
F19	1.65E+04	1.71E+04	2.45E+03	17.1958
F20	3.22E+03	2.84E+02	2.61E+03	25.3105
F21	2.53E+03	3.79E+01	2.46E+03	25.6225
F22	9.31E+03	9.37E+02	7.38E+03	26.9667
F23	2.96E+03	2.52E+01	2.93E+03	27.3580
F24	3.12E+03	4.53E+01	3.04E+03	27.1808
F25	3.06E+03	2.55E+01	3.02E+03	29.1536
F26	5.50E+03	1.67E+03	2.90E+03	27.5475
F27	3.49E+03	9.04E+01	3.34E+03	26.1238
F28	3.33E+03	2.96E+01	3.27E+03	27.1691
F29	4.73E+03	4.20E+02	4.17E+03	26.2900
F30	3.17E+06	7.72E+05	1.81E+06	28.8397

Tablo 5: CEC-2017 İçin BKA Sonuçları (Boyut=100)

F	BKA			
	<i>Ortalama</i>	<i>Standart Sapma</i>	<i>En İyi</i>	<i>Zaman</i>
F1	1.27E+06	4.10E+05	8.11E+05	117.6088
F3	1.78E+05	5.61E+04	1.12E+05	104.4600
F4	7.03E+02	4.22E+01	6.28E+02	88.8078
F5	1.21E+03	7.16E+01	1.10E+03	417.7051
F6	6.48E+02	4.86E+00	6.40E+02	61.5672
F7	1.81E+03	1.40E+02	1.58E+03	60.2438
F8	1.49E+03	8.39E+01	1.38E+03	2495.7168
F9	2.85E+04	2.99E+03	2.12E+04	71.0630

F10	1.63E+04	9.92E+02	1.45E+04	60.9541
F11	2.75E+03	2.99E+02	2.16E+03	60.0802
F12	8.13E+07	3.58E+07	2.75E+07	3873.2150
F13	1.25E+05	6.29E+04	6.15E+04	78.4480
F14	1.64E+06	9.96E+05	3.95E+05	95.6760
F15	5.07E+04	1.98E+04	2.67E+04	65.4929
F16	5.82E+03	6.38E+02	4.68E+03	65.5693
F17	5.56E+03	6.24E+02	4.99E+03	61.2678
F18	3.49E+06	1.73E+06	1.85E+06	61.0012
F19	3.86E+04	2.21E+04	5.54E+03	66.2764
F20	5.12E+03	4.11E+02	4.30E+03	347.6351
F21	2.93E+03	6.63E+01	2.84E+03	66.6336
F22	1.83E+04	1.44E+03	1.68E+04	67.1618
F23	3.36E+03	8.62E+01	3.23E+03	69.2972
F24	3.89E+03	8.11E+01	3.77E+03	69.7561
F25	3.40E+03	4.70E+01	3.29E+03	72.0654
F26	1.25E+04	9.89E+02	1.10E+04	77.0353
F27	3.60E+03	5.00E+01	3.53E+03	3034.7254
F28	3.49E+03	3.43E+01	3.41E+03	130.8645
F29	7.22E+03	6.84E+02	6.51E+03	69.6723
F30	8.87E+05	3.07E+05	6.16E+05	71.6197

Tablo 6: Büyük Veri Setleri İçin BKA Sonuçları (Maksimum Döngü=100)

BKA	Populasyon sayısı=30			
	Ortalama	Standart Sapma	En İyi	Zaman
BV1	1.9270	0.1051	1.6452	22.5024
BV2	1.9095	0.0679	1.7465	17.2336
BV3	1.9607	0.0271	1.9242	51.9128
BV4	1.9632	0.0327	1.9087	51.6881
BV5	1.9733	0.0217	1.9375	148.0222

BV6	1.9679	0.0130	1.9360	152.4296
Populasyon sayısı=50				
BV1	1.9109	0.0607	1.7935	1.9109
BV2	1.9001	0.1060	1.6230	1.9001
BV3	1.9601	0.0248	1.9226	1.9601
BV4	1.9502	0.0299	1.9040	1.9502
BV5	1.9665	0.0206	1.9319	1.9665
BV6	1.9745	0.0185	1.9310	1.9745
Populasyon sayısı=100				
BV1	1.9149	0.0334	1.8477	69.7499
BV2	1.9251	0.0302	1.8979	100.8588
BV3	1.9329	0.0226	1.8970	173.0607
BV4	1.9507	0.0287	1.8859	278.8699
BV5	1.9633	0.0152	1.9344	301.7882
BV6	1.9629	0.0112	1.9426	432.5463

SONUÇ

Metasezgisel algoritmalar, çeşitli optimizasyon problemlerinde deterministik algoritmalarından daha yüksek performans, daha düşük hesaplama kapasitesi ve süresi nedeniyle son yıllarda birçok uygulamalı disiplinlerde yaygın hale gelmiştir. Bu çalışmada balçık küfünün difüzyonu ve yiyecek arama davranışlarının taklit edilmesiyle oluşturulmuş Balçık Küfü Algoritması (BKA) incelenmiştir. BKA literatürde yeni önerilmiş sezgisel algoritmalar arasındadır. Büyük boyutlardaki başarısı literatürde detaylı gösterilmemiştir. Bu çalışmada BKA'nın CEC-2017 fonksiyonları kullanılarak dört farklı boyuttaki (10, 30, 50, 100) başarısı gösterilmiştir. Böylece sadece düşük boyutlardaki başarısı değil büyük boyutlardaki başarısı da literatüre eklenmiştir. Ayrıca altı farklı büyük boyutlardaki veri setinde (BV1, BV2, BV3, BV4, BV5, BV6) BKA'nın başarısı üç farklı populasyon sayısında (30, 50, 100) gösterilmiştir. Böylece BKA'nın büyük boyutlardaki performansı literatüre kazandırılmıştır.

Gelecek çalışmalarda BKA'nın büyük boyutları içeren farklı problemlerdeki başarısı test edilmesi düşünülmektedir. Ayrıca ikili BKA

(BBKA) elde edilerek özellik seçme problemi üzerindeki başarısı test edilmesi düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abbass, H.A., (2014). Calibrating independent component analysis with Laplacian reference for real-time EEG artifact removal. In: International conference on neural information processing. Springer, pp 68–75.
- Awad, N., Ali, M., Liang, J., Qu, B., Suganthan, P. (2016). "Problem definitions and evaluation criteria for the CEC 2017 special session and competition on single objective real-parameter numerical optimization". Zhengzhou University, Zhengzhou.
- Baş, E. Improved Particle Swarm Optimization on Based Quantum Behaved Framework for Big Data Optimization. *Neural Process Lett* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11063-022-10850-5>.
- Booker, L.B., Goldberg, D.E., Holland, J.H. (1989). Classifier systems and genetic algorithms, *Artificial Intelligence*, 40 (1), 235–282.
- Chen, H., et al., (2019). An opposition-based sine cosine approach with local search for parameter estimation of photovoltaic models, *Energy Convers. Manage.* 195 (2019) 927–942.
- Goh, S.K., Abbass, H.A., Tan, K.C., Al Mamun, A., (2014). Artifact removal from EEG using a multi-objective independent component analysis model. In: International conference on neural information processing. Springer, pp 570–577.
- Goh S.K., Tan, K.C., Al-Mamun, A., Abbass, H.A., (2015). Evolutionary big optimization (BigOpt) of signals. In: 2015 IEEE congress on evolutionary computation (CEC). IEEE, pp 3332–3339.
- Hansen, N., Müller, S.D., Koumoutsakos, P. (2003). Reducing the Time Complexity of the Derandomized Evolution Strategy with Covariance Matrix Adaptation (CMA-ES), Vol. 11, pp. 1–18.
- Heidari, A.A. et al., (2019). Harris hawks optimization: Algorithm and applications, *Future Gener. Comput. Syst.* 97, 849–872.
- Kennedy, J., Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization, in: IEEE International Conference on Neural Networks - Conference Proceedings.
- Kessler, D. (1982). Plasmodial Structure and Motility, pp. 145–208.
- Koza, J.R., Rice, J.P. (1992). Automatic programming of robots using genetic programming, in: Proceedings Tenth National Conference on Artificial Intelligence.
- Li, S., Chen, H., Wang, M., Heidari, A.A., Mirjalili, S. (2020). Slime mould algorithm: A new method for stochastic optimization, *Future*

Generation Computer Systems, Volume 111, Pages 300-323, ISSN 0167-739X, <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.03.055>.

- Mirjalili, S. (2015). Moth-flame optimization algorithm: A novel nature-inspired heuristic paradigm, *Knowl.-Based Syst.* 89, 228–249.
- Pan, W.T. (2012). A new fruit fly optimization algorithm: Taking the financial distress model as an example, *Knowl.-Based Syst.* 26, 69–74.
- Storn, R., Price, K. (1997). Differential Evolution - A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces, Vol. 11, pp. 341–359.
- Yao, X., Liu, Y., Lin, G. (1999). Evolutionary Programming Made Faster, Vol. 3, pp. 82–102.

BÖLÜM 6
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN ELEKTRONİK
TİCARETE İLİŞKİN TUTUM VE İLGİLENİM
SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ ORDU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER MESLEK YÜKSEKOKULU ÖRNEĞİ

Dr. Begümhan TURGUT¹

Öğr. Gör. Nagehan AYDIN SARI²

¹ Artvin Çoruh Üniversitesi. ORCID No: 0000-0002-7594-9128. bturgut@gmail.com

² Ordu Üniversitesi. ORCID No: 0000-0001-7075-2310

GİRİŞ

Çevrimiçi alışveriş kavramı 1967'de başlamış (Doody & Davidson, 1967). İnternet'in ticarileşmesi ile kullanıma geçmiştir. 2020'de, küresel COVID-19 salgını ile dünya çapındaki e-ticaret satışları, önceki yıla göre %18'lik büyük bir artışla 4 trilyon doları aşmıştır (Cramer-Flood, 2020). Hayatın her alanında olduğu gibi, COVID-19 sonrasında da davranışlarımızda bazı değişiklikler ve farklılıklar olacaktır (He & Harris, 2020). Günlük hayatta kullanılan bazı ürünlerin online satış yoluyla daha hızlı satın alınması gerekebilir. Bu dönemde şirketler ve online satış siteleri dağıtım ve stok konusunda sıkıntılar yaşadı (OECD, 2020). COVID-19, e-ticaretin bu krizde ve sonrasında oynayabileceği özel rolü ön plana çıkardı. COVID-19 sonrası dünyada, Dijital teknolojilerin ve İnternetin yaygın kullanımı, tüketicilerin e-ticaret siteleriyle bağlantı ve iletişim kurmasına olanak tanıyor.

Gelişmiş ve gelişmekte olan pazarlardaki milyarlarca ürün tüketiciye çevrimiçi alışverişte, kolaylık açısından yeni kazanımlar sunuyor (Duarte et al., 2018). Çevrimiçi pazarlama, perakende mağazaları, katalog ve ev televizyonu gibi diğer geleneksel kanallarla rekabet halinde olduğundan, tüketicilerin çevrimiçi alışveriş yapmayı tercih ettiğini anlamak önemlidir (Wareham et al., 2005). Bu bağlamda tüketici davranışı perspektifinden, e-ticaret platformlarının pazarlama sistemini teşvik etmede tüketici davranışının rolünü araştırıyor olması gerekir. Çevrimiçi pazarlama konumları oluşturmak için, pazarlama yöntemleri açısından da tüketicilerin alışveriş ihtiyaçlarına dikkat edilmesi gerekir (Jinzhı, 2020).

ÇEVİRİMİÇİ ALIŞVERİŞ

İnternetin yaygınlaşmasından bu yana bilgi sistemleri ve pazarlama alanındaki akademisyenler, tüketicileri çevrimiçi alışverişlerinin öncüleri olarak incelediler (Wareham et al., 2005; Wagner et al., 2020; Hu et al., 2017). İlgilenilen ana konu, tüketicilerin genellikle web sitesi özelliklerine ilişkin çevrimiçi satın alma kararları (Luo et al., 2012; Wells et al., 2011), bilgi arama ve ürün tavsiyeleri (Shi & Zhang, 2014; Häubl & Trifts, 2000; Benbasat & Wang, 2005; Wang & Benbasat, 2007, Wang & Benbasat, 2016), ürün incelemeleri (Forman et al., 2008; Mudambi & Schuff, 2010; Li et al., 2017) ve sosyal medyada reklam ve ağızdan ağza iletişim (Wareham et al., 2005; Maity & Dass, 2014) ama neden perakende mağazalardan, kataloglardan ve diğer kanallardan ürün satın almak yerine tüketiciler çevrimiçi alışverişini tercih ediyorlar? Algılanan fayda, kişinin teknolojiyi

kullanmanın iş performansını artıracığına inanma derecesidir (Davis, 1989). Çevrimiçi alışverişte algılanan fayda, maliyetlerin düşmesi, ürünü elde etmek için gereken emeğin azalması, konforun artması ve işlemlerin kısa sürmesi, bu bağlamda tüketicilerin çevrimiçi alışverişi verimlilik temelli olarak değerlendirdiğini göstermektedir (Davis et al., 1989; Gefen et al., 2003). Tüketicilerin web sitelerinin kullanım kolaylığı, güvenilirliği, ucuz olması, tüketicilerin alışverişleri için bir e-ticaret web sitesini kullanımını tercih ettiğini gösteriyor (Hsu et al., 2014; Kim et al., 2010; Chen et al., 2015; Al-Debei et al., 2015; Babić Rosario et al., 2016; Aydın, 2017). Başka araştırma akışında, tüketicilerin neden çevrimiçi alışveriş yapmayı tercih ettiğine konusunda, tüketicilerin alışkanlık, rahatlık, verimlilik ve maliyet tasarrufu nedeniyle çevrimiçi alışveriş yaptığını göstermektedir (Ahuja et al., 2003; Yang et al., 2007; Khalifa & Liu, 2007; Yang & Lester, 2004, Al-Debei et al., 2015).

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Silkü (2009), Ege Üniversitesi İletişim Fakültesi öğrencisi olan 252 kişiye anket yaparak veri toplamıştır. Yapılan çalışmada öğrencilerin internette alışveriş yapmalarına yönelik tutumları ölçülmeye çalışılmış olup araştırma sonucuna göre öğrencilerin internet üzerinden alışverişlerine yönelik tutumlarının olumsuz olduğu tespit edilmiştir. Bu olumsuz tutumlar öğrencilerin bölümleri, cinsiyetleri ya da aylık gelirleri ile ilişkisinin olmadığı buna karşın en çok hangi ürünün tercih edildiği, alışveriş yaparken tercih edilen ödeme şekli gibi faktörlerin alışveriş tutumunu etkilediği gözlenmiştir.

Demirel (2010), Ankara Üniversitesi'nde öğrenim gören 519 öğrenci üzerinde yaptığı çalışmada anket üzerinden veri toplamıştır. Bu çalışmada öğrencilerin elektronik ticaret yapma durumları ile elektronik alışverişe dair düşünceleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda cinsiyet faktörünün e-ticarette etkili bir faktör olduğu ve erkek öğrencilerin kız öğrencilerden daha fazla internet üzerinden alışveriş yaptıkları ve de e-ticarete yönelik tutumlarının daha olumlu olduğu saptanmıştır.

Yörük ve Dündar (2011), Afyon Kocatepe Üniversitesinde çalışan 1588 personel üzerinde yaptıkları çalışmada, çalışanların internet üzerinden alışveriş yapma ihtimalleri incelenerek bu ihtimalin %86,6 olduğu tespit edilmiştir.

Köksal (2015)'in yaptığı çalışmada üniversitede öğrenim gören öğrenciler arasından rastgele seçilen 400 öğrenci örneklem olarak alınmış, bu öğrencilerin internet bağımlılık seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma

sonucunda internet bağımlılığı yüksek olan öğrencilerin elektronik alışverişten daha fazla faydalandıkları bulunmuştur.

Arı ve diğerleri, (2015), çalışmalarında Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi'nde öğrenim gören 385 öğrencinin internet alışverişlerine yönelik tutum ve davranışlarını etkileyen faktörleri incelemişlerdir. Yapılan araştırma sonucuna göre tavır, algılanan davranış kontrolü ve memnuniyet değişkenlerinin davranışa yönelik niyeti pozitif yönde etkilediği bulunmuştur. Buna ilaveten davranışa yönelik niyetin de internet üzerinden yapılan alışverişi olumlu olarak etkilediği bulunmuştur.

Ağaç ve Solak (2016), çalışmalarını ODTÜ, Ankara Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi ve Gazi Üniversitesinde öğrenim görmekte olan 400 öğrenci üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarında üniversite öğrencilerinin giyim alışverişleri için elektronik ticaret kullanımlarında ne kadar sıklıkla alışveriş yaptıkları, e-ticareti tercih sebepleri gibi konuları araştırmışlardır. Araştırmanın sonucunda öğrencilerin e-ticareti kullandıklarında en fazla hangi giyim ürünü tercih ettiği, ödeme yöntemlerinden en fazla banka/kredi kartı kullandıkları ve e-ticaretin zaman ve mekan sorunu olmadan alışveriş yapma olanağı sağlaması yönüyle olumlu bir alışveriş yöntemi olduğu saptanmıştır.

Çetin ve diğerleri (2017), tarafından yapılan çalışmada Y kuşağının online alışveriş tutumlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırma örneklemini Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı ve Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi öğrencileri üzerinde yapılmıştır. Araştırmada C-RT analizi yapılmış ve analiz sonucunda Y kuşağının online alışverişe yönelik tutumlarında en etkili değişkenin demografik özelliklerden aylık gelir değişkeninin olduğu saptanmıştır. Buna ek olarak internet üzerinden yapılan alışveriş düzeyini arttıran değişkenler internet kullanım özelliği, alışveriş türü ve üyeye özel kampanyalar olduğu bulunmuştur.

Karabaş (2018), Çankırı Karatekin Üniversitesindeki 422 öğrenciye anket uygulaması yoluyla veri toplanarak yapılan çalışmada, öğrencilerin internet üzerinden yaptıkları alışverişleri ile ilgili tutum düzeyleri belirlenmek istenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre öğrenci tutumları ve elektronik ticaret arasında orta düzeyde, inanma ile ilgi seviyesi arasında ise zayıf düzeyde ve tutum ile elektronik ticaretin faydasına yönelik inanç arasında yüksek oranda bir ilişki olduğu saptanmıştır.

Ünlükal ve Çatı, (2020)'in yaptıkları çalışmanın evrenini Munzur Üniversitesi Aktuluk Kampüsünde lisans ve ön lisans düzeyinde eğitim gören öğrenciler oluşturmaktadır. Çalışmanın amacı Munzur Üniversitesi'nde eğitim gören öğrencilerin online alışverişe ilişkin satın alma tutum ve niyetlerini belirlenmesinin yanı sıra tutum ve niyet üzerinde etkili olan faktörleri saptamaktır. Araştırma sonucuna göre katılımcıların online alışveriş tutumu üzerinde etkili olan faktörler; algılanan kullanılabilirlik, algılanan eğlence, algılanan kullanım kolaylığı, algılanan maliyet, algılanan güven, algılanan öz yeterlik ve algılanan riskten oluşan 7 boyut oluşturmaktadır. Çalışmada algılanan kullanım kolaylığının tutum üzerinde etkisi anlamlı değildir. Algılanan riskin tutum üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Tüketicilerin demografik özelliklerinin online alışverişte etkisinin olmadığı görülmüştür.

YÖNTEM

Araştırmanın evrenini Ordu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu 2021-2022 eğitim öğretim döneminde eğitim gören öğrenciler oluşturmaktadır. Uygulamalı bir nitelik taşıyan araştırma okulda kayıtlı olan 728 öğrenciden 360'ına ulaşılmıştır. Okulda kayıtlı öğrenci sayısı 10.000'den az olduğundan, Özdamar (2001) tarafından sınırlı evrenler ($N < 10.000$) ve nicel araştırmalar için önerilen ($n = N \cdot \sigma^2 \cdot Z^2 / (N - 1) \cdot H^2 + Z^2 \cdot \sigma^2$) formülü örnek olarak çalışma gerçekleştirilmiştir.

Formüldeki standart sapma değeri 40 kişilik pilot uygulama sonucunda (σ) 1 olarak belirlenmiş, 0,05 anlamlılık düzeyine karşılık Z_α teorik değeri 1,96 ve hata değeri, (H) 0,1 alınmıştır. Parametreler formülde yerine konulduğunda minimum örneklem hacmi 252 olarak hesaplanmıştır.

2022 Mart – 2022 Nisan zaman aralığında uygulamalı araştırma yapmak üzere onay veren öğrencilerden anket tekniği ile veriler elde edilmiştir. Bu doğrultuda cevaplanması istenen anketlerden 360 anket değerlendirmeye alınmıştır. Bu araştırmanın kapsamı ulaşabilen alan yazın ve ankete katılan öğrenciler ile sınırlıdır.

Araştırmada, veri toplama aracı olarak anket yöntemi kullanılmıştır. Anketi oluşturan form 2 bölümden oluşmaktadır. Formun ilk bölümünde, öğrencilerin sosyo demografik özelliklerini belirlemek amacıyla oluşturulan sorular (cinsiyet, yaş, okul programı, sınıf), ikinci bölümünde ise öğrenci tutum ve ilgilenim düzeyleri hakkında veri toplama ve analiz için kullanılan ölçekler yer almaktadır. Online yapılan anket formunda demografik

özelliklerinin tanımlanması için 24 soru ve ölçeklerde bulunan 30 soruyla beraber toplam 55 soru sorulmuştur.

Çalışmada iki ölçek kullanılmıştır. Bunlardan ilki, Bassam (2010: 599) ve Zhou ve Zhang (2007: 49-53) tarafından geliştirilen ve 14 maddeden oluşan “Tutum Ölçeği” (Karabaş,2018), İkincisi Kapferer JN ve Laurent G (1993) tarafından geliştirilen 30 maddeden oluşan “Tüketici İlgilenimi Ölçeği” (Çakır, 2007) dir. Kullanılan iki ölçekte Beşli Likert Tipli olup katılımcılara “(1) kesinlikle katılmıyorum, (2) katılmıyorum, (3) ne katılıyorum ne katılmıyorum, (4) katılıyorum, (5) kesinlikle katılıyorum” seçenekleri sunulmuştur.

Toplanan veriler hatalı kodlama olasılığı göz önüne alınarak bilgisayara aktarılmıştır. Bu bağlamda tüm verilerin frekans dağılımları incelenerek araştırmanın amacıyla uygun olarak tüm verilerin normal dağılımlı olup olmadığı incelenmiştir. Bu amaçla verilerin çarpıklık ve basıklık değerleri test edilmiştir. Yapılan literatür araştırmasında çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerleri +1,5 ile -1,5 değerleri arasında ise dağılım normal kabul edilmektedir. (Shiel ve Cartwright, 2015: 28). İnternet alışveriş tutum ölçeğine yönelik ölçek ifadelerinin çarpıklık (-1,008) ve basıklık (1,464) hem de tüketici ilgilenim düzeyi ölçeğine yönelik ölçek ifadelerinin çarpıklık (-0,436) ve basıklık (1,307) değerleri +1,500 ve -1,500 değerleri arasında olduğundan verilerinin normal dağılımına sahip olduğunu söyleyebiliriz.

Araştırmanın çıkış noktası ve ilgili alan yazına dayanarak araştırmanın hipotezi şu şekilde oluşturulmuştur:

H1: Tutumun, ilgilenim düzeyi üzerinde anlamlı ve pozitif yönde etkisi vardır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmanın amacına uygun olarak araştırmanın örnekleme dahil 360 öğrencinin demografik özelliklerinin yer aldığı betimleyici istatistikler (frekans, yüzde dağılımları) Tablo 1’de bulunmaktadır.

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Özelliklerine Göre Frekans ve Yüzde Dağılımları
(n=360)

Değişkenler	Gruplar	f	%
Cinsiyet	Kadın	194	53,9
	Erkek	166	46,1
Yaşınız	18-25	344	95,6
	26-30	7	1,9
	31-35	4	1,1
	36 ve üzeri	5	1,4
Okul Programı	Aşçılık	42	11,7
	Turizm ve Otel İşletmeciliği	71	19,7
	İşletme	61	16,9
	Yerel Yönetimler	57	15,8
	Halka İlişkiler	60	16,7
	Muhasebe	69	19,2
	Sınıf	1. Sınıf	151
	2. Sınıf	209	58,1
Aylık Toplam Harcama Tutarı	500 TL ve altı	54	15,0
	501– 600 TL	43	11,9
	601 – 700 TL	42	11,7
	701 TL ve üzeri	221	61,4
İkamet Edilen Yerde İnternete Erişim	Evet	331	86,4
	Hayır	49	13,6
İnternet Kullanım Sıklığı	Her gün	346	96,1
	Haftada bir kez	7	1,9
	Haftada birkaç kez	7	1,9
	Ayda bir kez	0	0
	Ayda birkaç kez	0	0
Bir Günde İnternette Geçirilen Zaman	Günde 1 saatten az	11	3,1
	2 – 3 saat arası	105	29,2
	4 – 6 saat arası	128	35,6
	6 saatten fazla	116	32,2
İnternet Üzerinden Alışveriş Yapma	Evet	310	86,1
	Hayır	50	13,9
İnternetin Kullanım Amacı	Sosyal ağ ve iletişim	284	78,9
	Bilimsel Araştırma	3	0,8
	Bilgi Edinme	31	8,6
	Alışveriş	14	3,9
	Haber Takibi	6	1,7
	Eğlence, Oyun	22	6,1
Son 6 Ayda İnternette Yapılan Alışverişin Toplam Tutarı	500 TL ve Altı	214	59,4
	501 – 600 TL	40	11,1
	601 – 700 TL	18	5,0
	701TL ve üzeri	88	24,4

Değişkenler	Gruplar	f	%
En Çok Tercih Edilen Ödeme Şekli	Kredi Kartı	252	70,0
	Havale	22	6,1
	EFT	16	4,4
	Kapıda Ödeme	44	12,2
	Diğer	26	7,2
Evinde/Yurtta internet bağlantısı var mı?	Evet	313	86,9
	Hayır	47	13,1
Kişisel bilgisayarı var mı?	Evet	175	48,6
	Hayır	185	51,4
Kredi Kartı Kullanıyor mu?	Evet	221	61,4
	Hayır	139	38,6
İnternet bankacılığı kullanıyor mu?	Evet	326	90,6
	Hayır	34	9,4
İnternette alışveriş yapıyor mu?	Evet	319	88,6
	Hayır	41	11,4
İnternette alışverişini güvenli buluyor mu?	Evet	291	80,8
	Hayır	69	19,2
Almayı düşündüğü ürünü internette araştırıyor mu?	Evet	340	94,4
	Hayır	20	5,6
Teknolojik ürünlere merak duyuyor mu?	Evet	315	87,5
	Hayır	45	12,5
İnternette Alışveriş Yapma Sıklığı	Hiç	16	4,4
	Nadiren	68	18,9
	Ara sıra	135	37,5
	Genellikle	107	29,7
	Çok sık	34	9,4
İnternette Geçirilen Zaman	1 saatten az	18	5,0
	2-3 saat arası	104	28,9
	4-6 saat arası	125	34,7
	6 saatten fazla	113	31,4
Sıklıkla Satın Alınan Ürün	Mobilya-mutfak gereçleri-ev tekstili	25	6,9
	Giyim	308	85,6
	Bilet-Tatil	9	2,5
	Kitap-dergi	18	5,0
İnternette Alış-veriş Yapma Nedeni	Fiyat kıyasıyla daha ucuzu alma	159	44,2
	Zamandan tasarruf	51	14,2
	Çeşit Bolluğu	76	21,1
	Merak duygusunun tatmini	2	0,6
	Sosyal çevreye uyum sağlama	3	0,8
	Bulunamayan ürünlere kolay erişim sağlama	69	19,2

Araştırmaya katılan öğrencilerin cinsiyet özelliklerine göre dağılımları incelendiğinde katılımcıların %53,0'ı (f=194) kız, %46,0'sı (f=166), erkektir. Yaş özelliklerine göre öğrencilerin %95,5'i, (f=344) 18-25 yaş aralığında, %1,9'u (f=7) 26-30 yaş aralığında, %1,1'i, (f=4) 31-35 yaş aralığında %1,4'ü (f=5) 36 ve üzeri yaş aralığında olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin okudukları programlara göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %11,7'sinin (f=42), Aşçılık programı, %19,7'sinin (f=344) Turizm ve Otel İşletmeciliği programı, %16,9'unun %19,7 (f=61) İşletme programı, %15,8'inin (f=57) Yerel Yönetimler programı, %16,7'sinin (f=60) Halka İlişkiler programı, %19,2'sinin (f=69) Muhasebe programı öğrencisi olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin %41,9'u (f=151) 1. Sınıf, %58,1 (f=209) 2. Sınıfta eğitim görmektedir. Aylık toplam harcama tutarına bakıldığında katılımcıların %15,0'ı (f=54) 500 TL ve altı, %11,9'u (f=43) 501-601 TL, %11,7'si (f=42) 601-701 TL, %61,4'ü (f=221) 701 TL ve üzeri olduğu belirtilmiştir. Bir günde internette geçirilen zamana göre dağılım incelendiğinde %3,1'i (f=11) Günde 1 saatten az, %29,2'si (f=105) 2- 3 saat arası, %35,6'sı (f= 128) 4-6 saat arası, %32,2'si (f= 116) 6 saatten fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara bakıldığında internetin gençlerin günlük yaşamlarının bir parçası haline geldiği söylenebilmektedir. İnternet üzerinden alışveriş yapma durumuna göre dağılıma bakıldığında katılımcıların %86,1'i (f=310) Evet, %13,9'u (f=50) Hayır cevabı verdiği görülmektedir. İnternet kullanım amacına göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %78,9'u (f= 284) Sosyal ağ ve iletişim, %0,8'i (f= 3) Bilimsel araştırma, %8,6'sı (f= 31) Bilgi edinme, %3,9'u (f=14) Alışveriş, %1,7'si (f=6) Haber takibi, %6,1'i (f=22) Eğlence, oyun olduğu tespit edilmiştir. Sosyal medya kullanımı günümüz çağında artarak devam eden yapısıyla dikkat çekmektedir. Sosyal medya uygulamaları kullanımı ile kişiler yalnızca iletişim değil aynı zamanda sosyal medyanın sunduğu diğer uygulama, oyun, bilgiye ulaşma gibi değişik konularda da faydalanmaktadırlar (Tektaş, 2014). Sosyal ağ sitelerinin kişilere sunduğu imkanlar ve amaçları kişilerin sosyal ortamda kendilerini tanıtmaya, diğer kişilerle iletişim kurma ve bu ilişkinin devam etmesidir (Ellison et al., 2007). İnternetin kullanım amacı sorusuna verilen cevaplara bakıldığında verilen cevapların çoğunlukla sosyal ağ ve iletişim amaçlı kullanıldığını görmekteyiz.

Son 6 ayda internette yapılan alışverişin toplam tutarına göre dağılım incelendiğinde %59,4'ü (f=214) 500 TL ve Altı, %11,1'i (f=40) 501 – 600 TL, %5,0'ı (f=18) 601 – 700 TL, %24,4'ü (f=88) 701TL ve üzeri olduğu

belirlenmiştir. En çok tercih edilen ödeme şekline göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %70,0'ı (f=252) Kredi Kartı, %6,1'i (f=22) Havale, %4,4'ü (f=16) EFT, %12,2'si (f=44) Kapıda ödeme, %7,2'si (f=26) diğer olarak bulunmuştur. Kredi kartı kullanımının online alışverişlerdeki tüketiciler tarafından tercih sebebi ödeme kolaylığından kaynaklı olduğu söylenebilir.

21. yüzyılda meydana gelen teknolojik gelişmeler ışığında bilgiye ulaşmak ve bilgi kullanımını zorunlu hale gelmiştir. İnternet bu bağlamda bilgiye ulaşmada kullanılan bir araçtır. İnternetin bilgiye ulaşmak anlamında fayda sağlamanın yanında insanlar arasındaki sosyal haberleşme yönü de vardır. Evinde /Yurtta internet bağlantısı var mı? Sorusuna göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %86,4'ü (f=331) Evet, %13,1'i (f=47) Hayır cevabını verdiği tespit edilmiştir. Bu sonuç günümüz teknoloji çağında internetin yoğun bir şekilde kullanımından kaynaklanmaktadır ve öğrencilerin hayatlarında internetin ne denli önemli olduğunun göstergesidir. Kişisel bilgisayar var mı? Sorusuna göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %48,6'sı (f=175) Evet, %51,4'ü (f=185) Hayır cevabını verdiği tespit edilmiştir. Kredi Kartı Kullanıyor mu? Sorusuna göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %61,4'ü (f=221) Evet, %38,6'sı (f=139) Hayır cevabını verdiği tespit edilmiştir. İnternet bankacılığı kullanıyor mu? Sorusuna göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %90,6'sı (f=326) Evet, %9,4 (f=34) Hayır cevabını verdiği bulunmuştur. İnternette alışveriş yapıyor mu? Sorusuna göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %88,6'sı (f=319) Evet, %11,4'ü (f=41) Hayır cevabını verdiği bulunmuştur. Bu sonuca göre üniversite çağındaki gençlerin büyük oranda teknolojik ürünlere karşı ilgili olmaları ve de internette alışveriş yapmaya yönelik olumlu tavır sergiledikleri görülmektedir. İnternette alışverişi güvenli buluyor mu? Sorusuna göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %80,0'ı (f=291), Evet, %19,2'si (f=69) Hayır cevabını verdiği bulunmuştur. Almayı düşündüğü ürünü internette araştırıyor mu? Sorusuna göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %94,4'ü (f=340) Evet, %5,6'sı (f=20) Hayır cevabını verdiği bulunmuştur. Teknolojik ürünlere merak duyuyor mu? Sorusuna göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %87,5'i (f=315) Evet, %12,5'i (f=45) Hayır yanıtı verdiği tespit edilmiştir. İnternette Alışveriş Yapma Sıklığına göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %4,4'ü (f=16) Hiç, %18,9'u (f=68) Nadiren, %37,5'i (f=135) Ara sıra, %29,7'si (f=107) Genellikle, %9,4'ü (f=34) Çok sık olarak internette alışveriş yaptıkları tespit edilmiştir. İnternette Geçirilen Zamana göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %5,0'ı (f=18) 1 saatten az,

%28,9'u (f=104) 2-3 saat arası, %34,7'si (f=125) 4-6 saat arası, %31,4'ü (f=113) 6 saatten fazla internette vakit geçirdikleri tespit edilmiştir. Sıklıkla Satın Alınan Ürüne göre dağılım incelendiğinde katılımcıların %6,9'u (f=25) Mobilya-mutfak gereçleri-ev tekstili, %85,6'sı (f=308) Giyim, %2,5'i (f=9) Bilet-tatil, %5,0'ı (f=18) Kitap-dergi alışverişi yaptığı tespit edilmiştir. İnternette Alış-veriş Yapma Nedenine göre dağılım incelendiğinde katılımcıların verdiği cevaplar %44,2'si (f=159) Fiyat kıyasıyla daha ucuzu alma, %14,2'si (f=51) Zamandan tasarruf, %21,1'i (f=76) Çeşit Bolluğu, %0,6'sı (f=2) Merak duygusunun tatmini, %0,8'i (f=3) Sosyal çevreye uyum sağlama, %19,2'si (f=69) Bulunamayan ürünlere kolay erişim sağlama olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2. Ortalama, Standart Sapma ve Güvenilirlik Katsayısı

Ölçekler	Genel Ortalama	Standart Sapma	Güvenirlik Katsayısı (α)
İnternet Alışveriş Tutumu	3,59	0,81	0,950
İlgi	2,89	0,75	0,592
Haz	3,31	0,85	0,851
Gösterge	3,23	0,83	0,768
Risk Önemi	3,18	0,76	0,557
Hata Olasılığı	3,20	0,82	0,814
Tüketici İlgilenim Düzeyi	3,16	0,63	0,893

Ölçek 1,2: 1= Kesinlikle katılmıyorum, 2=Katılmıyorum, 3=Ne katılıyorum Ne katılmıyorum, 4= Katılıyorum, 5= Kesinlikle katılıyorum.

Yapılan çalışmada genel ortalama, standart sapma ve güvenilirlik açısından incelemesi yapılmıştır. Güvenilirlik testi için Cronbach Alfa değerleri hesaplanmıştır. Tablo 2'de yer alan değerlere bakıldığında her bir ölçeğe ve ölçekteki her bir boyuta ilişkin Güvenirlik katsayılarının (α) kat sayılarının 0,70 ile 0,90 arasında olduğu görülmektedir. Bu değerlerin kabul edilebilir seviyede olduğu ve ölçeklerin güvenilir olduğu ifade edilebilir (Gürbüz & Şahin, 2014).

Tabloya 2' ye bakıldığında 'İnternette alışverişe yönelik tutum' , 'Tüketici ilgilenim düzeyi' ölçeklerine ilişkin ortalama, standart sapma değerleri görülmektedir. Tablo 2'deki sonuçlara göre öğrencilerin internette alışverişe yönelik tutumlarının ortalamasının tüketici ilgilenim düzeyi ortalamasından yüksek olduğu görülmektedir. 'İnternette alışverişe yönelik tutum'un yüksek olmasının sebebi üniversitede öğrenim gören öğrencilerin

internetten alışveriş yapma konusunda olumlu tavır sergiledikleri, Tüketici ilgilenim düzeyi' ortalamasının daha düşük oranda çıkması öğrencilerin eğitim hayatlarının devamı sebebiyle henüz bir işte çalışmıyor olmasından kaynaklı ekonomik olarak aileye bağımlı olmalarının bir sonucu olduğu söylenebilir.

Tablo 3. Tutum ve İlgilenim Arasındaki İlişkinin İncelenmesi (Korelasyon Matrisi)

ÖLÇEKLER	İnternet Alışveriş Tutumu	İlgi	Haz	Gösterge	Risk Önemi	Hata Olasılığı	Tüketici İlgilenim Düzeyi
İnternet Alışveriş Tutumu	r 1						
	p						
İlgi	r 0,484	1					
	p 0,000*						
Haz	r 0,613	0,588	1				
	p 0,000*	0,000*					
Gösterge	r 0,501	0,564	0,648	1			
	p 0,000*	0,000*	0,000*				
Risk Önemi	r 0,507	0,439	0,539	0,521	1		
	p 0,000*	0,000*	0,000*	0,000*			
Hata Olasılığı	r 0,395	0,374	0,455	0,401	0,610	1	
	p 0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*		
Tüketici İlgilenim Düzeyi	r 0,633	0,737	0,819	0,790	0,792	0,765	1
	p 0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	
		*	*	*	*	*	

** $p < 0,01$ * $p < 0,05$ ($r = \text{Pearson korelasyon}$, $p = \text{Sig. 2-üçlü}$).

Tablo 3 incelendiğinde hem internet alışveriş tutum ölçeğine yönelik ölçek ifadelerinin çarpıklık (-1,008) ve basıklık (1,464) hem de tüketici ilgilenim düzeyi ölçeğine yönelik ölçek ifadelerinin çarpıklık (-0,436) ve basıklık (1,307) değerleri +1,500 ve -1,500 değerleri arasında olduğundan verilerinin normal dağılımına sahip olduğunu söyleyebiliriz. Yine Tablo 3'e bakıldığında öğrencilerin vermiş oldukları cevaplar doğrultusunda tutum alt boyutları ve ilgilenime yönelik ilişkisel açıdan değerlendirilen cevaplara yönelik korelasyon matrisi bulunmaktadır. Sosyal bilimlerde korelasyon katsayısı (r) 0,65-0,84 arasında yer alıyorsa değişkenler arasında güçlü bir ilişkinin var olduğu bilinmektedir (Ural & Kılıç, 2013).

Tabloya 3'e göre tutum boyutları ilgi ($r=0,737$), Haz ($r=0,819$), Gösterge ($r=0,790$), Risk önemi ($r=0,792$), Hata olasılığı ($r=0,765$), Öğrencilerin tutum ve ilgilenim düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki vardır. Bu sonuçlara dayanarak kişinin internete yönelik tutumu arttıkça ilgilenim düzeyi de artacaktır veya kişinin internete yönelik tutumu azaldıkça ilgilenim düzeyi de azalacaktır şekilde yorum yapılabilir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Ekonomik kalkınmada, bilgi ve teknolojik gelişmelerin yaygınlaşmasında büyük oranda pay sahibi olan internet hayatımızı büyük oranda kolaylaştıran bir iletişim ağıdır. Elektronik ticaret işletmelere ve internet üzerinden alışveriş yapan tüketicilere kolaylık sağlayarak işletmelerin piyasada tutunmalarına da imkan tanımaktadır. Böylelikle internet kullanım oranı artarken, internetten ticaret yapma oranı da artış göstermektedir. Elektronik ticaret tüm dünyada hacmini giderek arttıran bir ticaret biçimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Hem firmaların hem de tüketicilerin e-ticaret kullanım hacminin artışına paralel olarak elektronik ticaretin aktif ve verimli kullanılabilmesi için zorunlu yasal düzenlemeler yapılmalı ve fiziksel ortamın uygunluğunun sağlanması gerekmektedir.

Bu çalışmada meslek yüksekokulu öğrencilerinin e-ticarete yönelik tutum ve ilgilenim düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma temel amacına ilişkin olarak yapılan analiz sonuçlarına göre öğrencilerin e-ticarete yönelik tutumları ve ilgilenim düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki vardır ve öğrencilerin e-ticarete tutumlarının ilgilenim düzeyleri üzerinde pozitif yönlü bir etkisi vardır. Bu bağlamda interneti yoğun olarak kullanan gençlerin internete yönelik olumlu tutumları, ilgilenim düzeylerini de olumlu yönde arttırmakta olup e-ticaretin gençler tarafından kullanımı her geçen gün artış göstermektedir.

Türkiye'de toplumun büyük çoğunluğunu genç nüfus oluşturmaktadır. İnternet kullanım oranının genç nüfus arasında fazla olduğu Türkiye sosyal medya araçları kullanımında ilk sıralarda yerini korumaktadır. Ülkemizde gençlerin sosyal medya ağlarını ve interneti kullanım amaçlarının araştırılarak bu konuda gençlere doğru internet kullanımı ile ilgili bilgiler verilip konuyla alakalı gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca bu çalışmada olduğu gibi gençlerin internete yönelik tutumları araştırılmalı ve internete, e-ticarete karşı olumlu tutumların geliştirmesi için ve interneti faydalı kullanımının arttırılması yönünde çalışmaların yapılması

gerekmektedir. Ayrıca Türkiye de elektronik ticaret hacmindeki büyümeden payını alabilmesi için elektronik ticarete ilişkin düzenlemelerin yapılarak, e-ticaretin teşvik edilmesi sağlanmalıdır.

Bu çalışma internete yönelik tutum ve ilgilenim düzeylerinin araştırılması ve gelecekte bu konuda veya diğer konularda yapılacak olan çalışmalara konunun detaylandırılarak araştırma yapılması bakımından literatüre katkı sağlayacaktır. Ayrıca kavramlar arasındaki ilişkinin daha geniş bir örneklem düzeyinde çalışılması da literatüre katkı sağlayacaktır. Araştırma bulguları anketin yapıldığı Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu öğrencilerinin anketin uygulandığı tarihteki E-ticarete yönelik tutum ve ilgilenim düzeylerini araştırmakta olup, yalnızca anket yoluyla veri toplanması, bunun dışında başka veri toplama araçlarına başvurulmaması çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- Al-Debei, M. M., Akroush, M.N. & Ashouri, M.I. (2015). Consumer Attitudes Towards Online Shopping: The Effects of Trust, Perceived Benefits, and Perceived Web Quality. *Internet Research*, 25(5), 707-714.
- Ağaç, S. ve Solak Özgören, C. (2016). Üniversite Öğrencilerinin Online Giysi Alışveriş Davranışlarının İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 36, 141-151.
- Ahuja, M., Gupta, B. & Raman, P. (2003). An Empirical Investigation of Online Consumer Purchasing Behavior. *Communications of the ACM*, 46(12), 145-151.
- Arı, E., Yılmaz, V. ve Doğan, M. (2015). Üniversite Öğrencilerinin İnternet Üzerinden Alışverişlerine İlişkin Tutum ve Davranışların Önerilen Bir Yapısal Eşitlik Modeliyle Araştırılması. Celal Bayar Üniversitesi İİBF, Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 22(2),385-399.
- Aydın, N. (2017). Dünya’da E-ticaret Nereye Gidiyor?. *Reforma*, 1(73), 52-60.
- Babić Rosario, A., Sotgiu, F., De Valck, K. & Bijmolt, T.H. (2016). The Effect of Electronic Word of Mouth on Sales: A Meta-analytic Review of Platform, product, and Metric Factors. *Journal of marketing research*, 53(3), 297-318.
- Benbasat, I. & Wang, W. (2005). Trust In and Adoption of Online Recommendation Agents. *Journal of the association for information systems*, 6(3), 72-101.
- Çetin, F. A., Meriç, K., Kerse, Y. & Samsa, Ç. (2017). Kuşağının Online Alışveriş Tutumunun Ölçülmesi: Üniversite Öğrencileri Üzerine Bir Uygulama. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 5(58), 303-315.
- Chen, Y., Yan, X., Fan, W. & Gordon, M. (2015). The Joint Moderating Role of Trust Propensity and Gender on Consumers’ Online Shopping Behavior. *Computers in Human Behavior*, 43, 272-283.
- Cramer-Flood, E. (2020). Global Ecommerce 2020. [Erişim: 11.02.2023, <https://www.emarketer.com/content/global-ecommerce-2020>].
- Davis, F.D., Bagozzi, R.P. & Warshaw, P.R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management science*, 35(8), 982-1003.

- Demirel, H. (2010). Üniversite Öğrencilerinin Elektronik Alışveriş Hakkındaki Görüşleri. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12 (3), 119-134.
- Doody, A.F. & Davidson, W.R. (1967). Thinking Ahead: Next Revolution in Retailing. *Havard Business Review*, 45, 4-16.
- Duarte, P., e Silva, S. C. & Ferreira, M. B. (2018). How Convenient is it? Delivering Online Shopping Convenience to Enhance Customer Satisfaction and Encourage e-WOM. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 44, 161-169.
- Ellison, N.B., Steinfield, C. & Lampe, C. (2007). The Benefits of Facebook “friends:” Social Capital and College Students’ Use of Online Social Network Sites. *Journal of computer-mediated communication*, 12(4), 1143-1168.
- Forman, C., Ghose, A. & Wiesenfeld, B. (2008). Examining the Relationship Between Reviews and Sales: The Role of Reviewer Identity Disclosure in Electronic Markets. *Information systems research*, 19(3), 291-313.
- Gefen, D., Karahanna, E. & Straub, D.W. (2003). Trust and TAM in online shopping: An integrated model. *MIS Quarterly*, 27(1), 51-90.
- Gürbüz, S. & Şahin, F. (2014). Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri. *Ankara: Seçkin Yayıncılık*, 271.
- Häubl, G. & Trifts, V. (2000). Consumer Decision Making in Online Shopping Environments: The Effects of Interactive Decision Aids. *Marketing science*, 19(1), 4-21.
- He, H. & Harris, L. (2020). The Impact of Covid-19 Pandemic on Corporate Social Responsibility and Marketing Philosophy. *Journal of Business Research*, 116, 176-182.
- Hsu, M. H., Chuang, L. W. & Hsu, C. S. (2014). Understanding Online Shopping Intention: The Roles of Four Types of Trust and Their Antecedents. *Internet research*, 24(3), 332-352.
- Hu, N., Pavlou, P. A. & Zhang, J. (2017). On Self-selection Biases in Online Product Reviews. *MIS Quarterly*, 41(2), 449-475.
- Jinzh, Z. (2020). Analysis of Internet User Consumption Behavior Based on Big Data [J]. *Business Economics Research*, 46-49.
- Karabaş, S. (2018). E-ticaret ve Üniversite Öğrencilerinin Elektronik Ticarete İlişkin Tutum ve İlgilenim Düzeylerinin Belirlenmesi: Bir Alan Araştırması. *Akademik Bakış Uluslararası Hakemli Sosyal Bilimler Dergisi*, 68, 83-104.

- Khalifa, M. & Liu, V. (2007). Online Consumer Retention: Contingent Effects of Online Shopping Habit and Online Shopping Experience. *European Journal of Information Systems*, 16(6), 780-792.
- Kim, J.U., Kim, W.J. & Park, S.C. (2010). Consumer Perceptions on Web Advertisements and Motivation Factors to Purchase in the Online Shopping. *Computers in human behavior*, 26(5), 1208-1222.
- Köksal, Y. (2015). İnternet Bağlılığı İle İnternette Alışveriş İlişkisi Üzerine Bir İnceleme; Üniversite Öğrencileri Uygulaması. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7 (12), 117-130.
- Li, M., Tan, C.H., Wei, K.K. & Wang, K. (2017). Sequentiality of Product Review Information Provision. *MIS Quarterly*, 41(3), 867-892.
- Luo, J., Ba, S. & Zhang, H. (2012). The Effectiveness of Online Shopping Characteristics and Well-Designed Websites on Satisfaction. *MIS Quarterly*, 36(4), 1131-1144.
- Maity, M. & Dass, M. (2014). Consumer Decision-making Across Modern and Traditional Channels: E-commerce, M-commerce, In-store. *Decision Support Systems*, 61, 34-46.
- Mudambi, S. M. & Schuff, D. (2010). Research note: What makes a helpful online review? A study of customer reviews on Amazon. com. *MIS Quarterly*, 34(1), 185-200.
- OECD. (2020). COVID 19 and International Trade: Issues and Action. [Erişim: 11.02.2023, <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-and-international-trade-issues-andactions-494da2fa/>].
- Özdamar, K. (2001). SPSS İle Biyoistatistik. Eskişehir, Kaan Kitabevi.
- Shi, S. W. & Zhang, J. (2014). Usage Experience With Decision Aids and Evolution of Online Purchase Behavior. *Marketing Science*, 33(6), 871-882.
- Silkü, H.A. (2009). İletişim Fakültesi Öğrencilerinin İnternette Alışverişe Yönelik Tutumları. *Journal of Yaşar University*, 4 (15), 2281-2301.
- Tektaş, N. (2014). Üniversite Öğrencilerinin Sosyal Ağları Kullanımlarına Yönelik Bir Araştırma. *Tarih Okulu Dergisi*, 17.
- Ünlükal, C. & Çatı, K. (2020). Munzur Üniversitesi'ni Öğrencilerinin Online Alışverişe Yönelik Tutum ve Niyetlerinin Teknoloji Kabul Modeli İle Ölçülmesi. *Social Mentality and Researcher Thinkers Journal Research Article*. 6(31), 610-623.

- Ural, A., & Kılıç, İ. (2013). Bilimsel araştırma süreci ve SPSS ile veri analizi. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Wagner, G., Schramm-Klein, H. & Steinmann, S. (2020). Online retailing across e-channels and e-channel touchpoints: Empirical studies of consumer behavior in the multichannel e-commerce environment. *Journal of Business Research*, 107, 256-270.
- Wang, W. & Benbasat, I. (2007). Recommendation Agents for Electronic Commerce: Effects of Explanation Facilities on Trusting Beliefs. *Journal of Management Information Systems*, 23(4), 217-246.
- Wang, W. & Benbasat, I. (2016). Empirical Assessment of Alternative Designs for Enhancing Different Types of Trusting Beliefs in Online Recommendation Agents. *Journal of management information systems*, 33(3), 744-775.
- Wareham, J., Zheng, J. G. & Straub, D. (2005). Critical Themes in Electronic Commerce Research: a Meta-analysis. *Journal of Information Technology*, 20(1), 1-19.
- Wells, J.D., Parboteeah, V. & Valacich, J.S. (2011). Online Impulse Buying: Understanding the Interplay Between Consumer Impulsiveness and Website Quality. *Journal of the Association for Information Systems*, 12(1), 32-56.
- Wells, J.D., Valacich, J. S. & Hess, T.J. (2011). What Signal Are You Sending? How Website Quality Influences Perceptions of Product Quality and Purchase Intentions. *MIS Quarterly*, 35(2), 373-396.
- Yang, B. & Lester, D. (2004). Attitudes Toward Buying Online. *CyberPsychology & Behavior*, 7(1), 85-91.
- Yang, B., Lester, D. & James, S. (2006). Attitudes Toward Buying Online as Predictors of Shopping Online for British and American Respondents. *CyberPsychology & Behavior*, 10(2), 198-203.
- Yörük, D. & Dündar, S. (2011). Tüketicilerin internetten alışveriş yapma olasılıklarının lojistik regresyon yöntemiyle tahmini. Atatürk Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı, 25(Özel), 451-462.



ISBN: 978-625-367-011-5