



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Gümüşhane University Journal of Science

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ YAYINI

PUBLISHED BY GÜMÜŞHANE UNIVERSITY

ISSN 2146 - 538X

IOCENS'21 KONFERANSI EK SAYISI

YIL/YEAR : EYLÜL 2022

$$\text{Arf}(q) = \sum_{i=1}^n q^{(a_i)g(b_i)} \in \mathbb{Z}_2$$

$a_i, b_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n.$



EBSCO



TÜBİTAK

ULAKBİM
TRIZIN



Gümüşhane University Journal of Science
Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi

Published by Gümüşhane University
IOCENS'21 Konferans Ek Sayısı / *IOCENS'21 Conference Special Issue*

Yıl / Year: Eylül 2022 / *September 2022*

Üç ayda bir yayımlanır / *Published four times a year*

ISSN 2146-538X

Sahibi / Owner

Prof. Dr. Halil İbrahim ZEYBEK

Gümüşhane Üniversitesi Adına

On the behalf of Gümüşhane University

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editor in Chief

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Tahsin BOSTANCI

Baş Editör / Executive Editor

Doç. Dr. Serhat DAĞ

Editörler / Editors

Prof. Dr. Ferkan SİPAHİ

Prof. Dr. Mehmet MERDAN

Prof. Dr. Necati ÇELİK

Prof. Dr. Fatih DÖNER

Prof. Dr. Salim Serkan NAS

Prof. Dr. Bahri BAYRAM

Prof. Dr. Hüseyin DEMİR

Doç. Dr. Enver AKARYALI

Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ

Doç. Dr. Mehmet Ali GÜCER

Doç. Dr. Melih OKCU

Doç. Dr. Ebru Emine ŞÜKÜROĞLU

Doç. Dr. İbrahim TURAN

Dr. Öğr. Üyesi. Bülent AKAR

Dr. Öğr. Üyesi Onur ARAZ

Dr. Öğr. Üyesi Lale CONA

Dr. Öğr. Üyesi Recep ÇAKMAK

Öğr. Gör. Salih TÜRK

Dergi Sekreteryası / Secretary

Arş. Gör. Dr. İlker ERKAN

Arş. Gör. Şener ALİYAZICIOĞLU

Yayın Türü / Publication Type

Yaygın süreli ve hakemli/ Common term and refereed

Yayın Tarihi / Publication Date

30 / 09 / 2022

Hakemli bir dergi olan Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi üç ayda bir çevrimiçi olarak yayımlanmaktadır. Akademik usullere uygun atıf yapmak suretiyle dergide yapılan çalışmalardan yararlanılabilir. Bu dergide yayımlanan çalışmaların bütün sorumluluğu yazarlara aittir.



Gümüşhane University Journal of Science
Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi

Published by Gümüşhane University

IOCENS'21 Konferans Ek Sayısı / IOCENS'21 Conference Special Issue

Yıl / Year: Eylül 2022 / September 2022

Üç ayda bir yayımlanır/ Published four times a year

ISSN 2146-538X

Yayın Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board

- Prof. Dr. Jose Francisco Gomez Aguilar-Cenidet
Prof. Dr. Vecihi AKSAKAL-Bayburt Üniversitesi
Prof. Dr. İsmail Hakkı ALTAŞ-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Gökhan APAYDIN- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Zafer ASLAN-Balıkesir Üniversitesi
Prof. Dr. Charyyar Ashyralyyev-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Fetullah ARIK-Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet ARSLAN-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Abdon ATANGANA-Free State University
Prof. Dr. Hasan BALTAŞ-Recep Tayyip Erdoğan Üni.
Prof. Dr. Bilge BAHAR-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Bahri BAYRAM-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Fikri BULUT-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Kamil COŞKUNÇELEBİ-Karadeniz Teknik Üni
Prof. Dr. Çetin CÖMERT- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Günay ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Tufan ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Özlem ÇAVDAR-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Necati ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi-
Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN-Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Abdurrahman DOKUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Murat EKİNCİ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Abdelhai ELAZZOZI-Sidi Mohamed Ben Abdellah U.
Prof. Dr. Saffet ERDOĞAN-Harran Üniversitesi
Prof. Dr. Yener EYÜBOĞLU-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ertan GÖKALP-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Candan GÖKÇEOĞLU-Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Levent GÜMÜŞEL-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Oğuz GÜNGÖR-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK-Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. Zakia HAMMOUCH-Moulay Ismail University
Prof. Dr. Cahit HELVACI-Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Muazzez ÇELİK KARAKAYA-Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Necati KARAKAYA-Selçuk Üni.
Prof. Dr. Hakan KARSLI-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Elif Çelenk KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Cemal KÖSE-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Birgül KURAL-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Murat KÜÇÜK-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Tayfur KÜÇÜKÖMEROĞLU -Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Ramazan LİVAOĞLU-Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Nafiz MADEN-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Halim MUTLU-Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Salim Serkan NAS-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Kolade M. OWOLABI-Federal Uni. of Technology
Prof. Dr. Sultan ÖZTÜRK-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Serkan ÖZTÜRK-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Sunil PROHİT- Rajasthan Technical University
Prof. Dr. Abedallah RABABAH-Jordan Uni. Sci. and Tech.
Prof. Dr. M. Burhan SADIKLAR-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. S. Beyza Ö. SARIKAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Müdahir ÖZGÜL-Atatürk Üniversitesi
Prof. Dr. İsmet SEZER-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Zehra ŞAHİN- Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Selim ŞEN-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ-Kahramanmaraş Sütçü İmam Üni.
Prof. Dr. Coşkun ÜLSER-Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Şükrü YETGİN-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Keewook YI-Korea Basic Science Institute
Prof. Dr. Ali Osman YILMAZ Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Yong WANG- University of Manchester
Prof. Dr. Emel ABDİOĞLU YAZAR-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Özcan YİĞİT-Çanakkale 18Mart Üniversitesi
Prof. Dr. Halil YOLCU-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Enver AKARYALI-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Hazan ALKAN AKINCI Artvin Çoruh Üni.
Doç. Dr. Cemalettin BALTACI-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet BAŞOĞLU-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Zafer ÇAKIR-Alaaddin Keykubat Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa ÇULLU-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Afşin Ahmet KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Ayberk KAYA- Recep Tayyip Erdoğan Üni.
Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI- Karadeniz Teknik Üni.
Doç. Dr. Selami KESLER-Pamukkale Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa KUMRAL-İstanbul Teknik Üni
Doç. Dr. Emre ÖZKOP-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK-Iğdır Üniversitesi
Doç. Dr. Yener TOP-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Ayhan TOZLUOĞLU-Düzce Üniversitesi
Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Alaaddin VURAL-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Hilal YILDIZ-Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üni.
Doç. Dr. Sefa YALVAÇ-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Cem YÜCEL-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Eda Feyza AKYÜREK-Atatürk Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf AŞIK-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hacı Alim BARAN-Batman Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim ÇAVUŞOĞLU-Gümüşhane Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Kemal ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim DÜZGÜN-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet M. KAHRAMAN-İstanbul Teknik Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Selim KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nurçin KÜÇÜK KENT-Gümüşhane Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Kemal KUVVET- Recep Tayyip Erdoğan Üni
Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman LERMI-N. Ömer Halisdemir Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Yasin OĞUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Zuhale OKCU-Atatürk Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Abdulveli SIRAT-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Birol ŞAHİN- Recep Tayyip Erdoğan Üni
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Nuri URAL-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Ilyas KHAN- Majmaah University
Dr. Rizwan Ul HAQ-Bahria University
Dr. Chokka RAVICHANDRAN-Bharathiar University

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

Mürüt AKAL M. Emre DEMİRDERE Derya ÜNLÜ	Anti-kanser ilacı 5-Fluorourasil'in bentonit yüklü kitosan/hidroksipropil metilselüloz biyonanokompozit filmlerden kontrollü salımı <i>Controlled release of the anti-cancer drug 5-Fluorouracil from bentonite-loaded chitosan/hydroxypropyl methylcellulose bionanocomposite films</i>	1
Güler GAYGUSUZUĞLU	Yerel olmayan elastisite teorisi kullanılarak elastik ortam içerisindeki nano çubuğun aksel titreşiminin incelenmesi <i>Investigation of axial vibration of nanorod in elastic media using nonlocal elasticity theory</i>	11
Elif ERKOÇ KAPLAN Leyla DOKUZER ÖZTÜRK	Aydınlatma alternatiflerinin insan odaklı aydınlatma açısından değerlendirilmesi: Büro örneği <i>Final printing layout template used in Gümüşhane University Journal of Science (GUJS)</i>	26
Merve POYRAZOĞLU Sema ARIMAN	Drought analysis of Kahramanmaraş province with standardized precipitation index method <i>Standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi ile Kahramanmaraş ilinin kuraklık analizi</i>	39
Şerife BOĞAZKESEN Hakan KARSLI	Karmaşık jeolojik ortamlarda gelişen hidrokarbon kapan türlerinin patlayan yansıtıcı yöntemi ile modellenmesi <i>Modeling of hydrocarbon trap types developing in complex geological environments by exploding reflector method</i>	53
Volkan OSKAY Özlem KARAGÖZ Soner KUŞLU	Investigation of water quality of the Şenkale stream feeding the Bahçecik dam meeting the drinking water needs of Gümüşhane province <i>Gümüşhane ili içme su ihtiyacını karşılayan Bahçecik barajını besleyen Şenkale deresinin su kalitesinin araştırılması</i>	61
Veysel TURK Hatice CATAL REIS Serhat KAYA	Automatic prediction of covid-19 from chest- computed tomography (CT) images using deep learning architectures <i>Derin öğrenme mimarilerini kullanarak göğüs BT görüntülerinden otomatik Covid-19 tahmini</i>	76
Oguz Kagan KOKSAL İsmail Hakki KARAHAN	Investigation of the X-ray fluorescence parameters and valance electronic structure for Ni in Ni-B/hBN coating materials with doped TMAB and saccharine <i>Ni-B/hBN katkılı TMAB ve sakarinli kaplama malzemelerinde Ni için X-ışını floresans parametrelerinin ve valans elektronik yapısının incelenmesi</i>	89
Mürsel Ozan İNCETAŞ Mahmut KILIÇASLAN Taymaz AKAN	Image retrieval with SNN-based multi-level thresholding <i>SNN tabanlı çok seviyeli eşikleme ile görüntü erişimi</i>	98
Ali KÖSEOĞLU	A comparative decision-making for electronic product purchases during a pandemic <i>Salgın sırasındaki elektronik ürün alımlarında karşılaştırmalı bir karar verme</i>	109

Anti-kanser ilacı 5-Fluorourasil'in bentonit yüklü kitosan/hidroksipropil metilselüloz biyonanokompozit filmlerden kontrollü salımı

Controlled release of the anti-cancer drug 5-Fluorouracil from bentonite-loaded chitosan/hydroxypropyl methylcellulose bionanocomposite films

Mürüt AKAL^{1,a}, Muhammed Emre DEMİRDERE^{1,b}, Derya ÜNLÜ*^{1,c}

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 16310, Bursa

• Geliş tarihi / Received: 06.10.2021

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 17.12.2021

• Kabul tarihi / Accepted: 16.01.2022

Öz

Kontrollü salım, geleneksel tedavinin aksine, bir maddenin bir ortamdaki derişimini belirli bir süre boyunca korumak için kademeli olarak bir sistemden serbest bırakılması anlamına gelmektedir. İlaç salım sistemlerinde ilacın hastalıklı bölgeye kontrollü bir şekilde salımı, tedavi ve toksisite açısından önem arz etmektedir. Özellikle 5-Fluorourasil (5-FU) gibi toksik özelliği fazla olan ilaçlar kontrollü ilaç salım teknolojilerinde özel yere sahiptir. Tedavinin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için 5-FU gibi antikanser ilaçlarının olası yan etkilerini ortadan kaldırmak ve tedavi edici etkisini arttırmak için kontrollü ilaç salım sistemlerinin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, 5-FU'ün kontrollü salımı için biyolojik olarak parçalanabilen ve biyoyumlu özgün bir biyonanokompozit film geliştirmektir. Bu amaçla bentonit yüklü kitosan hidroksipropil metilselüloz biyonanokompozit filmler çözeltiden döküm ve solvent buharlaştırma tekniği kullanılarak sentezlenmiştir. Biyonanokompozit filmlerin kimyasal bağ yapısı, bentonit ilavesinin yapıdaki amin ve hidroksil gruplarına etkisi Fourier dönüşümlü kızılötesi ile belirlenmiştir. Polimerlerin ve bentonitin morfolojik özellikleri ve uyumluluğu, taramalı elektron mikroskobu kullanılarak karakterize edilmiştir. Biyonanokompozit filmlerin sorpsiyon derecesi şişme testleri ile değerlendirilmiştir. Nanokompozit filmdeki bentonit içeriğinin %5'ten %25'e artması ile sorpsiyon derecesi %2.99'dan % 65.05'e artmıştır. Ayrıca sentezlenen biyonanokompozit filmlere bentonit ilavesinin ve pH'ın 5-FU'ün yüklenmesi ve enkapsülasyon verimliliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. 5-FU yüklenen nanokompozit filmlerden ilacın kontrollü salım çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, nanokompozit ilaç taşıyıcı filmlerde bentonit kullanımının kapsülleme verimliliğini ve salım özelliklerini geliştirdiğini göstermiştir. %5 bentonit yüklü filmde dört günün sonunda pH=7.4'te %40.12 salım değeri elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bentonit, Fluorourasil, Hidroksipropil metilselüloz, İlaç salımı, Kitosan, Nanokompozit film

Abstract

Controlled release, on the contrary traditional treatment, means the gradual release of a substance from a system in order to maintain its concentration in a medium over a period of time. In drug release systems, the controlled release of the drug to the diseased area has importance in terms of treatment and toxicity. Especially drugs with high toxic properties such as 5-Fluorouracil (5-FU) have an important place in controlled drug release technology. In order to complete the treatment successfully, it is important to develop controlled drug release systems to eliminate the possible side effects of anticancer drugs such as 5-FU and to increase the therapeutic effect. The aim of this study is to develop a unique biodegradable and biocompatible bionanocomposite film for the controlled release of 5-FU. For this purpose, bentonite loaded chitosan hydroxypropyl methylcellulose bionanocomposite films were synthesized using solution casting and solvent evaporation techniques. The chemical bond structure of the bionanocomposite films and the effect of bentonite addition on the amine and hydroxyl groups in the structure were determined by Fourier transform infrared. Morphological properties and compatibility of polymers and bentonite were characterized by using scanning electron microscopy. The degree of sorption of the bionanocomposite films was evaluated by swelling tests. As the bentonite content in the nanocomposite film increased from 5% to 25%, the sorption degree of film increased from 2.99% to 65.05%. In addition, the effects of bentonite addition of the synthesized bionanocomposite films and pH of medium on the 5-FU loading and encapsulation efficiency were investigated. Controlled release studies were carried out by using 5-FU loaded nanocomposite films. The obtained results showed that the usage of bentonite in nanocomposite drug carrier films were improved the release properties. After four days, a release value was obtained as 40.12% at pH=7.4 in the 5 wt. % bentonite loaded films.

Keywords: Bentonite, Fluorouracil, Hydroxypropyl methylcellulose, Drug release, Chitosan, Nanocomposite film

*a Derya ÜNLÜ; derya.unlu@btu.edu.tr, Tel: (0224) 3003828, orcid.org/0000-0001-5240-5876

^b orcid.org/0000-0002-2825-0226

^c orcid.org/0000-0002-1983-2697

1. Giriş

1. Introduction

İlaç alanında yapılan araştırmaların asıl amacı tedavi edici yeni ilaç molekülleri geliştirmektir. Ancak bu araştırmaların uzun süreli olması, sonuçlanmasının uzun zaman alması, yüksek maliyetli olması ve her zaman istenilen sonuca ulaşılmaması gibi sorunlar araştırmacıları farklı alanlara yönlendirmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalar çoğunlukla hastanın tedavisi sırasında yaşam kalitesini artırmak, kullanılan ilaç dozunu azaltmak, verilen ilacın doz aralığını arttırmak, hasta için yan ve zararlı etkileri ortadan kaldırmak ve ilacı hedef bölgeye göndermeye yönelik olmuştur. Bu beklentilere en iyi yanıt veren en yeni sistem "kontrollü salım sistemleri"dir.

Kontrollü ilaç salım sistemlerinde kullanılacak olan polimerin doğru seçilmesi gerekir. Seçilen malzemenin belirli bir ilaç etken maddesi için istenen salım hızını sağlayacak özellikte olması, biyoyumlu ve biyobozunur polimerler kullanılıyorsa salım bitince cerrahi işlem görmeden vücuttan atılması gerekir. Önerilen bu projede de doğal polimerler kitosan ve hidrokspipril metil selüloz tercih edilmiştir.

Kitosan, (1-4) -2-asetamido-2-deoksi-b-D-glukan (Nasetil D-glukozamin) ve (1-4) -2-amino-2-deoksi-b-D-glukan (D- glukozamin) birimlerinin birleşmesi ile oluşan doğrusal bir polisakarittir. Doğal bir polimer olan kitinin deasetilasyonu ile elde edilir. Kitosan; doğal, toksik olmayan, biyoyumlu, biyobozunur, yüksek moleküler ağırlıklı, polikationik bir polimerdir. Çok fonksiyonlu bir polimer olarak bilinir. Mukozaya yapışması, yara iyileştirme yeteneği ve ilaç salımı yeteneği gibi çeşitli özelliklere sahiptir. İlaç endüstrisinde kapsamlı bir şekilde incelenmiştir (Justin & Chen, 2014; Reddy vd., 2016; Shu & Zhu, 2002).

Hidrokspipril metilselüloz (HPMC), kontrollü ilaç salım sistemlerinin hazırlanmasında kullanılan en önemli hidrofilik taşıyıcı malzemelerden biridir. En önemli özelliklerinden biri, bir ilacın salım kinetiği üzerinde önemli bir etkiye sahip olan yüksek şişebilirliktir. Su veya biyolojik sıvı ile temas ettiğinde, hacim genişlemesi, polimer zincirinin gevşemesi ile sonuçlanır. Daha sonra, yapıdaki ilaç sistemden yayılır. Ayrıca yüksek şişme derecesinin yanında yüksek yüzey aktiviteside ilaç yüklemeye özelliğini iyileştirmektedir (Siepmann & Peppas, 2012; Pingpong vd., 2018).

Ana bileşen olarak montmorillonit (MMT) içeren doğal bir silikat mineral olan bentonit, katmanlı yapısı ile karakterize edilir. Bentonit yüksek şişme oranına, yüksek adsorpsiyon ve katyonik değişim kapasitesine ve ilaç taşıma kabiliyetine sahip doğal bir kil mineralidir (Sakr vd., 2020). Farmakolojik olarak bentonit, sulu alümina silikat kimyasal bileşimli kolloidal doğal bir malzemedir. Yüksek erişebilirlik, düşük maliyet, gelecek vaat eden reolojik özellikler, biyolojik uyumluluk, toksik olmayan yapısı, yüksek adsorpsiyon ve absorpsiyon kapasiteleri, yüksek yüzey alanı ve mükemmel reaktivite gibi yüksek teknik özelliklere sahiptir (Abukhadra vd., 2020). Birçok çalışma, bentonit kullanımı ile elde edilen nanokompozitlerin daha yüksek mekanik ve termal özelliklere sahip olduğunu ve ilaç taşıyıcıları olarak kullanıldığında ilaç enkapsülasyon verimliliğini ve sürekli salım özelliklerini geliştirdiğini ortaya koymuştur (Zhang vd., 2020).

Bu çalışmada kitosan/hidrokspipril metil selüloz/bentonit biyanokompozitleri ilaç salımı için ilk kez bir arada kullanılmıştır. Sentezlenen bu biyanokompozit filmler, 5-Fluorourasil kemoterapi ilacının salımında kullanılmıştır.

Son çalışmalar, biyolojik patojenlerin, bulaşıcı ve bulaşıcı olmayan hastalıkların tedavisinin büyük ölçüde iyileştirildiğini, ancak kanserin tedavisinin nispeten az gelişmiş durumda olduğunu göstermektedir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2014 yılında yayınlanan Dünya Kanser Raporu, 2012 yılında dünya çapında on dört milyon kişiye kanser teşhisi konulduğunu ve bu sayının 2035 yılına kadar yirmi dört milyona çıkacağını belirtmektedir. Anti-kanser ilaçlarının araştırılması ve geliştirilmesi, kanser tedavisinde hayati bir rol oynamaktadır. Ancak kanser önleyici ilaçların doku ve hücreler üzerindeki yan etkileri nedeniyle antikanser ilaçların gelişimi son derece sınırlı kalmıştır. Pek çok ilaç, tümör bölgelerinde önemli ölçüde iyileştirici bir etkinlik göstermeyerek başarısız olmuştur. Tümör hücrelerini hedeflemek ve ilaçları tümör ortamına salmak için etkili ilaç yüklemesine sahip bir ilaç salım sistemi geliştirmek bu noktada önemlidir (Wang vd., 2018).

5-Fluorourasil, kolorektal kanser, mide kanseri, meme kanseri, beyin tümörü, karaciğer kanseri, pankreas kanserleri ve akciğer kanserinin tedavisi için kullanılabilen etkili bir kemoterapi ilacıdır. 5-Fluorourasil, DNA replikasyonunda deoksiribonükleotidler için gerekli olantimidilat sentaz aktivitesini kısıtlayarak timidinin tükenmesine, ardından deoksiüridin trifosfatın

DNA'ya dahil olarak hücre ölümüne neden olan bir pirimidin türevidir. Bununla birlikte, 5-Fluorourasilin hızlı metabolizmaya bağlı kısa biyolojik yarılanma ömrü, dihidropirimidin dehidrojenazın metabolizmasına bağlı olarak homojen olmayan ve eksik oral absorpsiyon, kemik iliği ve gastrointestinal sistem üzerindeki toksik yan etkileri ve sağlıklı hücrelere karşı seçici olmayan etki gibi dezavantajları vardır. Başarılı bir kanser tedavisi için, kemik iliği üzerindeki toksik yan etkilerin üstesinden gelmek oldukça önemlidir; bu da, ilacın biyopolimerik sistemlerde kontrollü salımı ile sağlanabilir.

Literatürde 5-Fluorourasilin kontrollü salımı için çoğunlukla nanoparçacıklar, mikroküreler, miseller ve boncuklar sentezlenerek kullanılmıştır (Amini vd., 2019; Paul vd., 2000; He vd., 2020, Gu vd., 2014). Nanokompozit filmlerin kullanıldığı uygulamalar sınırlıdır (Reddy vd., 2016; Lei vd., 2010).

Bu çalışmada, 5-Fluorourasilin kontrollü salımı için biyolojik olarak parçalanabilen ve biyoyumlu özgün bir polimer kompozit geliştirmek hedeflenmiştir. Bu bağlamda hem tercih edilen biyonanokompozitlerin daha önce kullanılmamış olması hem de tercih edilen model ilacın bu filmlerden salımının incelenmemiş olması çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Hazırlanan biyonanokompozit filmlerin yüzey ve kesit görüntüleri SEM analizi ile belirlenmiştir. Kitosan/Hidroksipropil Metilselüloz biyonanokompozit filmlere Bentonit ilavesinin filmlerin kimyasal bağ yapısında meydana getirdiği değişim FTIR ile karakterize edilmiştir. Bentonit Yüklü Kitosan/Hidroksipropil Metilselüloz Biyonanokompozit Filmlere ilk olarak 5-Fluorourasil yüklenmiş, ardından zamanla ilaç salımı performansı incelenmiştir.

2. Materyal ve metod

2. Material and method

2.1. Malzemeler

2.1. Materials

İlaç etken maddesi 5-Fluorourasil (98%) Abcr firmasından satın alınmıştır. Film hazırlama da kullanılan polimerlerden Kitosan Sigma Aldrich 'den, Hidroksipropilmetilselüloz Kimetsan Kimya firmalarından temin edilmiştir. Asetik asit ($\geq 99\%$) ve aseton ($\geq 99\%$) Merck'ten, çapraz bağ ajanı glutaraldehit (25%) ve pH=7.4'teki fosfat tampon çözeltisi (1.0 M) ise Sigma Aldrich 'den tedarik edilmiştir. Bentonit ise Dolsan Madencilik'ten sağlanmıştır.

2.2.

Kitosan/Hidroksipropilmetilselüloz/Bentonit nanokompozit film sentezi

2.2. Synthesis of Chitosan/Hydroxypropylmethyl cellulose/Bentonite nanocomposite film

Ağırlıkça %1 kitosan, hacimce %1 asetik asit içeren sulu çözeltide çözünmüştür. Ağırlıkça %1 Hidroksipropilmetilselüloz da bir başka kapta su içerisinde karıştırılarak bir gece çözünmeye bırakılmıştır. Hazırlanan kitosan çözeltisi hidroksipropilmetilselüloz çözeltisine 40°C'de damlatılarak eklenmiş ve karıştırılmıştır. Hazırlanan çözelti içerisine toplam polimer ağırlığının %5, %15 ve %25 oranında bentonit eklenerek homojen karışım elde edilinceye kadar karıştırılmıştır. Elde edilen film çözeltisi polimetilmetakrilat yüzeye dökülerek oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan filmin suda çözünmesini engellemek için çapraz bağlama işlemi gerçekleştirilmiştir. 2 mL çapraz bağ ajanı glutaraldehit, 2 mL katalizör görevi görecek hidroklorik asit, hacimce %85 aseton ve %15 su içeren çapraz bağ banyosunda 3 saat bekletilerek çapraz bağlama işlemi yapılmıştır. 3 saat sonunda çapraz bağ banyosundan çıkarılan film saf su ile yıkanarak kullanıma hazır hale getirilmiştir (Calvo vd., 2018).

2.3. Karakterizasyon testleri

2.3. Characterization tests

Sentezlenen biyonanokompozit filmlerin morfolojileri Taramalı Elektron Mikroskopi ile analiz edilmiştir. Kimyasal bağ yapıları ise FTIR ile belirlenmiştir. FTIR analizi Bursa Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü'ndeki Perkin Elmer-Spectrum Two marka cihaz ile yapılmıştır. Analiz 650-4000 cm^{-1} aralığında 4 tarama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Filmlerin SEM analizleri Carl Zeiss / Gemini 300 model mikroskop ile Bursa Teknik Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda hizmet alımı ile yapılmıştır. Örnekler sıvı azot ile kırılarak hazırlanmıştır. Numuneler SEM'de incelenmeden iletkenliği sağlamak amaçlı önce karbon bant üzerine konulmuş ve altın-paladyum ile kaplanmıştır.

2.4. Şişme testleri

2.4. Swelling tests

Kuru ağırlığı tartılmış filmler fosfat tamponu (pH 7.4) içinde oda sıcaklığında 24 saat boyunca dengeye ulaşması için bırakılmıştır. Ardından filmler su tutma kapasitelerini belirlemek için suyun içerisine bırakılarak her 30 dakikada ağırlıkları ölçülüp kaydedilmiştir. Filmlerin şişme

dereceleri Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad (1)$$

W_s şişmiş filmin ağırlığını, W_d kuru filmin ağırlığını, Q ise şişme oranını göstermektedir.

2.5. 5-Fluorourasil yükleme ve enkapsülasyon verimi

2.5. 5-Fluorouracil loading and encapsulation efficiency

5-Fluorourasil filmlere şişme yöntemi ile yüklenmiştir. Filmler 5 mg 5-Fu, 8 ml aseton ve 12 ml su distile su içeren ilaç çözeltisinde oda sıcaklığında 24 saat boyunca bırakılmıştır. 24 saat sonunda film ilaç çözeltisinden alınmış ve ilaçlı çözelti UV-VIS spektrofotometre (Agilent-Cary60) ile 266 nm'de analiz edilmiştir. Böylece film içindeki 5-Fu miktarı belirlenmiştir. İlaç yükleme yapılan filmlerin enkapsülasyon verimi Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Enkapsülasyon verimi (\%)} = \frac{\% \text{ Gerçek yükleme}}{\% \text{ Teorik yükleme}} \times 100 \quad (2)$$

2.6. 5-Fluorourasil salımı

2.6. Release of 5-Fluorouracil

5-Fluorourasil yüklü filmlerden 5-Fluorourasilin kontrollü salım çalışmalarında bilinen ağırlıklarda filmler fosfat tampon çözeltisine bırakılarak ilaç salım performansı incelenmiştir. Belirli zaman aralıklarında fosfat tampon çözeltisinden numune alınıp 266 nm'de UV ile analiz edilerek absorbans değerleri kaydedilmiştir. Kaydedilen absorbans değerleri kalibrasyon grafiği kullanılarak salınan 5-Fu miktarı ile ilişkilendirilmiştir. Böylece filmlerin ilaç salım performansları belirlenmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3. Results and discussion

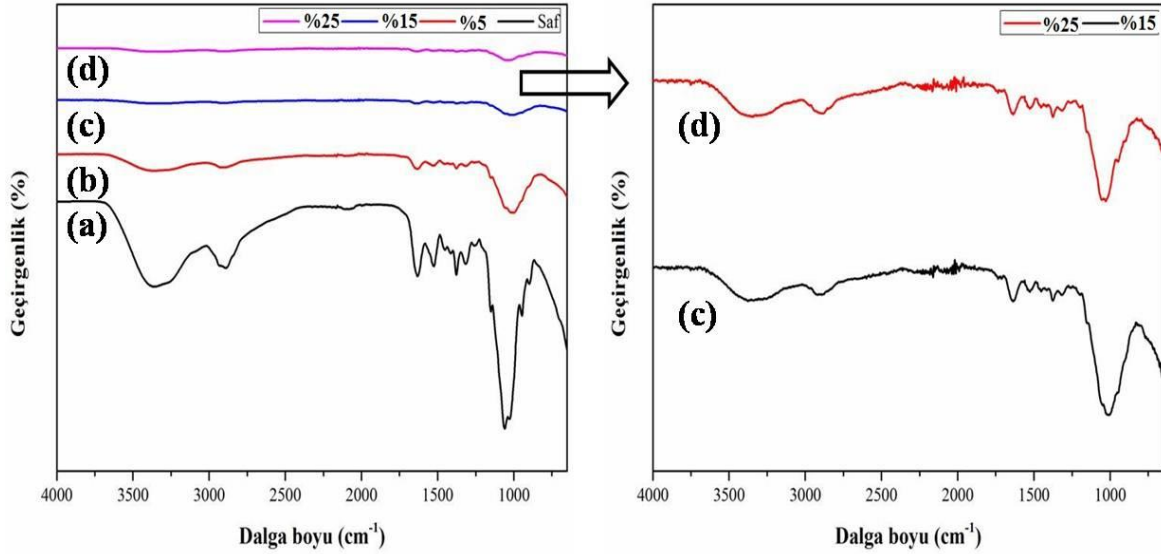
3.1. Karakterizasyon sonuçları

3.1. Characterization results

3.1.1. FTIR analizi

3.1.1. FTIR analysis

Saf kitosan/hidroksipropilmetilselüloz film ve bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit filmlerin FTIR spektrası Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. FTIR analizi (a) Saf kitosan/hidroksipropilmetilselüloz film (b) %5 Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit film (c) %15 Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit film (d) %25 Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit film

Figure 1. FTIR analysis (a) Pristine chitosan/hydroxypropylmethylcellulose film (b) 5% Bentonite loaded chitosan/hydroxypropylmethylcellulose bionanocomposite film (c) 15% Bentonite loaded chitosan/hydroxypropylmethylcellulose bionanocomposite film (d) 25% Bentonite loaded chitosan/hydroxypropylmethylcellulose bionanocomposite film

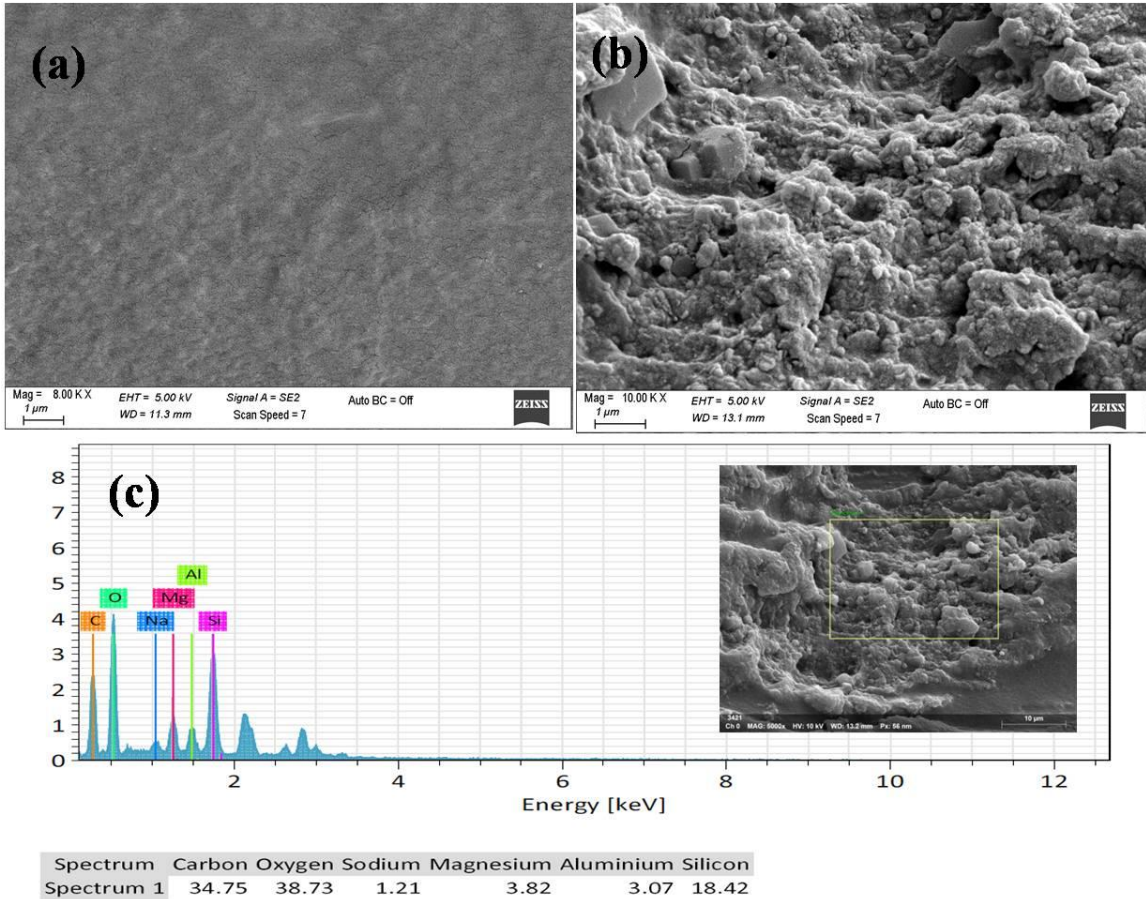
Şekil 1(a)'da 3400 cm^{-1} 'de görünen güçlü ve geniş pik, kitosan/hidroksipropilmetilselülozun O-H gruplarına karşılık gelmektedir. Kitosan/hidroksipropilmetilselülozun blend filmin sakkarit yapısının karakteristik pikleri 1650 cm^{-1} ile 1400 cm^{-1} arasında gözlenmektedir (Venkatesulu vd., 2016). 1400 cm^{-1} 'deki absorpsiyon pikleri -NH gruplarının titreşimleri ile açıklanabilir. Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit filmlerde 1700 , 990 ve 550 cm^{-1} 'de görülen pikler Si-O ve OH bağlarına atfedilir. Bentonit oranı arttıkça -OH grubu pikleri daha

düşük bir frekansa kaymıştır, bu da kil ile kitosan/hidroksipropilmetilselüloz arasında meydana gelen hidrojen bağımlı desteklemektir (Reddy vd., 2016).

3.1.2. SEM analizi

3.1.2. SEM analysis

Saf kitosan/hidroksipropilmetilselüloz film ve bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit filmlerin kesit görüntüleri Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. (a) Saf kitosan/hidroksipropilmetilselüloz film (b) Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit film (c) Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit filmin EDS analizi

Figure 2. (a) Pristine chitosan/hydroxypropylmethylcellulose film (b) Bentonite loaded chitosan/hydroxypropylmethylcellulose bionanocomposite film (c) EDS analysis of bentonite loaded chitosan/hydroxypropylmethylcellulose bionanocomposite film

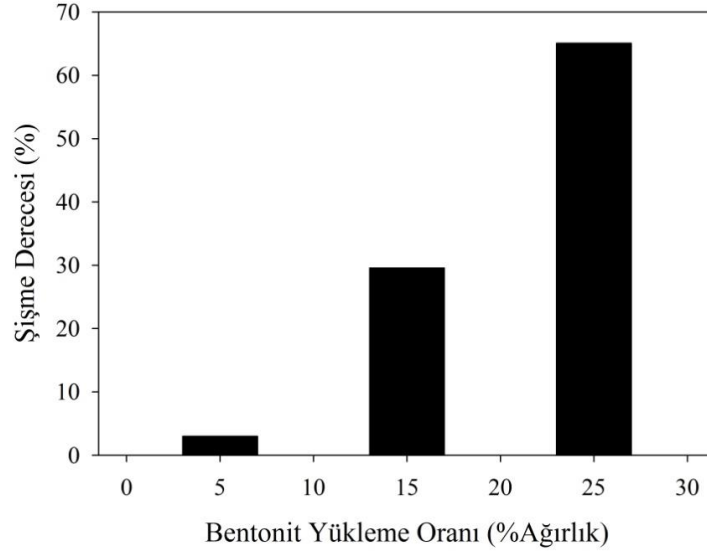
Saf kitosan/hidroksipropilmetilselüloz filmlerin kesit görüntüsüne bakıldığında iki polimerinde çok iyi karıştığını, faz ayırımı gözlenmediğini ve homojen bir yapı sergilediği görülmüştür (Şekil 2a). Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit filmlerin kesit görüntüsüne bakıldığında ise iki polimer karışımı arasında bentonitlerin varlığı açıkça görülmektedir (Şekil

2b). İki farklı polimer yapısı arasında bentonitler yerleşmiştir. Ayrıca polimerik film içerisindeki bentonitin varlığı SEM-EDS analizi ile doğrulanmıştır. Bentonitin yapısındaki elementler Al, Mg, Na ve Si, SEM-EDS analizinde görülmüştür (Şekil 2c).

3.2. Şişme derecesi sonuçları

3.2. Swelling degree results

Farklı oranlarda bentonit içeren kitosan/hidroksipropilmetilselüloz filmlerin sudaki şişme dereceleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Şişme testi sonuçları

Figure 3. Swelling test results

Şekil 3'te bu çalışmada geliştirilen biyanokompozit filmlerin bentonit yükleme oranının bir fonksiyonu olarak şişme kapasitesini göstermektedir. Ağırlıkça %25 bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit film, diğer filmlere göre en yüksek şişme kapasitesini gösterir. Bunun nedeni, kil koridorlarındaki su molekülleri ile kitosan-hidroksipropilmetilselüloz zincirlerinde bulunan –NH₂ ve –OH gruplarının elektron çifti arasındaki moleküller arası etkileşimi ile ilgili olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bentonit miktar arttıkça hidrofilite artmış, buna bağlı olarak da sudaki şişme derecesi artış göstermiştir (Reddy vd., 2016).

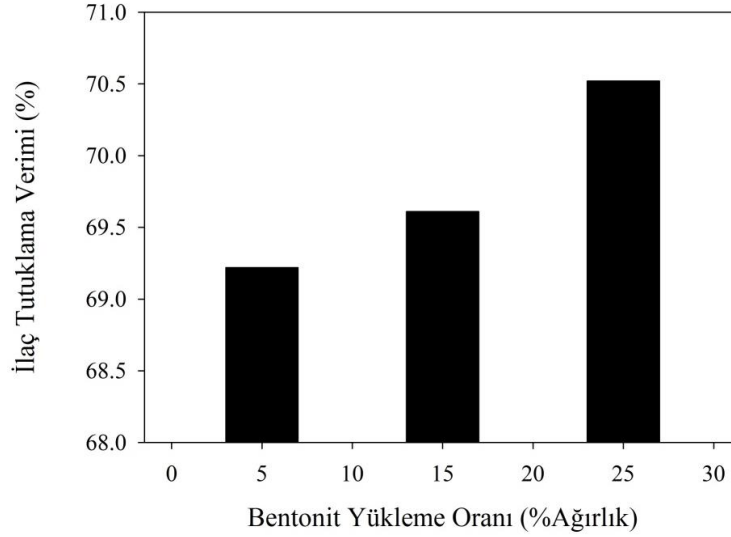
3.3. Bentonit yükleme oranının etkisi

3.3. Effect of bentonite loading ratio

3.3.1. 5-Fluorourasil yükleme ve enkapsülasyon verimi sonuçları

3.3.1. 5-Fluorouracil loading and encapsulation efficiency results

Şekil 4'te 5-Fluorourasil içeren farklı oranlarda bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit filmlerin ilaç utuklama (enkapsülasyon) verimleri görülmektedir.



Şekil 4. Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyonanokompozit filmlerde 5-Fluorourasil yükleme verimi

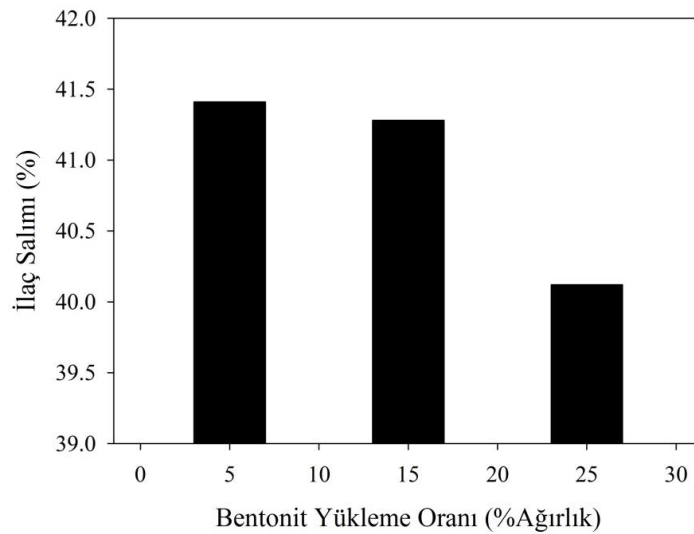
Figure 4. 5-Fluorouracil loading efficiency in bentonite loaded chitosan/hydroxypropylmethylcellulose bionanocomposite films

Bentonit içeriği ağırlıkça %5' den %25'e arttıkça ilaç tutuklama veriminin az da olsa arttığı gözlemlenmiştir. Enkapsülasyondaki bu küçük artış, 5-Fluorourasilin katyonik doğasının, (suda çözülürken $-NH$ grubu $-NH^+$ 'ya dönüşür) negatif yüklü bentonit ve kitosan-hidroksipropilmetilselüloz polimer matrisleri ile etkileşimini artırarak kapsülleme verimliliğini arttırması ile açıklanabilir (Reddy vd., 2016). Ancak ilaç yükleme oranlarındaki çok küçük farklara bakarak, filmlere yüklenen ilaç miktarının, film içerisindeki bentonit oranından bağımsız olduğu sonucuna varılabilir.

3.3.2. 5-Fluorourasil salımı

3.3.2. Release of 5-Fluorouracil

Kitosan/hidroksipropilmetilselüloz filmlerde bentonit oranının ilaç salımı üzerine etkisi incelemek için 5-Fluorourasil yüklü filmlerin ilaç salımları incelenmiştir. 5-Fluorourasil yüklü filmler pH=7.4'teki fosfat tampon çözeltisinde 4 gün boyunca karıştırılarak ilaç salım performansları 4 günün sonunda UV analizi ile belirlenmiştir. Şekil 5'te filmlerdeki bentonit içeriğine bağlı olarak ilaç salım yüzdeleri görülmektedir.



Şekil 5. Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyonanokompozit filmlerde 5-Fluorourasil ilaç salım performansı

Figure 5. 5-Fluorouracil drug release performance in bentonite loaded chitosan/hydroxypropylmethylcellulose bionanocomposite films

Bentonit içeriği arttıkça ilaç tutma veriminin artması, ilaç salımını da etkilemektedir. Çünkü 5-Fluorourasilin katyonik yapısı, negatif yüklü bentonit ve kitosan-hidroksipropilmetilselüloz polimer matrisleri ile etkileşimini artırarak yüksek tutma verimi sergileyerek, ilacı matris içerisinde güçlü bir şekilde tutmaktadır. Dolayısıyla ilaç salımı kil içeriğinin artmasıyla azalır. Daha yavaş bir şekilde desorbe olarak kontrollü bir salım yapmak mümkün olmaktadır. Bu da bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz filmlerin 5-Fluorourasilin kontrollü salımda kullanılabilceğini göstermektedir (Reddy vd., 2016).

3.4. pH'in etkisi

3.4. Effect of pH

Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz biyanokompozit filmlerde en iyi salım performansı gösteren %5 bentonit yüklü film kullanılarak farklı pH değerlerinde 5-Fluorourasil yükleme ve salım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışılan pH değerleri mide sıvısına benzer pH 1.2, duodenum sıvısına benzer pH 5.5 ve son olarak bağırsak sıvısına benzer pH 7,4 fosfat tamponu ortamlarında çalışılarak ilaç salım performansları incelenmiştir.

3.4.1. 5-Fluorourasil yükleme ve enkapsülasyon verimi sonuçları

3.4.1. 5-Fluorouracil loading and encapsulation efficiency results

%5 bentonit yüklü filmlere Bölüm 2.5'te belirtildiği gibi 5-Fluorourasil yükleme işlemi gerçekleştirilmiştir. 5 mg %5 bentonit yüklü üç filme ilaç yüklemesi sonucu ilaç tutuklama verimi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Filmlere sırasıyla numune-1, numune 2 ve numune 3 isimleri verilmiştir.

Tablo 1. Filmlerin enkapsülasyon verimi değerleri
Table 1. Encapsulation efficiency values of films

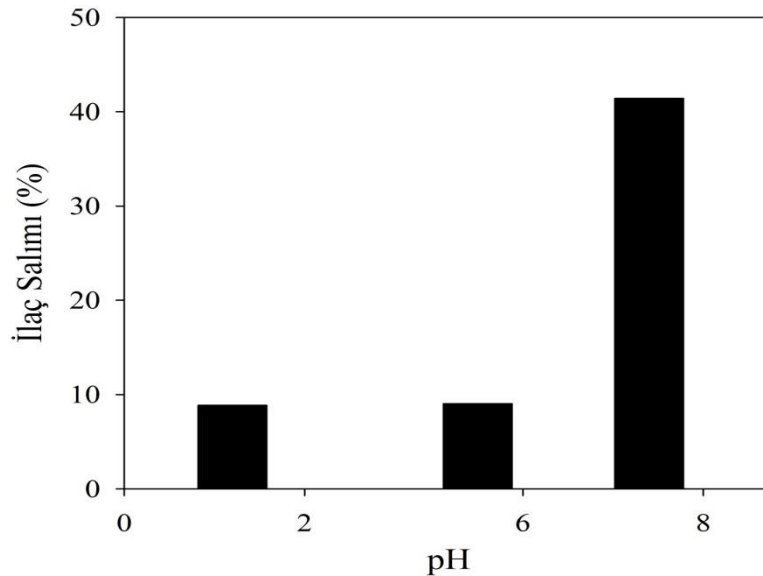
Film	Enkapsülasyon verimi (%)
Numune-1	69.61
Numune-2	70.10
Numune-3	70.64

Aynı konsantrasyondaki ilaç çözeltisi ile aynı miktarda bentonit içeren filmler temasa bırakıldığı için ilaç yükleme değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Bu deneysel koşulların aynı olması sebebi ile beklenen bir sonuçtur.

3.4.2. 5-Fluorourasil salımı

3.4.2. Release of 5-Fluorouracil

%5 bentonit katkılı kitosan/hidroksipropilmetilselüloz filmlerde pH'ın ilaç salımı üzerine etkisini incelemek için 5-Fluorourasil yüklenmiş filmlerin ilaç salımları incelenmiştir. 5-Fluorourasil yüklü filmler pH=1.2, pH=5.5 ve pH=7.4'teki fosfat tampon çözeltisinde 4 gün boyunca karıştırılarak ilaç salım performansları 4 günün sonunda UV analizi ile belirlenmiştir. Şekil 6'da pH'ın ilaç salımına etkisi verilmiştir.



Şekil 6. Farklı pH değerlerinde ilaç salım performansı

Figure 6. Drug release performance at different pH values

Elde edilen salım grafiklerine bakıldığında pH 1.2'de 5-fluorourasil salımın az olduğu, pH 5.5'te

salımın arttığı en yüksek salımın pH 7.4'de gerçekleştiği görülmüştür. Bunun nedeni bentonit

yüklü kitosan/hidroksipropil metil selüloz filmlerin düşük pH'larda daha az şişmesi olarak açıklanabilir. Yapıdaki bentonit ve hidroksipropil metil selüloz filmin şişmesine yüksek oranda katkı sağlar (Kulkarni vd., 2000). Ayrıca ilacın düşük pH'larda salım yüzdesinin, pH 7.4'e kıyasla önemli ölçüde azalması 5-Fu'nun asidik bir ilaç olması ile açıklanabilir. Alkali koşullar altında iyonizasyon çözünürlüğü arttırmaktadır. Ayrıca, bu durum asidik koşullar altında filmin yüzeyinde hidrasyon tabakası oluşturan kitosanın protonlanmış amino grupları ile de ilgili olabilir. Bu hidrasyon tabakasının koruyucu etkisi, ilacın filmlerden daha az salınmasına neden olduğu düşünülmektedir (Sun vd., 2017).

4. Tartışma ve sonuçlar

4. Discussion and conclusions

Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz filmler çözüldükten döküm tekniği ile hazırlanmıştır. Hazırlanan filmlerin karakterizasyon testleri sonucunda bentonitin kitosan/hidroksipropilmetilselüloz filmlere başarılı bir şekilde eklendiği sonucuna ulaşılmıştır. Bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz filmlerin ilaç yükleme verimliliği, artan kil içeriği ile artış göstermiştir. Yüksek kil içeriği, daha düşük ilaç salım hızı sergilemiştir. Ayrıca bağırsak sıvısına benzer pH 7.4 fosfat tamponu ortamlarında çalışıldığında en yüksek ilaç salım performansları elde edildiği görülmüştür. Asidik pH'larda zayıf ilaç salım özelliği sergilemiştir. Bu çalışma 5-Fluorourasil gibi biyolojik yarılanma ömrü oldukça kısa ve salımı çok hızlı olan ilaçlar için biyonompozit film geliştirmeyi amaçlamıştır. Sentezlenen bentonit yüklü kitosan/hidroksipropilmetilselüloz filmlerin 4 günün sonunda %41 oranında salım göstermesi, bu filmlerin kontrollü ilaç salımı için önemli bir alternatif olduğunu göstermiştir.

Teşekkür

Acknowledgement

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 1919B012003589 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Yazar katkısı

Author contribution

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

References

- Abukhadra, M.R., Mohamed, A. S., El-Sherbeeney, A. M., Nadeem, A., & Ahmad, S. F. (2020). Synthesis of exfoliate bentonite/cellulose nanocomposite as a delivery system for Oxaliplatin drug with enhanced loading and release properties; cytotoxicity and pharmacokinetic studies. *Chemical Physics Letters*, 755, 137818. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2020.137818>
- Amini-Fazl, M. S., Mohammadi, R., & Kheiri, K. (2019). 5-Fluorouracil loaded chitosan/polyacrylic acid/Fe₃O₄ magnetic nanocomposite hydrogel as a potential anticancer drug delivery system. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132, 506–513. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.005>
- Calvo, N. L., Svetaz, L. A., Alvarez, V. A., Quiroga, A. D., Lamas, M. C., & Leonardi, D. (2018). Chitosan-hydroxypropyl methylcellulose tioconazole films: A promising alternative dosage form for the treatment of vaginal candidiasis. *International Journal of Pharmaceutics*, 556, 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2018.12.011>
- Gu, C., Le, V., Lang, M., & Liu, J. (2014). Preparation of polysaccharide derivatives chitosan-graft-poly(ϵ -caprolactone) amphiphilic copolymer micelles for 5-fluorouracil drug delivery. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 116, 745–750. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2014.01.026>
- He, T., Wang, W., Chen, B., Wang, J., Liang, Q., & Chen, B. (2020). 5-Fluorouracil monodispersed chitosan microspheres: microfluidic chip fabrication with crosslinking, characterization, drug release and anticancer activity. *Carbohydrate Polymers*, 236, 116094. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116094>
- Justin, R., & Chen, B. (2014). Characterisation and drug release performance of biodegradable chitosan-graphene oxide nanocomposites. *Carbohydrate*

- Polymers*, 103, 70–80.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.12.012>
- Kulkarni, A.R., Soppimath, K.S., Aminabhavi, T., Dave, A.M., & Mehta, H.M. (2000). Glutaraldehyde crosslinked sodium alginate beads containing liquid pesticide for soil application. *Journal of Controlled Release*, 63, 97-105. [https://doi.org/10.1016/S0168-3659\(99\)00176-5](https://doi.org/10.1016/S0168-3659(99)00176-5)
- Lei, L., Liu, X., Guo, S., Tang, M., Cheng, L., & Tian, L. (2010). 5-Fluorouracil-loaded multilayered films for drug controlled releasing stent application: Drug release, microstructure, and ex vivo permeation behaviors. *Journal of Controlled Release*, 146(1), 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2010.05.017>
- McCarron, P. A., Woolfson, A. D., & Keating, S. M. (2000). Sustained Release of 5-Fluorouracil from Polymeric Nanoparticles. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 52(12), 1451–1459. <https://doi.org/10.1211/0022357001777658>
- Pingping, S., Yuying, W., Xueming, Z., Zhongya, Y., Meng, W., & Feng, Xu. (2018). Preparation of Covalently Crosslinked Sodium Alginate/Hydroxypropyl Methylcellulose pH-Sensitive Microspheres for Controlled Drug Release, *BioResources*, 13(4), 8614-8628.
- Reddy, A. B., Manjula, B., Jayaramudu, T., Sadiku, E. R., Anand Babu, P., & Periyar Selvam, S. (2016). 5-Fluorouracil Loaded Chitosan–PVA/Na+MMT Nanocomposite Films for Drug Release and Antimicrobial Activity. *Nano-Micro Letters*, 8(3), 260–269. <https://doi.org/10.1007/s40820-016-0086-4>
- Sakr, M. A., Mohamed, M.G.A., Wu, R., Shin, S.R., Kim, D., Kim, K., & Siddiqua, S. (2020). Development of bentonite-gelatin nanocomposite hybrid hydrogels for tissue engineering. *Applied Clay Science*, 199, 105860. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2020.105860>
- Shu, X.Z., & Zhu K.J. (2002). The influence of multivalent phosphate structure on the properties of ionically cross-linked chitosan films for controlled drug release. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 54(2), 0–243. [https://doi.org/10.1016/S0939-6411\(02\)00052-8](https://doi.org/10.1016/S0939-6411(02)00052-8)
- Siepmann, J., & Peppas, N.A. (2012). Modeling of drug release from delivery systems based on hydroxypropyl methylcellulose (HPMC). *Advanced Drug Delivery Reviews*, 64, 163–174. [https://doi.org/10.1016/S0169-409X\(01\)00112-0](https://doi.org/10.1016/S0169-409X(01)00112-0)
- Sun, L., Chen, Y. Zhou, Y. et al. (2017). Preparation of 5-fluorouracil-loaded chitosan nanoparticles and study the sustained release in vitro and in vivo. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 12(5), 418-423. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2017.04.002>
- Wang, C., Zhang, Z., Chen, B., Gu, L., Li, Y., & Yu, S. (2018). Design and evaluation of galactosylated chitosan/graphene oxide nanoparticles as a drug delivery system. *Journal of Colloid and Interface Science*, 516, 332–341. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2018.01.073>
- Zhang, H., Shi, Y., Xu, X., Zhang, M., & Ma, L. (2020). Structure Regulation of Bentonite-Alginate Nanocomposites for Controlled Release of Imidacloprid. *ACS Omega*. 5(17), 10068–10076. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c00610>

Yerel olmayan elastisite teorisi kullanılarak elastik ortam içerisindeki nano çubuğun aksel titreşiminin incelenmesi

Investigation of axial vibration of nanorod in elastic media using nonlocal elasticity theory

Güler GAYGUSUZOĞLU*^{1,a}

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 59860, Çorlu

• Geliş tarihi / Received: 22.10.2021

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 28.01.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 08.02.2022

Öz

Bu çalışmada, yerel olmayan elastisite teorisi kullanılarak elastik ortamda bir nano çubuğun aksel titreşimi ele alınmıştır. Probleme ait hareket denklemleri denge şartları vasıtasıyla elde edilmiş ve analitik olarak çözülmüştür. İki ucu ankastre ve bir ucu ankastre bir ucu serbest nano çubuğun serbest titreşim frekanslarını veren ifadeler yerel olmayan parametre ve elastik ortam parametrelerine bağlı olarak bulunmuştur. Ankastre-ankastre ve ankastre-serbest sınır koşulları için, titreşim frekansları ile elastik ortam parametresi ve yerel olmayan parametrenin ilişkileri incelenerek sonuçlar grafikler üzerinde gösterilmiştir. Sayısal sonuçlar için karbon nano çubuğa ait fiziksel ve malzeme özellikleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlarla serbest titreşim frekanslarının boyuta önemli ölçüde bağlı olduğu ve boyut etkisinin yüksek modlarda daha etkili olduğu görülmüştür. Yerel teori ile elde edilen frekans değerleri, yerel olmayan elastisite teorisi kullanılarak elde edilenlerden çok farklıdır.

Anahtar kelimeler: Aksel titreşim, Nano çubuk, Yerel olmayan elastisite teorisi

Abstract

In this study, axial vibration of a nano rod in an elastic media is discussed using the non-local elasticity theory. Equations of motion of the problem are obtained by means of equilibrium conditions and solved analytically. The expressions giving the free vibration frequencies of the fixed-fixed nanorod and fixed-free nanorod were found depending on the non-local parameter and the elastic medium parameters. For fixed-fixed and fixed-free boundary conditions, the relationships between vibration frequencies and elastic medium parameter and nonlocal parameter are examined and the results are shown on graphs. Physical and material properties of the carbon nanotube were used for numerical results. With the results, it was seen that free vibration frequencies are remarkably be subject to size and the size effect is more effective in high modes. The frequency values which obtained using the classical elasticity theory are very distinct than obtained using the non-local elasticity theory.

Keywords: Axial vibration, Nanorod, Nonlocal elasticity theory

*a Güler GAYGUSUZOĞLU; ggaygusuzoglu@nku.edu.tr, Tel:+90(282)2502315, orchid.org/0000-0002-2350-48

1. Giriş

1. Introduction

1991 (Iijima, 1991) yılında deneysel olarak ilk defa karbon nanotüp yapıların elde edilmesi nano teknoloji sürecini başlatmış ve bu alandaki deneysel ve kuramsal çalışmaları hızlandırmıştır. Karbon nano tüpler sahip olduğu yapısal ve mekanik özellikler açısından nano ölçekteki malzemelere en güzel örneklerden biridir ve belki de ilk nano teknolojiye has uygulamalar bu yapı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Karbon nano tüplerin (KNT) mekanik ve fiziksel özellikleri iki grup altında kategorize edilmektedir. Bunların birincisi atomik moleküler dinamik modellemelerdir. İkinci grup ise yerel olmayan elastisite teorisi (Eringen, 1972), mikropolar teori (Eringen, 1967), modifiye edilmiş gerilme çifti teorisi (Yang vd., 2002), şekil değiştirme teorisi (Aifantis, 1999) gibi birkaç boyuta bağlı sürekli ortamlar teorilerine dayanmaktadır. Eringen tarafından önerilen yerel olmayan elastisite teorisinde, ölçek etkisini hesaba katmak için, bir noktadaki gerilmenin sürekli ortamdaki tüm noktadaki deformasyonların bir fonksiyonu olduğu varsayılmaktadır. Literatürde, nano yapıların statik, burkulma, titreşim ve dalga yayılımı analizlerinde Eringen'in yerel olmayan elastisite teorisini kullanan çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

2003'te yapılan bir çalışmada Euler-Bernoulli kirişi üzerinde statik analiz yapılmış ve bunun için ilk kez yerel olmayan elastite teorisi kullanılmıştır (Peddison vd, 2003). 2007 yılında yapılan bir çalışmada yerel olmayan elastite teorisi vasıtasıyla, Timoshenko, Levinson, Euler-Bernoulli ve Reddy kiriş teorileri yeniden ele alınarak kirişlerin eğilme, burkulma ve titreşimleri incelenmiştir (Reddy, 2007). Yine aynı yıl, çift duvarlı karbon nanotüplerde titreşim ve burkulma analizi Timoshenko kiriş teorisi kullanılarak incelenmiş ve düzlem içi yüklerin doğal frekanslara etkisi belirlenmiştir (Ece & Aydoğdu, 2007). Tek duvarlı karbon nano tüplerde doğrusal olmayan serbest titreşim analizi de bir grup araştırmacı tarafından yapılmıştır (Yang vd, 2010). Literatürde nano çubukların ve kirişlerin titreşimi üzerine yapılmış ve yerel olmayan elastisite teorisinin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur (Arash & Ansari, 2010; Ansari & Samani, 2011; Arash & Wang, 2012; Aydoğdu, 2009a; Aydoğdu 2009b; Thai, 2012). Bunların yanında elastik ortama gömülü nano

ölçekli çubukların mekanik özelliklerine elastik ortamın etkisini gösteren çalışmalar da mevcuttur (Aydoğdu, 2012; Yaylı vd, 2015). Ayrıca elastik zemine gömülü nano çubuğun aksenal titreşim analizi yerel olmayan şekil değiştirme gradyanı teorisi kullanılarak (Şimşek, 2016) tarafından yapılmıştır.

Şimdiki çalışmada öncelikle karbon nano çubukların elastik ortamdaki aksenal titreşimini veren hareket denklemlerine ulaşılmaya çalışılmıştır. Probleme ait hareket denklemleri yerel olmayan elastisite teorisi kullanılarak elde edilmiş ve analitik olarak çözülmüştür. İki ucu ankastre ve bir ucu ankastre bir ucu serbest nano çubuğun serbest titreşim frekanslarını veren ifadeler yerel olmayan parametre ve elastik ortam parametrelerine bağlı olarak bulunmuştur. İki ucu ankastre ve bir ucu ankastre bir ucu serbest nano çubuğun serbest titreşim frekanslarını veren ifadeler yerel olmayan parametre ve elastik ortam parametrelerine bağlı olarak bulunmuştur. Bu çalışmada çubuk malzemesi tek duvarlı karbon nanotüp (TDKNT) olarak ele alınmıştır.

2. Teorik inceleme

2. Theoretical preliminaries

Mikro ve nano teknolojilerinin ve boyuta bağlı sürekli ortam teorilerinin gelişmesi, küçük boyutlu yapıların modellenmesinde ve analizinde kullanılmasına imkan sağlamıştır. Klasik (Yerel) elastisite teorisinin nano boyutlu elemanların analizinde kullanılamaması bilim adamlarını farklı teorilerin arayışına yönlendirmiştir. İlk olarak 1983 yılında Eringen yerel olmayan elastite teorisini bilim dünyasına sunmuştur. Yerel olmayan elastite teorisi kısaca şu şekilde açıklanabilir; klasik (yerel) elastite teorisinde bir x noktasındaki gerilme, o x noktasındaki şekil değiştirmenin bir fonksiyonu olarak alınmakta iken, yerel olmayan elastisite teorisinde bir noktadaki gerilme ortama ait tüm x noktalarındaki şekil değiştirmelerin bir fonksiyonu olarak alınmaktadır. Bu çalışmada elastik ortam içerisindeki nano çubuğun titreşim denklemi yerel olmayan elastisite teorisi kullanılarak elde edilmiştir.

3. Elastik ortamda nano çubuğun aksenal titreşim denkleminin elde edilmesi

3. Obtaining of axial vibration equation of nano rod in elastic medium

Cemal Erigen nano çubuğun yerel olmayan bir boyutlu bünye denklemini aşağıdaki şekilde vermiştir:

$$[1 - (e_0 a)^2 \nabla^2] \sigma_{xx} = E \cdot \varepsilon_{xx} \quad (1)$$

Burada $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2}$ bir boyutlu diferansiyel operatörüdür.

σ_{xx} , x doğrultusundaki normal gerilme bileşeni, ε_{xx} aksenal şekil değiştirme bileşeni, $e_0 a$ yerel olmayan parametre, E elastisite modülüdür.

$e_0 a = 0$ ise (1) denklemi klasik elastisite teorisindeki bünye denklemine (gerilme-şekil değiştirme bağıntısına) indirgenir. ($\sigma_{xx} = E \cdot \varepsilon_{xx}$)

L uzunluğunda homojen, izotropik bir çubuk için, (1) denklemi aşağıdaki formda yazılabilir;

$$\sigma_{xx} - (e_0 a)^2 \frac{\partial^2 \sigma_{xx}}{\partial x^2} = E \cdot \varepsilon_{xx} \quad (2)$$

Hamilton prensibi kullanılarak elastik ortam içindeki nano çubuğun bir boyutlu aksenal titreşimini veren hareket denklemi aşağıdaki gibi verilebilir;

$$\frac{\partial N}{\partial x} + f(x, t) - k_u \cdot u(x, t) = \rho A \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} \quad (3)$$

Burada $f(x, t)$, x eksen boyunca etki eden aksenal yük, k_u elastik ortamın katsayısı, ρ çubuğun kütle yoğunluğu, A çubuğun kesit alanı, $u(x, t)$ aksenal yer değiştirme fonksiyonu, t zaman, N ise aşağıdaki gibi ifade edilen aksenal normal kuvvettir;

$$N = \int_A \sigma_{xx} dA \quad (4)$$

ε_{xx} aksenal genleme bileşeni, aksenal yer değiştirme cinsinden

$$\varepsilon_{xx} = \frac{\partial u}{\partial x} \quad (5)$$

olarak yazılır.

(2), (4) ve (5) denklemleri bir arada kullanılırsa,

$$N - (e_0 a)^2 \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} = EA \frac{\partial u}{\partial x} \quad (6)$$

elde edilir. Aksenal normal kuvvet (3) denklemi (6) denkleminde yerine yazılarak aşağıdaki gibi elde edilir;

$$N = EA \frac{\partial u}{\partial x} + (ea)^2 \cdot \left[\rho A \frac{\partial^3 u}{\partial t^2 \partial x} - \frac{\partial f}{\partial x} + k_u \frac{\partial u}{\partial x} \right] \quad (7)$$

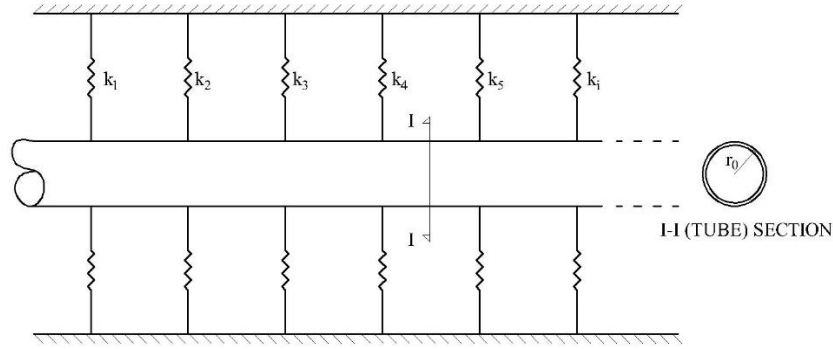
(3) ve (7) denklemleri bir arada kullanıldığında elastik ortam içerisindeki nano çubuğun yerel olmayan lineer titreşim denklemi

$$EA \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \rho A \frac{\partial^2}{\partial t^2} \cdot \left[(e_0 a)^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - u \right] + k_u \left[(e_0 a)^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - u \right] - (e_0 a)^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + f = 0 \quad (8)$$

elde edilir. (8) denklemi 4. mertebe kısmi türevli bir denklemdir. Çözümü için dört adet sınır koşuluna ihtiyaç vardır. Lineer titreşimin hareket denkleminin çözümü için titreşimin harmonik titreşim olduğu kabul edilir ve dış yük sıfır alınırsa ($f = 0$), değişkenlerine ayırma yöntemi kullanılarak $u(x,t)$ çözümü aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$u(x,t) = \sum_n^{\infty} T_n(t) \cdot X_n(x) \quad (9)$$

Burada $T_n(t)$ zamana bağlı bilinmeyen bir fonksiyondur. $X_n(x)$ ise L uzunluğunda çubuğun, frekans parametreleri ile mod şekillerine bağlı aşağıdaki gibi tanımlanan bir fonksiyondur. Bu çalışmada iki ayrı sınır koşulu için inceleme yapılarak ankastre-ankastre ve ankastre-serbest sınır koşulları için frekans değerleri elde edilmiştir. Şekil 1'de ele alınan nano çubuğun elastik ortam içerisindeki şematik görünümü yer almaktadır.



Şekil 1. Elastik ortam içerisindeki nano çubuğun şematik görünümü.
Figure 1. Schematic view of the nanorod in the elastic medium.

Ankastre-Ankastre sınır koşulu :

$$u(0,t) = 0 \quad , \quad u(L,t) = 0$$

$$X_n(x) = \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \quad n = 1,2,3, \dots \quad (10)$$

$T_n(t)$ fonksiyonunda $T_n(t) = A_n \cdot \sin \omega_n t$ olarak tanımlanabilir. Burada ω nano çubuğun doğal frekansıdır.

$$u(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \cdot \sin \omega_n t \quad (11)$$

olarak yazılabilir. Bu çözüm (8) denkleminde yerine yazıldığında

$$\left[-EA \cdot \left(\frac{\pi n}{L}\right)^2 + \rho A \cdot (e_0 a)^2 \cdot \omega_n^2 \cdot \left(\frac{\pi n}{L}\right)^2 + \rho A \cdot \omega_n^2 - k_u \cdot (e_0 a)^2 \cdot \left(\frac{\pi n}{L}\right)^2 - k_u\right] \cdot \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right) \cdot A_n \sin \omega_n t = 0 \quad (12)$$

elde edilir. (12) denkleminin sıfırdan farklı bir çözüme sahip olabilmesi için köşeli parantezin içinin sıfır olması gerekir. Buradan da ankastre-ankastre bağlı çubuğun titreşim frekansı aşağıdaki şekilde bulunur:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{EA \cdot \left(\frac{\pi n}{L}\right)^2}{\rho A \cdot [1 + (e_0 a)^2 \cdot \left(\frac{\pi n}{L}\right)^2]} + \frac{k_u}{\rho A}} \quad (13)$$

Burada $n = 1$ için ω_1 frekansı nano çubuğun titreşiminin temel frekansını vermektedir.

Ankastre-Serbest sınır koşulu:

$$u(0, t) = 0 \quad , \quad \frac{\partial^3 u(L, t)}{\partial x^3} = 0$$

$X_n(x) = \sin \frac{(2n-1)\pi}{2}$ olur. $T_n(t)$ fonksiyonu yukarıdaki gibi alınarak benzer işlemler yapıldığında ankastre-serbest sınır koşulları için nano çubuğun doğal frekansını veren bağıntı aşağıdaki şekilde elde edilir:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{EA \cdot \left(\frac{(2n-1)\pi}{2L}\right)^2}{\rho A \cdot [1 + (e_0 a)^2 \cdot \left(\frac{(2n-1)\pi}{2L}\right)^2]} + \frac{k_u}{\rho A}} \quad (14)$$

Sayısal sonuçlar için yerel olmayan parametrenin ve elastik ortam parametrelerinin serbest titreşim frekansları üzerindeki etkilerini incelemek gereklidir. Daha genel sonuçlar elde etmek için aşağıdaki boyutsuzlaştırmaları yapmak uygun olacaktır;

Boyutsuz yerel olmayan parametre $\mu = \frac{l_0 a}{L}$, boyutsuz elastik ortam parametresi $K_u = \frac{k_u \cdot L^2}{EA}$ ve boyutsuz frekans parametresi $\Omega_n = \omega \cdot L \cdot \sum \frac{\rho A}{EA}$ olarak tanımlandığında ankastre-ankastre ve ankastre-serbest sınır koşulları için frekanslar aşağıdaki gibi elde edilir:

Ankastre-Ankastre:

$$\Omega_n = \sqrt{\frac{n^2 \cdot \pi^2}{1 + n^2 \cdot \pi^2 \cdot \mu^2} + K_u} \quad (15)$$

Ankastre-Serbest:

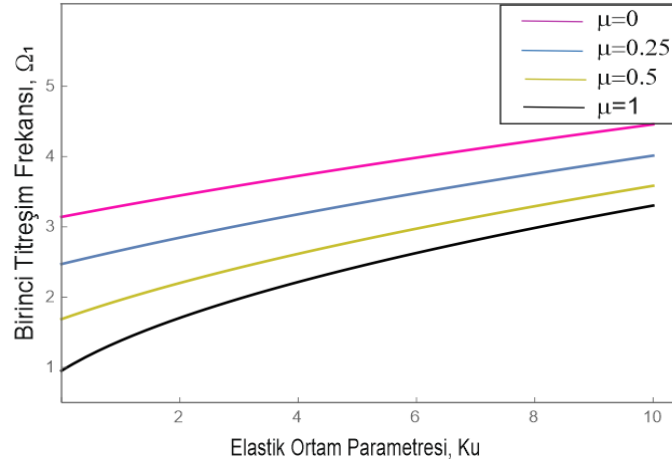
$$\Omega_n = \sqrt{\frac{\left(\frac{(2n-1)}{2}\right)^2 \cdot \pi^2}{1 + \left(\frac{(2n-1)}{2}\right)^2 \cdot \pi^2 \cdot \mu^2} + K_u} \quad (16)$$

4. Sayısal inceleme**4. Numerical analysis**

Bu bölümde ankastre-ankastre ve ankastre-serbest sınır koşulları için, titreşim frekansları ile elastik ortam parametresi ve yerel olmayan parametrenin etkileşimi incelenmiştir. Sayısal sonuçlar için karbon nano çubuğa ait fiziksel ve malzeme özellikleri kullanılmıştır. Bunun için bazı malzeme özellikleri şu şekilde alınmıştır; $E = 10^{12} \text{N/m}^2$; $A = \pi r_0^2 = 3.14 \times (0.5 \times 10^{-9})^2 = 7.85 \times 10^{-19} \text{m}^2$; $L = 5 \times 10^{-9} \text{m}$; $r_0 = 0.5 \times 10^{-9} \text{m}$; $\rho_0 = 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Bu değerler kullanılarak boyutsuz yerel olmayan parametre (0 ile 1.0 aralığında) ve boyutsuz elastik ortam parametresi (0 ile 10 aralığında) bulunmuş ve grafikler de bu değerlere göre elde edilmiştir.

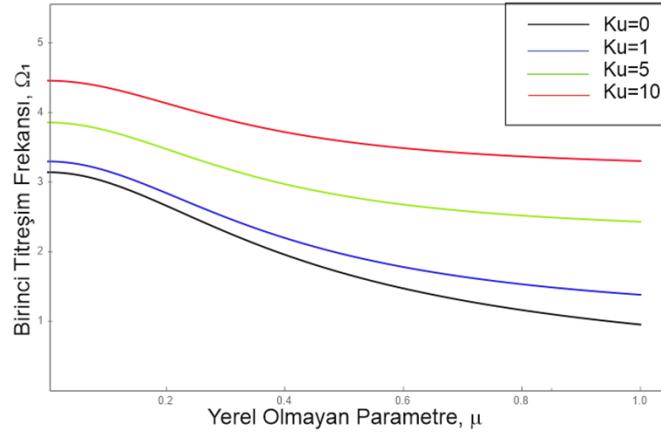
Ankastre-Ankastre Sınır Koşulu:

Şekil 2 ve Şekil 3' de birinci titreşim frekansının yerel olmayan katsayı ve elastik ortam parametresinin farklı değerleri ile değişimi görülmektedir. Bu grafiklere göre artan elastik ortam parametresi ile birinci titreşim frekansının da artmakta olduğu, ancak artan yerel olmayan katsayı değerleri ile azalmakta olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Yerel olmayan katsayının farklı değerleri için, birinci titreşim frekansının elastik ortam parametresi ile değişimi.

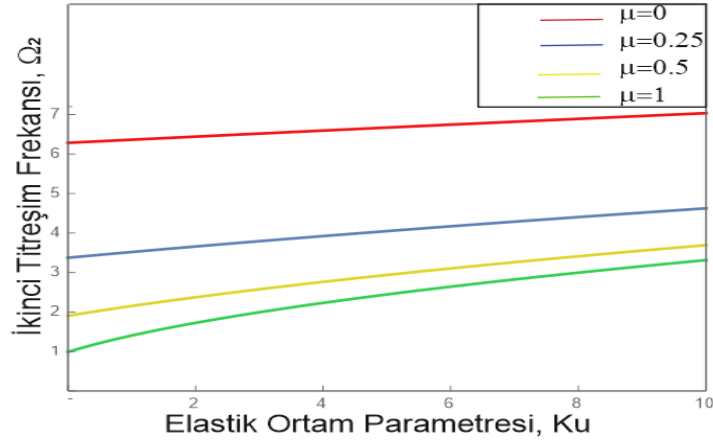
Figure 2. Variation of the first vibration frequency with the elastic medium parameter for different values of the nonlocal coefficient.



Şekil 3. Elastik ortam parametresinin farklı değerleri için, birinci titreşim frekansının yerel olmayan katsayı ile değişimi.

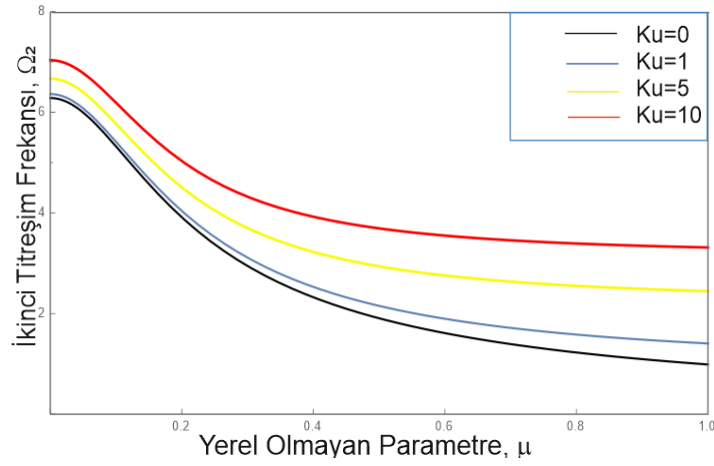
Figure 3. Variation of first vibration frequency with nonlocal coefficient for different values of elastic medium parameter.

Şekil 4 ve Şekil 5’de ikinci titreşim frekansının elastik ortam parametresi ve yerel olmayan katsayının farklı değerleri ile değişimi görölmektedir. Bu grafiklere göre artan elastik ortam parametresi ile ikinci titreşim frekansının artmakta olduğu, ancak artan yerel olmayan katsayı değerleri ile azalmakta olduğu görölmüştür.



Şekil 4. Yerel olmayan katsayının farklı değerleri için, ikinci titreşim frekansının elastik ortam parametresi ile değişimi.

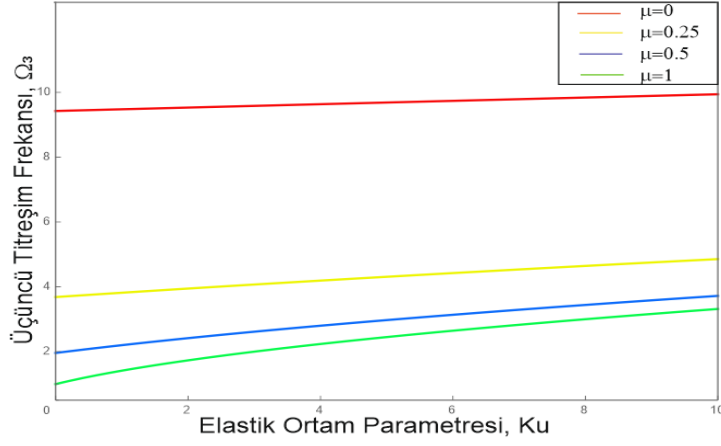
Figure 4. Variation of the second vibration frequency with the elastic medium parameter for different values of the nonlocal coefficient.



Şekil 5. Elastik ortam parametresinin farklı değerleri için, ikinci titreşim frekansının yerel olmayan katsayı ile değişimi.

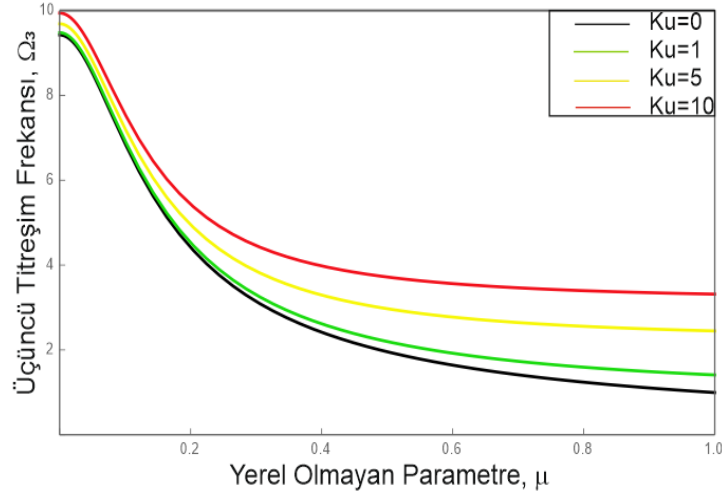
Figure 5. Variation of second vibration frequency with nonlocal coefficient for different values of elastic medium parameter.

Benzer şekilde üçüncü titreşim frekansının yerel olmayan katsayı ve elastik ortam katsayısı ile değişimine bakıldığında artan elastik ortam katsayısı değerleri ile üçüncü titreşim frekansının artmakta olduğu, ancak artan yerel olmayan katsayı değerleri ile azalmakta olduğu görülmüştür. Üçüncü titreşim frekanslarının yerel olmayan katsayının küçük değerlerinde hemen hemen aynı değeri aldıkları ve 0.3 değerine kadar hızla azalarak gittiği, daha sonrasında ise sabit şekilde devam ettikleri görülmektedir.



Şekil 6. Yerel olmayan katsayının farklı değerleri için, üçüncü titreşim frekansının elastik ortam parametresi ile değişimi.

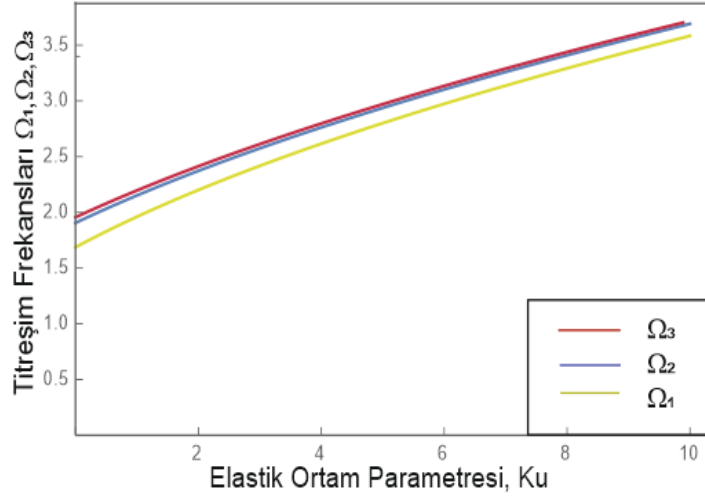
Figure 6. Variation of the third vibration frequency with the elastic medium parameter for different values of the nonlocal coefficient.



Şekil 7. Elastik ortam parametresinin farklı değerleri için, üçüncü titreşim frekansının yerel olmayan katsayı ile değişimi.

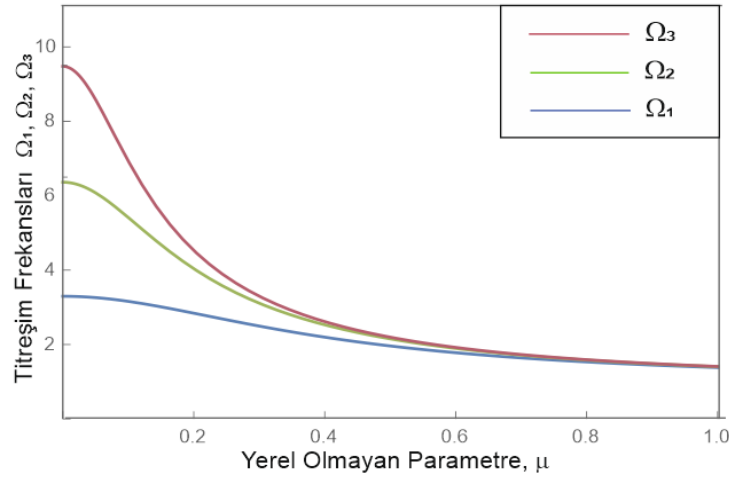
Figure 7. Variation of the third vibration frequency with the nonlocal coefficient for different values of the elastic medium parameter.

Şekil 8’de yerel olmayan katsayının 0.5 değeri için birinci, ikinci ve üçüncü titreşim frekanslarının elastik ortam parametresi ile değişiminin grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe göre artan elastik ortam parametresi değerleri ile titreşim frekanslarının artmakta olduğu görülmüştür.



Şekil 8. Birinci, ikinci ve üçüncü titreşim frekanslarının elastik ortam parametresi ile değişimi.

Figure 8. Variation of first, second and third vibration frequencies with elastic medium parameter.



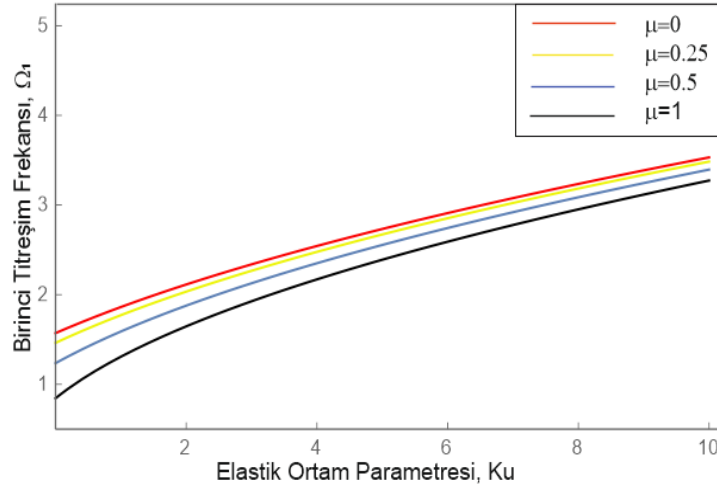
Şekil 9. Birinci, ikinci ve üçüncü titreşim frekanslarının yerel olmayan katsayı ile değişimi.

Figure 9. Variation of first, second and third vibration frequencies with nonlocal coefficient.

Şekil 9’de elastik ortam parametrenin 1 değeri için birinci, ikinci ve üçüncü titreşim frekanslarını yerel olmayan parametre ile değişimin grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe göre artan yerel olmayan parametre değerleri ile titreşim frekanslarının azalmakta olduğu görülmüştür.

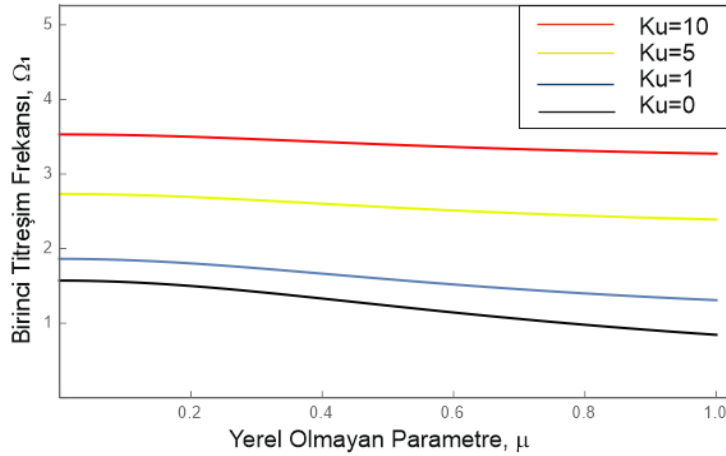
Ankastre-Serbest Sınır Koşulu:

Şekil 10 ve Şekil 11’de birinci titreşim frekansının elastik ortam parametresi ve yerel olmayan katsayının farklı değerleri ile değişiminin grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe göre artan elastik ortam parametresi değerleri ile birinci titreşim frekansının artmakta olduğu, ancak artan yerel olmayan katsayı değerleri ile azalmakta olduğu görülmüştür. Ankastre-ankastre sınır koşullarına göre frekans değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu gözlenmiştir.



Şekil 10. Yerel olmayan katsayının farklı değerleri için, birinci titreşim frekansının elastik ortam parametresi ile değişimi.

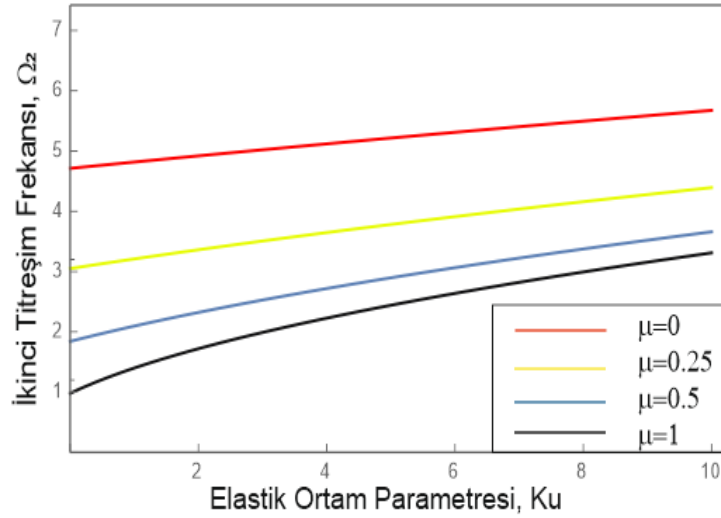
Figure 10. Variation of the first vibration frequency with the elastic medium parameter for different values of the nonlocal coefficient.



Şekil 11. Elastik ortam parametresinin farklı değerleri için, birinci titreşim frekansının yerel olmayan katsayı ile değişimi.

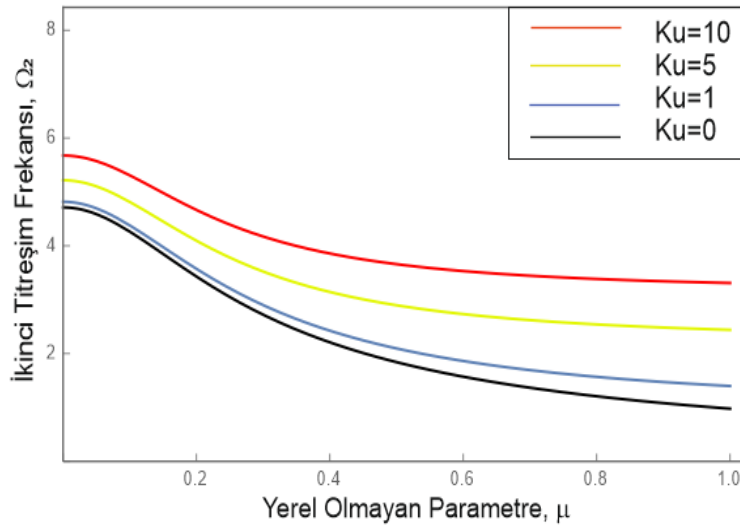
Figure 11. Variation of first vibration frequency with nonlocal coefficient for different values of elastic medium parameter.

Şekil 12 ve Şekil 13'de ikinci titreşim frekansının elastik ortam parametresi ve yerel olmayan katsayının farklı değerleri ile değişiminin grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe göre artan elastik ortam parametresi değerleri ile ikinci titreşim frekansının artmakta olduğu, ancak artan yerel olmayan katsayı değerleri ile azalmakta olduğu görülmüştür.



Şekil 12. Yerel olmayan katsayının farklı değerleri için, ikinci titreşim frekansının elastik ortam parametresi ile değişimi.

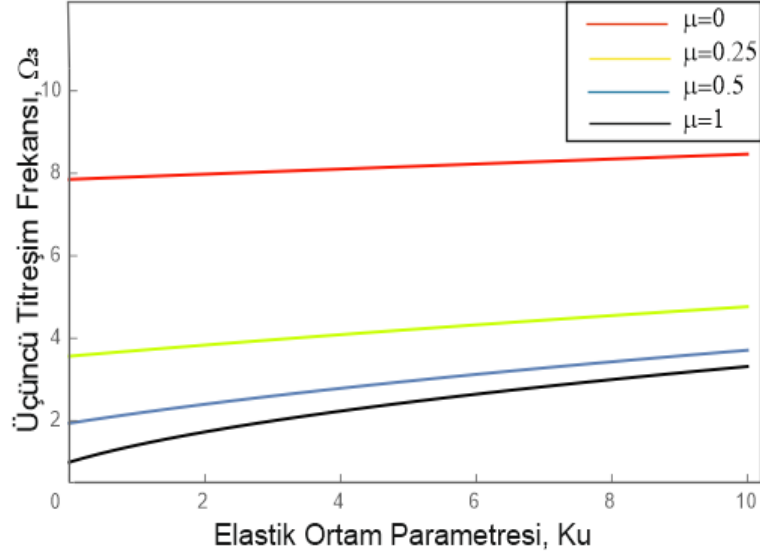
Figure 12. Variation of the second vibration frequency with the elastic medium parameter for different values of the nonlocal coefficient.



Şekil 13. Elastik ortam parametresinin farklı değerleri için, ikinci titreşim frekansının yerel olmayan katsayı ile değişimi.

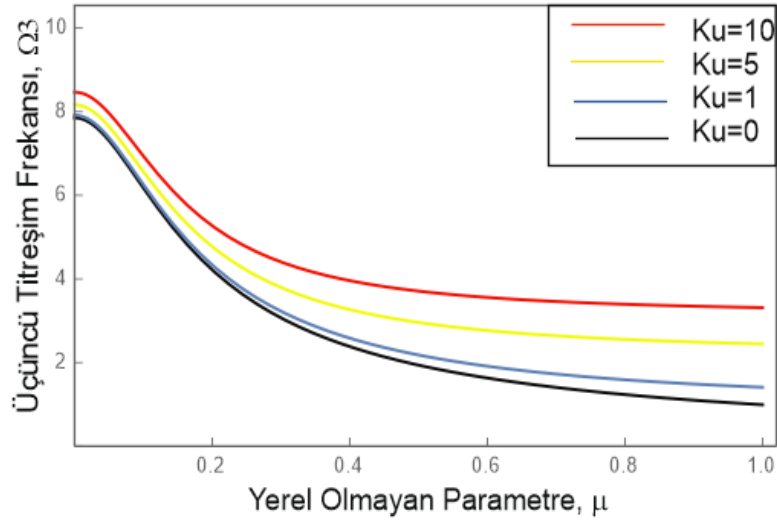
Figure 13. Variation of the second vibration frequency with the nonlocal coefficient for different values of the elastic medium parameter.

Şekil 14 ve Şekil 15’de üçüncü titreşim frekansının elastik ortam parametresi ve yerel olmayan katsayının farklı değerleri ile değişiminin grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe göre artan elastik ortam parametresi değerleri ile üçüncü titreşim frekansının artmakta olduğu, ancak artan yerel olmayan katsayı değerleri ile azalmakta olduğu görülmüştür. Ankastre-serbest sınır koşulları için üçüncü titreşim frekansının ankastre-ankastre sınır koşulları ile benzer bir eğilim gösterdiği görülmektedir.



Şekil 14. Yerel olmayan katsayının farklı değerleri için, üçüncü titreşim frekansının elastik ortam parametresi ile değişimi.

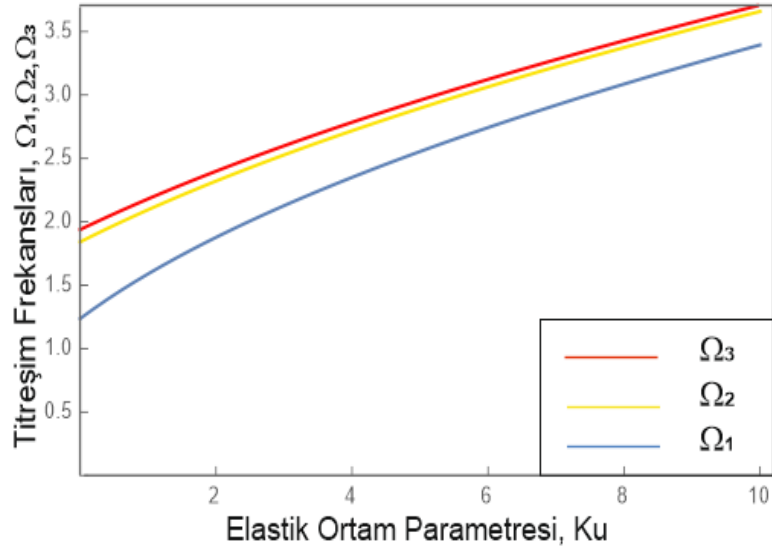
Figure 14. Variation of the third vibration frequency with the elastic medium parameter for different values of the nonlocal coefficient.



Şekil 15. Elastik ortam parametresinin farklı değerleri için, üçüncü titreşim frekansının yerel olmayan katsayı ile değişimi.

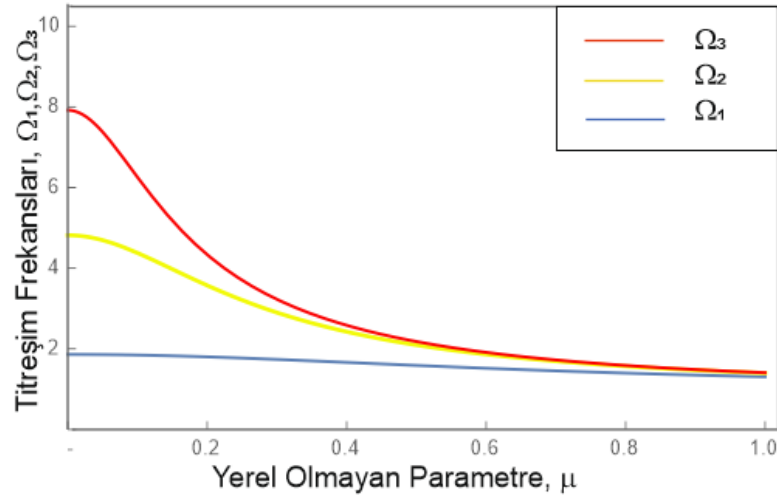
Figure 15. Variation of the third vibration frequency with the nonlocal coefficient for different values of the elastic medium parameter.

Şekil 16'de yerel olmayan katsayının 0.5 değeri için birinci, ikinci ve üçüncü titreşim frekanslarının elastik ortam parametresi ile değişiminin grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe göre artan elastik ortam parametresi değerleri ile titreşim frekansların artmakta olduğu görülmüştür.



Şekil 16. Birinci, ikinci ve üçüncü titreşim frekanslarının elastik ortam parametresi ile değişimi.

Figure 16. Variation of first, second and third vibration frequencies with elastic medium parameter.



Şekil 17. Birinci, ikinci ve üçüncü titreşim frekanslarının yerel olmayan katsayı ile değişimi.

Figure 17. Variation of first, second and third vibrational frequencies with nonlocal coefficient.

Şekil 17’de elastik ortam parametrenin 1 değeri için birinci, ikinci ve üçüncü titreşim frekanslarını yerel olmayan katsayı ile değişiminin grafiği çizilmiştir. Bu grafiğe göre artan yerel olmayan parametre değerleri ile titreşim frekanslarının azalmakta olduğu görülmüştür.

5. Genel sonuçlar

5. General results

Bu çalışmada, yerel olmayan elastisite teorisi kullanılarak elastik ortamda bir nano çubuğun aksenal titreşimi ele alınmıştır. Probleme ait hareket denklemleri denge şartları vasıtasıyla elde

edilmiş ve analitik olarak çözülmüştür. İki ucu ankastre ve bir ucu ankastre bir ucu serbest nano çubuğun serbest titreşim frekanslarını veren ifadeler yerel olmayan parametre ve elastik ortam parametrelerine bağlı olarak bulunmuştur. Ankastre-ankastre ve ankastre-serbest sınır koşulları için, titreşim frekansları ile elastik ortam

parametresi ve yerel olmayan parametrenin ilişkileri incelenerek sonuçlar grafikler üzerinde gösterilmiştir. Sayısal sonuçlar için karbon nano çubuğa ait fiziksel ve malzeme özellikleri kullanılmıştır.

Yukarıda analiz edilen sonuçlardan elde edilen en önemli gözlemler aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Yerel olmayan katsayının artmasıyla titreşim frekans değerleri azalmaktadır.
- Elastik ortam parametresi, serbest titreşim frekanslarında önemli rol oynamaktadır.
- Elastik ortam parametresinin artmasıyla titreşim frekans değerleri artmaktadır.
- Ankastre-ankastre sınır koşullarında yerel olmayan parametre ve elastik ortam parametresinin değişimiyle gözlemlediğimiz serbest titreşim frekansı değerlerinin, ankastre-serbest sınır koşulundaki değerlerden daha fazla olduğu gözlenmiştir.
- Elde edilen sonuçlarla serbest titreşim frekanslarının boyut etkisine son derece bağlı olduğu ve boyut etkisinin yüksek modlarda çok daha fazla önem kazandığı görülmüştür.
- Yerel teori ile elde edilen frekans değerleri, yerel olmayan elastisite teorisi kullanılarak elde edilenlerden çok farklıdır.
- Bu nedenle, yerel elastisite teorisi nano yapıların matematiksel davranışını analiz etmek için uygun değildir.

Yazar katkısı

Author contribution

Güler Gaygusuzoğlu; Metodoloji, Araştırma, Yazma-İnceleme ve Düzenleme.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu çalışmada, Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederim.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Bu çalışmada çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

Kaynaklar

References

- Aifantis, E.C. (1999). Strain gradient interpretation of size effects, *International Journal of Fracture*, 95, 1-4. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4659-3_16.
- Arash, B., & Ansari, R. (2010). Evolution of nonlocal parameter in the vibrations of single-walled carbon nanotubes with initial strain. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 42, 2058-2064. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2010.03.028>
- Ansari, R., & Sahmani, S. (2011). Bending behavior and buckling of nano beams including surface stress effects corresponding to different beam theories. *International Journal of Engineering Science*, 49, 1244-1255. <https://doi.org/10.1016/j.ijengsci.2011.01.007>
- Ansari, R., & Wang, Q. (2012). A review on the application of nonlocal elastic models in modelling of carbon nanotubes and graphenes. *Computational Materials Science*, 51, 303-313. <https://doi.org/10.1016/j.commat.2011.07.040>
- Aydogdu, M. (2009a). Axial vibration of the nanorods with the nonlocal continuum rod model. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 41(5), 861-864. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2009.01.007>
- Aydogdu, M. (2009b). A general nonlocal beam theory: Its application to nanobeam bending, buckling and vibration. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 41(9), 1651-1655. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2009.05.014>
- Aydogdu, M. (2012). Axial vibration analysis of nanorods (carbon nanotubes) embedded in an elastic medium using nonlocal elasticity, *Mechanical Research and Communication*, 43, 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.mechrescom.2012.02.001>
- Ece, M.C., & Aydogdu, M. (2007). Nonlocal elasticity effect on vibration of in-plane loaded double-walled carbon nano-tubes. *Acta Mechanica*, 190, 185-195. <https://doi.org/10.1007/s00707-006-0417-5>
- Eringen, A.C. (1967). Theory of micropolar plates. *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik* 18, 12-30.

- Eringen, A.C. (1972). Nonlocal polar elastic continua. *International Journal of Engineering Science*, 10, 1-16. [https://doi.org/10.1016/0020-7225\(72\)90070-5](https://doi.org/10.1016/0020-7225(72)90070-5)
- Eringen, A.C. (1983). Interaction of dislocation with a crack. *Journal of Applied Physics*, 54, 6811-6817. <https://doi.org/10.1063/1.332001>
- Iijima, S. (1991). Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, 354, 56-58.
- Peddiesson, J., Buchanan, G.R., & McNitt, R.P. (2003). Application of nonlocal continuum models to nanotechnology, *International Journal of Engineering Science*, 41(3-5), 305-312. [https://doi.org/10.1016/S0020-7225\(02\)00210-0](https://doi.org/10.1016/S0020-7225(02)00210-0)
- Reddy, J.N.N. (2007). Nonlocal theories for bending, buckling and vibration of beams, *International Journal of Engineering Science*, 45(2-8), 288-307. <https://doi.org/10.1016/j.ijengsci.2007.04.004>
- Şimşek, M. (2016). Axial vibration analysis of a nanorod embedded in elastic medium using nonlocal strain gradient theory, *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 31(1), 213-221. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.317803>
- Peddiesson, J., Buchanan, G.R., & McNitt, R.P. (2003). Application of nonlocal continuum models to nanotechnology, *International Journal of Engineering Science*, 41(3-5), 305-312. [https://doi.org/10.1016/S0020-7225\(02\)00210-0](https://doi.org/10.1016/S0020-7225(02)00210-0)
- Thai, H.T. (2012) A nonlocal beam theory for bending, buckling and vibration of nanobeams. *International Journal of Engineering Science*, 12, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.ijengsci.2011.11.011>
- Yang, F., Chong, A.C.M., Lam, D.C.C., & Tong, P. (2002). Couple stress based strain gradient theory for elasticity, *International Journal of Solids and Structures* 39, 2731-2743. [https://doi.org/10.1016/S0020-7683\(02\)00152-X](https://doi.org/10.1016/S0020-7683(02)00152-X)
- Yang, J., Ke, L.L., & Kitipornchai, S. (2010). Nonlinear free vibration of single-walled carbon nanotubes using nonlocal Timoshenko beam theory. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 42:1727-1735. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2010.01.035>
- Yaylı, M.O., Yanık, F., & Kandemir, S.Y. (2015), Longitudinal vibration of nanorods embedded in an elastic medium with elastic restraints at both ends. *Micro and Nano Letters*, 10, 641-644. <https://doi.org/10.1049/mnl.2014.0680>

Aydınlatma alternatiflerinin insan odaklı aydınlatma açısından değerlendirilmesi: Büro örneği

Final printing layout template used in Gümüşhane University Journal of Science (GUJS)

Elif ERKOÇ KAPLAN^{*1,a}, Leyla DOKUZER ÖZTÜRK^{2,b}

¹*İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, 34510, İstanbul*

²*Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34349, İstanbul*

• Geliş tarihi / Received: 23.09.2021

• Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 15.02.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 10.03.2022

Öz

Işığın görsel etkilerinin yanı sıra görsel olmayan biyolojik ve davranışsal etkileri de vardır. Günümüzde ışığın görsel ve görsel olmayan etkilerini dikkate alan insan odaklı aydınlatma önem kazanmıştır. Ancak henüz bu bağlamda işleve göre sağlanması uygun aydınlık düzeyi ve ışığın renk sıcaklığı hakkında bir görüş birliği yoktur. Bu çalışmada bürolar için benimsenebilecek aydınlatma koşullarını araştırmak üzere bir deney hacminde dört statik ve bir dinamik aydınlatma senaryosu kurgulanmıştır. Aydınlık düzeyi ve renk sıcaklıkları farklı bu senaryolar anket çalışması ve aydınlatma hesaplarıyla karşılaştırılmıştır. Araştırma, uzun ve kısa süreli çalışma olmak üzere iki ayrı koşul için planlanmıştır. Her aydınlatma senaryosu uzun süreli çalışmada iki hafta, kısa süreli çalışmada ise yirmi dakika uygulanmıştır. Anket soruları ile katılımcıların duyu durumlarının yanı sıra aydınlatma koşulları da çeşitli açılardan sorgulanmıştır. Her iki çalışma için de anket verilerinin istatistiksel değerlendirmesi yapılmış ve sonuçlar birbirini desteklemiştir. Soğuk ışık rengi ve yüksek aydınlık düzeyi deneklerin kendilerini daha enerjik, uyanık ve dinlenmiş hissetmelerini sağlamıştır. Öte yandan, her iki çalışmada da en çok ılık renkli ışık tercih edilmiştir. Aydınlık düzeyi alternatiflerinden 500 lx düşük, 1500 lx ise yüksek olarak nitelendirilmiştir. En çok yeğlenen aydınlatma senaryosu ılık renkli ışık ile 1250 lx aydınlığın sağlandığı seçenektir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile bütüncü aydınlatma için optimum koşulların belirlenmesine yönelik veriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Aydınlık düzeyi, Büro, Dinamik aydınlatma, Işığın renk sıcaklığı, Statik aydınlatma

Abstract

In addition to its visual effects, light also has non-visual biological and behavioural effects. Nowadays, human centric lighting that takes into account the visual and non-visual effects of light has gained in importance. However, in this context there is no consensus on the appropriate illuminance and colour temperature of light according to the function. In this study, four static and one dynamic lighting scenarios were designed in a mock-up room in order to investigate the lighting conditions applicable to offices. These scenarios with different illuminances and colour temperatures were compared through surveys and lighting calculations. The research was planned for two separate conditions; long-term and short-term study. Each lighting scenario was applied for two weeks in the long-term study and twenty minutes in the short-term study. In addition to the emotional states of the participants, the lighting conditions were also questioned from various aspects with the questionnaire. Statistical evaluation of the survey data was conducted for both studies and the results supported each other. Cool light colour and high illuminance ensured that the subjects felt more energetic, alert and rested. On the other hand, neutral coloured light was preferred the most in both studies. Among the illuminance alternatives, 500 lx was assessed as low and 1500 lx as high. The most preferred lighting scenario was the option where 1250 lx illumination is provided with neutral coloured light. With the results obtained in this research, data for determining the optimum conditions for integrative lighting are presented.

Keywords: Illuminance, Office, Dynamic lighting, Colour temperature, Static lighting

^{*a} Elif ERKOÇ KAPLAN; elifkaplan@esenyurt.edu.tr, Tel: (0212) 4449123/1219, orcid.org/0000-0002-0239-2867

^b orcid.org/0000-0002-4484-7727

1. Giriş

1. Introduction

Günümüzdeki çalışma biçimlerinin yaşamın daha çok kapalı mekanlarda geçmesini gerektirmesi nedeniyle insanlar günışığının biyolojik etkilerinden yeterince yararlanamamaktadır. Bu koşulların özellikle kış aylarında bazı insanlar üzerinde yorgunluk, isteksizlik, verimin düşmesi gibi bazı olumsuz etkileri olabilmektedir. Işığın görsel etkilerinin yanı sıra hormonal, sirkadiyen ve davranışsal sistemler üzerinde etkileri de olduğu bilinmektedir. Işığın görsel olmayan söz konusu davranışsal ve biyolojik etkileri son yirmi beş yıldaki araştırmalarla varlığı kanıtlanan gözdeki üçüncü bir alıcıya dayandırılmaktadır. Gözün retinasındaki bu alıcı, özünde ışığa duyarlı retinal ganglion (ipRGCs) hücreleridir (Berson vd., 2002; Hattar vd., 2002). Ganglion hücreleri ışığın görsel etkilerinden sorumlu olan retinadaki öteki alıcılar; koni ve sopacıklar ile birlikte ışığın fizyolojik etkilerinde rol oynamaktadır (Lucas, 2014; CEN, 2017). Işığın görsel ve görsel olmayan etkileri dikkate alınarak yapılan aydınlatma tasarımına yaygın olarak 'insan odaklı aydınlatma' denilmektedir. Bu bağlamda kullanılması önerilen bir başka terim 'bütünleyici aydınlatma'dır (CIE, 2011). İnsan odaklı aydınlatmada hem aydınlatma standartlarında işleve göre belirtilen verilerin göz önüne alınması hem de kişinin kendini gün boyunca iyi hissetmesi, verimli olması ve gece iyi uyuması amaçlanmaktadır.

Işığın görsel olmayan etkileri temelde ışığa gün içinde maruz kalınan zaman ve süresi, aydınlık düzeyi, ışık tayfı, ışık geçmişi, sirkadiyen faz gibi faktörlere bağlıdır (CEN, 2017). Aydınlatma ile ilgili standartlarda ve rehber kitaplarda ışığın biyolojik etkilerinin hesaplanması ile ilgili tanım ve bilgiler bulunmaktadır. Işığın görsel olmayan etkilerini niceliksel olarak hesaplamaya yönelik bir yaklaşım CEN/TR 16791 Avrupa Standardında yer almaktadır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) da aynı yaklaşımı benimsemiş ve konuya bakış açısını yansıtan CIE S 026 numaralı standardı referans vermiştir (CIE, 2019). Ancak söz konusu standartlar insan odaklı aydınlatma açısından işleve göre sağlanması gerekli aydınlık düzeyi ve ışığın renk sıcaklığı konusunda öneriler içermemektedir.

Aydınlatma koşullarının büro çalışanları üzerindeki biyolojik etkilerini araştırmak üzere yapılan çalışmalar üç grup altında toplanabilir. Bunlar, renk sıcaklığını sabit tutarak aydınlık düzeyi alternatiflerinin karşılaştırıldığı (Schlangen vd., 2015; Smolders vd., 2012), aydınlık düzeyini

benzer tutarak renk sıcaklığı seçeneklerinin değerlendirildiği (Viola vd., 2008; Mills vd., 2007), hem renk sıcaklığı hem aydınlık düzeyi bakımından farklı koşulların dikkate alındığı (Tonello vd., 2019) çalışmalardır. Bu çalışmaların ortak sonucu, yüksek aydınlık düzeyi ve soğuk ışık renginin iş performansını artırdığı, daha canlı ve uyanık hissetmede etkili olduğudur. Statik ve dinamik aydınlatma koşullarının çalışanların ruh hali ve performansı üzerindeki olası etkilerini araştıran çalışmalar da yapılmıştır. Bu açıdan dinamik aydınlatmanın statik aydınlatmaya yeğlendiğini gösteren araştırma sonuçları olduğu gibi (Patania vd., 2012; Canazei vd., 2014), istatistik açıdan anlamlı fark bulunmadığını rapor eden çalışmalar da vardır (de Kort & Smolders, 2010).

Işığın görsel olmayan etkilerinin araştırıldığı koşullar ışığın görsel etkileri bakımından da değerlendirilmelidir. Bir başka deyişle test edilmek üzere tasarlanan aydınlatma senaryoları büro çalışanlarının görsel konforu, yani kendilerini görsel açıdan iyi hissedip hissetmedikleri ve beğenileri yönünden de sorgulanmalıdır. Bu çalışmanın amacı, 'işlevi büro olan bir deney hacminde aydınlık düzeyi ve ışığın renk sıcaklığı bakımından birbirinden farklı aydınlatma senaryoları oluşturmak, bu senaryoları istatistiksel analiz ve hesaplama yöntemiyle değerlendirmektir'. Bu makale, aydınlatma senaryolarının istatistiksel değerlendirmesini kapsamaktadır.

2. Yöntem

2. Method

Araştırmanın yöntemi, bir deney hacminde büro aydınlatmasına yönelik gereksinimlerin dikkate alındığı farklı aydınlatma senaryoları oluşturmak ve aydınlık düzeyi ile ışık rengi bakımından farklılaşan bu senaryoları ışığın görsel ve görsel olmayan etkileri bakımından karşılaştırmaktır. Deneysel çalışma, deney hacminde çeşitli ölçmelerin gerçekleştirilmesi, ölçme sonuçlarını veri alan hesaplamaların yapılması ve katılımcı izlenimlerinin anketler aracılığı ile değerlendirmesini kapsamaktadır. Aydınlığın niceliğini ve/veya aydınlığı oluşturan ışığın renk sıcaklığını görsel olmayan etkiler yönünden karşılaştıran çoğu araştırmada ışığın görsel etkileri bakımından işleve göre sağlanması gereken minimum değerler dikkate alınmamıştır (Smolders vd. 2012; Maierova vd. 2016; Mills vd. 2007). Bu çalışmada EN 12464-1 Avrupa Standardında bürolar için önerilen tüm değerler her senaryoda sağlanmıştır (CEN 2019). Yöntemin adımları

aşağıdaki gibi olup, ölçme ve hesaplama sonuçları bu makalenin kapsamı dışında tutulmuştur:

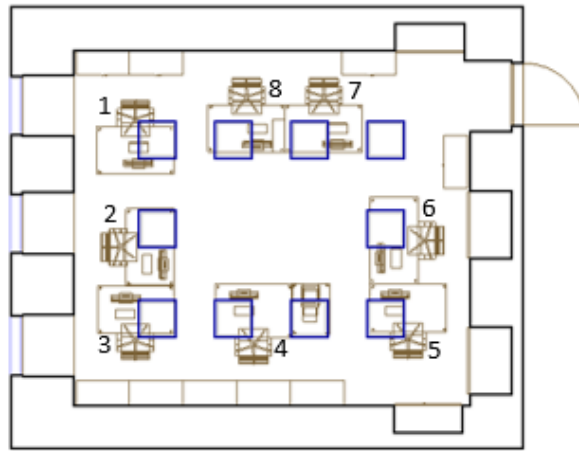
- o Deney hacminin oluşturulması ve modellenmesi
- o Aydınlatma senaryolarının oluşturulması
- o Aydınlatma senaryolarının öznel olarak değerlendirmesi
- o Ölçme ve hesaplamaların yapılması

2.1. Deney hacmi

2.1.1. Mock-up room


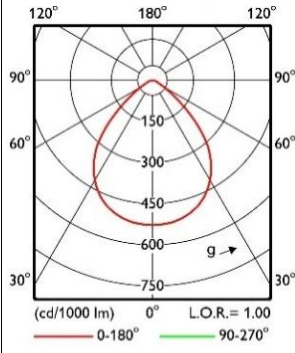
Yıldız Teknik Üniversitesi'nde yer alan deney hacmi öğretim elemanlarının çalışma odasıdır. Hacmin genişliği 5.55 m, derinliği 6.23 m, yüksekliği ise 2.60 m'dir (Şekil 1). Mevcut

aydınlatma düzeni bu çalışma kapsamında yenilenen büro hacminde ışık akısı ve ışığın renk sıcaklığı DALI (Digital Addressable Lighting Interface) otomasyon sistemi ile değiştirilebilen on adet LED'li aydınlatma aygıtı kullanılmıştır. Asma tavana gömülü olan aydınlatma aygıtlarının özellikleri Tablo 1'de, aygıt yerleşim planı Şekil 1'de mavi renk ile gösterilmiştir. Deney hacminin tavan, duvar ve döşemesinin ışık yansıtma çarpanları sırasıyla 0.83, 0.90 ve 0.24'tür. Hacimdeki dolapların ışık yansıtma çarpanları kayın dolaplar için 0.37, mavi dolaplar için 0.18'dir. Masaların renkleri kayın dolaplara benzerdir.



Şekil 1. Deney hacminin DIALux programındaki modeli
Figure 1. Model of the mock-up room in the DIALux program

Tablo 1. Aydınlatma aygıtının özellikleri
Table 1. Features of the luminaire

<p>Philips RC464B, Lamba: LED80S Güç: 29 W-73 W, Boyut: 60 cm×60 cm Benzer renk sıcaklığı: 2700 K-6400 K Renksel geriverim indisi: ≥ 80 Işık akısı: 2900 lm-8000 lm</p> 	
---	--

2.2. Aydınlatma senaryoları

2.2.1. Lighting scenarios

Işığın görsel etkileri bağlamında EN 12464-1 Avrupa standardı bürolardaki çalışma alanında en az ortalama aydınlık düzeyi olarak 500 lx önermektedir (CEN, 2019). Söz konusu minimum

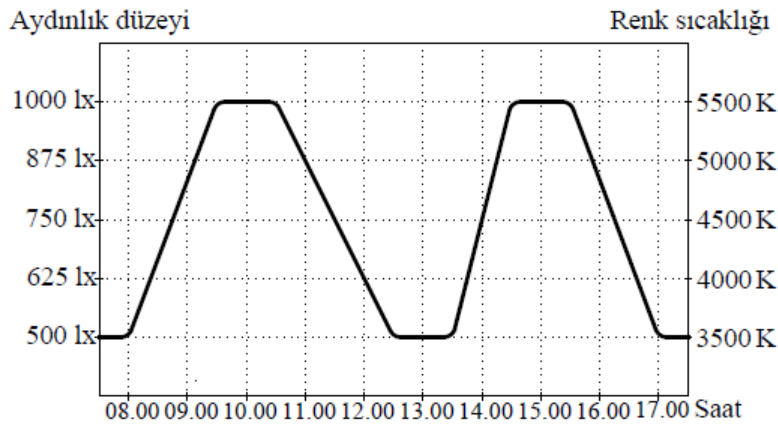
ortalama aydınlık düzeyine ek olarak gereksinimlere göre sağlanmak üzere ayrıca 1000 lx önerisi de bulunmaktadır. Teknik çizim yapılan bürolara yönelik önerilen iki farklı aydınlık düzeyi basamağı ise 750 lx ve 1500 lx'tür. Işığın görsel olmayan etkilerini incelemek üzere kurgulanan aydınlatma senaryolarındaki aydınlık düzeyi basamakları standartta önerilen minimum değer

göz önünde bulundurulup 500 lx, 1000 lx ve 1500 lx olarak saptanmıştır. Işığın renk sıcaklığına ilişkin bürolarda kullanılabilen 4000 K ve 5500 K olmak üzere iki farklı değer seçilmiştir. Böylece, '500 lx, 4000 K', '1000 lx, 5500 K' ve '1500 lx, 5500 K' senaryoları oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında biyolojik etki potansiyeli birbirine yakın, fakat aydınlık düzeyi ve renk sıcaklıkları birbirinden farklı olan aydınlatma senaryoları da karşılaştırılmak istenmiştir. '1000 lx, 5500 K' senaryosuna yakın biyolojik etkiler yaratacak koşulları saptamak üzere göz hizasında ölçülen tayfsal erkesel aydınlık değerleri aracılığı ile melanopik eşdeğer günışığı aydınlık düzeyi hesaplanmıştır (MEDI). Söz konusu senaryoya

yakın MEDI değeri '1250 lx, 4000 K' koşullarında elde edilmiştir. Aydınlık düzeyi ve ışık renginin sabit olduğu dört statik senaryoya ek olarak aydınlık düzeyi ve ışık renginin gün boyunca değiştiği bir dinamik aydınlatma senaryosu da ele alınmıştır. En düşük ve en yüksek değerleri sırasıyla '500 lx, 3500 K' ve '1000 lx, 5500 K' olarak belirlenen dinamik senaryonun gün boyunca değişimi Şekil 2'de gösterildiği gibidir. Dinamik aydınlatmadaki aydınlık düzeyi ve renk sıcaklığının gün boyunca değişimini en iyi yansıtan beş farklı değer seçilmiş ve bu değerler otomasyon sisteminde ayrıca ayarlanmıştır. Ele alınan dört statik ve bir dinamik senaryonun özellikleri aşağıdaki gibidir:

1. Aydınlatma senaryosu 1 (AS1_s, statik): 500 lx, 4000 K
2. Aydınlatma senaryosu 2 (AS2_s, statik): 1000 lx, 5500 K
3. Aydınlatma senaryosu 3 (AS3_s, statik): 1250 lx, 4000 K
4. Aydınlatma senaryosu 4 (AS4_s, statik): 1500 lx, 5500 K

Aydınlatma senaryosu 5 (AS5_d, dinamik): AS5_d (1): 500 lx, 3500 K; AS5_d (2): 625 lx, 4000 K; AS5_d (3): 750 lx, 4500 K; AS5_d (4): 875 lx, 5000 K; AS5_d (5): 1000 lx, 5500K



Şekil 2. Dinamik aydınlatmadaki aydınlık düzeyi ve renk sıcaklığı değişimi

Figure 2. Change of illuminance and colour temperature in dynamic lighting

Aydınlatma aygıtlarının iç mimari düzenleme dikkate alınarak yerleştirilmesine karşın çalışanların sayısı ve oturma düzeni tercihi, hacmin biçim ve boyutu gibi nedenlerden ötürü tüm masaların çalışma alanındaki aydınlık düzeyinin eşit olması sağlanamamıştır. Buna bağlı olarak, aydınlatma senaryolarının otomasyon sisteminde tanımlanabilmesi için bir masanın referans olarak seçilmesine gereksinme duyulmuştur. Bahçe katındaki konumu ve pencere duvarının baktığı yöndeki yoğun yapay ve doğal dış engellerden ötürü deney hacmine günışığı girişi çok az olmaktadır. Hacim içindeki aydınlığa katkısı çok

düşük de olsa günışığı niceliğindeki anlık değişimlerin otomasyon sistemi ayarlamasında güçlük yaratabileceği göz önünde bulundurularak pencere duvarından uzaktaki 5 numaralı masa referans olarak seçilmiştir (Şekil 1). Aydınlatma senaryolarının kurgulanması sırasındaki gerekli tüm ölçmeler bu masanın çalışma alanında ve bu masanın kullanıcısının gözü hizasında yapılmıştır. Hacim görünümleri statik senaryolar için Şekil 3'te, farklı zaman dilimlerindeki dinamik senaryo için Şekil 4'te yer almaktadır. Dinamik senaryoya ilişkin 'AS5_d (5): 1000 lx, 5500K' durumu AS2_s statik senaryo ile aynıdır.



AS1_s: 500lx, 4000 K AS2_s, AS5_d (5): 1000 lx, 5500 K AS3_s: 1250 lx, 4000 K AS4_s: 1500 lx, 5500 K

Şekil 3. Statik senaryolarda hacmin görünüşleri

Figure 3. Appearances of the room in the static scenarios



AS5_d (1): 500 lx, 3500 K AS5_d (2): 625 lx, 4000 K AS5_d (3): 750 lx, 4500 K AS5_d (4): 875 lx, 5000 K

Şekil 4. Dinamik senaryoda hacmin görünüşleri

Figure 4. Appearances of the room in the dynamic scenario

2.3. Deneklerin özellikleri

2.3. Characteristics of the subjects

Deneysel çalışma, uzun süreli ve kısa süreli olmak üzere iki ayrı koşul için gerçekleştirilmiştir. Her senaryonun iki hafta uygulandığı uzun süreli çalışmaya deney hacminde sürekli çalışan yedi akademik personel katılmıştır (Tablo 2). Her statik

senaryonun yirmi dakika süre uygulandığı kısa süreli çalışmaya akademisyenler ve lisansüstü öğrenciler katılmıştır (Tablo 3). Deney hacminin sürekli kullanıcıları olan akademisyenler ayrıca kısa süreli çalışmaya da katılmışlardır. Her iki çalışmanın denekleri deneysel çalışmanın süresi, kapsamı ve anket sorularının içeriği hakkında bilgilendirilmiştir.

Tablo 2. Uzun süreli çalışmanın katılımcıları (Masa 1-7)

Table 2. Subjects of the long-term study (Table 1-7)

Yaş	26 -30	41-50	51-60	Toplam
Kadın	1	1	2	4
Erkek	2	1	-	3
Toplam	3	2	2	7

Tablo 3. Kısa süreli çalışmanın katılımcıları (Masa 1-8)

Table 3. Subjects of the short-term study (Table 1-8)

Yaş	18-25	26 -30	31-40	41-50	51-60	≥61	Toplam
Kadın	6	8	12	5	5	1	37
Erkek	3	5	-	4	3	-	15
Toplam	9	13	12	9	8	1	52

2.4. Anket soruları

2.4. Questionnaire

Aydınlatma senaryolarını öznel açıdan değerlendirmek üzere anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışma ile deneklerin duygudurumu, aydınlatma düzenine (aydınlık düzeyi, ışık rengi, kamaşma) ilişkin yargıları ve hacmin geneline

(ortam atmosferi, ruh hali üzerindeki etki) ilişkin değerlendirmeleri saptanmak istenmiştir. Buna bağlı olarak, katılımcıların ışığın görsel olmayan etkilerine yönelik tepkileri ve aydınlatma koşullarının görmeye dayalı eylemler üzerindeki etkileri belirlenmiş, bunlara ek olarak içinde yaşanılan ortamın kişisel beğeni bakımından yorumlanması olanaklı olmuştur. Anket

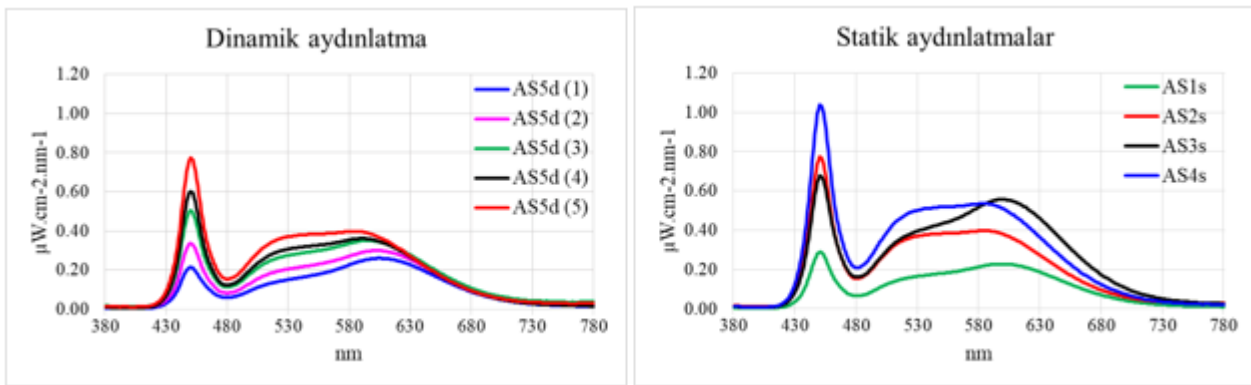
çalışmasında uzun süreli çalışmada 32, kısa süreli çalışmada 27 soru sorulmuştur. Statik ve dinamik aydınlatmadaki aydınlık düzeyi ve ışık rengini değerlendirmeye yönelik soruların farklılaşması gerekmiştir. Uzun süreli çalışmada denekler işten ayrılmadan önce anket sorularını yanıtlamışlar ve 'harf rakam eşleştirme testini (LDST)' yapmışlardır (Jolles, 1995; Van der Elst vd., 2006). LDST testinde 1-9 rakamlarının her biri için farklı bir harf tanımlanmıştır. Bu harfler, her satırda 15 adet olmak üzere 9 satırda rastgele sıralanmış (toplam 135 harf) ve deneklerin bu harflerin karşılığı olan rakamları bir dakikalık süre içinde yazmaları istenmiştir. Her testte seçilen harfler değiştirilmiştir. Test sonucu, doğru ve yanlış eşleştirme adetlerine göre değerlendirilmiştir. Bu test ile deneklerin sürekli dikkat, görsel tarama, bilgi işleme hızı gibi tepkilerinin senaryoya göre değişimini saptamak hedeflenmiştir. Gün boyunca maruz kalınan ışık gece uykusu üzerinde etkili olmaktadır (Figueiro vd., 2017; Hubalek vd., 2010). Bu nedenle her senaryonun uyku üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla deneklerden ayrıca her haftanın sonunda PROMIS uyku bozukluğu testini yapmaları istenmiştir (PHO, 2008-2012). Bu testte bir hafta boyunca kişinin uyku kalitesini etkileyen uyku sorunlarının derecesi sorgulanmakta ve test sonucuna göre uyku bozukluğu çok hafif, hafif, orta ve yüksek olmak üzere dört grupta sınıflandırılmaktadır. Kısa süreli çalışmada yirmi dakika süreyle uygulanan her senaryonun ardından anket soruları yanıtlanmış ve LDST testi yapılmıştır. Senaryolar arasındaki molalar ile birlikte yaklaşık 120 dakika süren bu çalışmada ayrıca değerlendirmeye sunulan dört statik

senaryonun genel beğeni açısından 1-10 arasındaki sayılar ile derecelendirmeleri beklenmiştir (1: en olumsuz, 10: en olumlu). Her iki çalışmada da senaryoların uygulanma sırası AS1_s, AS2_s, AS3_s ve AS4_s şeklinde olmuştur. Uzun süreli çalışmada dinamik senaryo en son uygulanmıştır. Anket soruları 5'li Likert tipi skala ile yanıtlanmıştır (5: en olumlu, 1: en olumsuz).

2.5. Ölçmeler

2.5. Measurements

Gerek ışığın görsel etkilerine yönelik koşulları belirlemek gerekse ışığın biyolojik etkilerine yönelik hesapları yapabilmek için aydınlık düzeyi, ışığın renk sıcaklığı ve tayfsal erkesel aydınlığın ölçülmesine gereksinme duyulmuştur. Bu ölçmeler deney hacmindeki her masa için yapılmıştır. Göz hizasındaki düşey aydınlık düzeyi, ışığın renk sıcaklığı ve tayfsal erkesel aydınlık UPRtek MK350S tayfsal ışınımölçer ile ölçülmüştür. Göz hizasındaki düşey aydınlık düzeyi ayrıca Konica Minolta T10 aydınlıkölçer ile de saptanmıştır. Masaların çalışma alanındaki referans alınan noktadaki yatay aydınlık düzeyi ve ışığın renk sıcaklığı Konica Minolta CL-200A renk ve aydınlıkölçer ile gerçekleştirilmiştir. Statik aydınlatma senaryoları için yapılan tüm ölçmeler dinamik aydınlatma senaryosu için seçilen beş farklı koşul için de yinelenmiştir (Şekil 2). Referans olarak seçilen 5 numaralı masa için göz hizasında ölçülen tayfsal enerji dağılımları dinamik ve statik aydınlatmalar için Şekil 5'de görülmektedir.



Şekil 5. Dinamik ve statik aydınlatmalardaki tayfsal enerji dağılımları

Figure 5. Spectral energy distributions in dynamic and static lightings

3. Anket ve test sonuçları

3. Survey and test results

Anket, LDST ve PROMIS uyku bozukluğu testi verileri uzun süreli çalışmada Wilcoxon İşaretli

Sıralar Testi, kısa süreli çalışmada Welch testi ile SPSS istatistiksel analiz programı ile değerlendirilmiştir.

3.1. PROMIS uyku bozukluğu testi

3.1. PROMIS sleep disturbance test

Deneklerin her haftanın sonunda (her senaryo için iki kez) yaptığı PROMIS uyku bozukluğu testi verileri istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve dinamik senaryonun (AS5_d), 1000 lx (AS2_s) ve 1250 lx (AS3_s) senaryolarına göre %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık gösterdiği saptanmıştır. AS4_s (1500 lx) ile AS3_s (1250 lx) ve AS5_d (dinamik) ile AS4_s (1500 lx) arasında görülen anlamlı fark ise ancak %90 güven düzeyinde olmuştur. Bu sonuçlara göre uyku üzerinde olumlu etki yaratan senaryonun dinamik senaryo olduğu söylenebilir. Elde edilen sonuçlardan yararlanarak aydınlık düzeyi ve/ya da ışığın renk sıcaklığı ile uyku niteliği arasında bir ilişki kurulamamıştır. Bilindiği üzere, iş ve özel yaşantıdaki koşullar da uykunun niteliğini etkilemektedir.

3.2. LDST harf rakam eşleştirme testi

3.2. LDST letter digit substitution test

Uzun ve kısa süreli çalışmada en küçük LDST skoru aydınlık düzeyinin en düşük olduğu AS1_s

(500 lx) senaryosunda ortaya çıkmıştır. Her iki çalışmada aydınlık düzeyinin ≥ 1000 lx olduğu senaryolardaki (AS2_s, AS3_s ve AS4_s) sonuçlar daha olumlu olmuştur.

3.3. Anket sonuçları

3.3. Survey results

Anket soruları arasından çalışmada ulaşılan sonuçları yansıtan on soru seçilmiş, bu sorulara ilişkin istatistiksel değerlendirme bilgileri Tablo 4-5'de sunulmuştur. Seçilen sorular, duygu durumu (3 adet), verimlilik, aydınlık düzeyi (E) ve ışığın renk sıcaklığını (K) değerlendirme (statik aydınlatma), masada okuma yazma gibi çalışma koşullarını ve ortam atmosferini değerlendirme ile ilgilidir. Tablolarda her soruya verilen 1-5 arasındaki puanların ortalaması (μ) ve senaryoların ikili birleşimleri arasındaki anlamlılık düzeyi (p) verilmiştir. Senaryolar uzun süreli çalışmada 1-5, kısa süreli çalışmada 1-4 sayıları ile belirtilmiştir. Uzun süreli çalışmada Tablo 4'te yer verilen soruların hiçbirinde AS5_d ve AS3_s (5-3) ile AS5_d ve AS4_s (5-4) arasında anlamlı fark saptanmamıştır.

Tablo 4. Anket sorularının istatistiksel değerlendirmesi: uzun süreli çalışma

Table 4. Statistical evaluation of the questionnaire: long-term study

Sorular	Senaryo ortalamaları (μ)					Anlamlılık düzeyi (p)							
	AS1 _s	AS2 _s	AS3 _s	AS4 _s	AS5 _d	2-1	3-1	4-1	5-1	3-2	4-2	5-2	4-3
Mutlu-Mutsuz	3.40	3.60	3.80	4.00	4.06	-				-		-	-
Uyanık-Uykulu	3.34	3.85	3.93	4.26	4.03					-		-	
Dikkatli-Dikkatsiz	3.48	3.97	4.01	4.19	4.05					-	-	-	-
Verimli-Verimsiz	3.36	3.78	3.76	3.97	3.96	-			-	-	-	-	-
E; Yüksek-Düşük	2.70	3.87	3.72	4.13	-				-	-	-	-	-
E; Olumlu-Olumsuz	2.83	3.53	3.62	3.46	-	-		-	-	-	-	-	-
K; Soğuk-Sıcak	2.70	4.11	2.48	4.25	-		-		-		-	-	
K; Olumlu-Olumsuz	3.00	3.40	3.66	3.18	-	-		-	-	-	-	-	-
Çalışma; Olumlu-Olumsuz	2.81	3.65	3.65	3.38	3.67	-		-	-	-	-	-	-
Atmosfer; Doğal-Değil	2.95	2.68	3.27	2.89	3.62	-	-	-		-	-		-

■ p<0.05 □ p<0.10

Tablo 5. Anket sorularının istatistiksel değerlendirmesi: kısa süreli çalışma

Table 5. Statistical evaluation of the questionnaire: short-term study

Sorular	Senaryo ortalamaları (μ)				Anlamlılık düzeyi (p)					
	AS1 _s	AS2 _s	AS3 _s	AS4 _s	2-1	3-1	4-1	3-2	4-2	4-3
Mutlu-Mutsuz	3.75	3.67	4.12	3.50	-		-		-	
Uyanık-Uykulu	3.62	4.42	4.27	4.33				-	-	-
Dikkatli-Dikkatsiz	3.75	4.19	4.10	4.10				-	-	-
Verimli-Verimsiz	3.63	3.92	4.08	3.62	-		-	-	-	
E; Yüksek-Düşük	3.00	4.40	4.21	4.73				-		
E; Olumlu-Olumsuz	3.40	3.71	4.00	3.10	-		-	-		
K; Soğuk-Sıcak	2.92	4.13	2.44	4.37					-	
K; Olumlu-Olumsuz	3.56	3.23	4.02	2.92	-		-	-	-	
Çalışma; Olumlu-Olumsuz	3.46	3.60	3.94	3.38	-		-	-	-	
Atmosfer; Doğal-Değil	3.29	2.60	3.54	2.58		-			-	

■ p<0.01 ■ p<0.05 □ p<0.10

4. Anket sonuçlarının değerlendirilmesi

4. Evaluation of survey results

Anket sorularına alınan yanıtların istatistik değerlendirme sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Tablo 4-5):

- **Mutlu-Mutsuz:** Uzun süreli çalışmada hem soğuk hem ılık ışık rengi için aydınlık düzeyindeki yükselme daha mutlu hissettirmiştir. Dinamik aydınlatmadaki (500 lx-1000 lx) mutlu olma hali AS1_s (500 lx) senaryosuna göre daha fazladır (p<0.05). Bu belirlemeler yüksek aydınlık düzeyinde daha mutlu hissedildiğini ortaya koymuştur. Kısa süreli çalışmada ise, öteki senaryolardan anlamlı şekilde farklılaşarak mutlu hissedilen senaryo AS3_s (1250 lx) olmuştur.
- **Uyanık-Uykulu:** AS4_s (1500 lx) senaryosu uzun süreli çalışmadaki en uyanık hissedilen senaryodur. Her iki ışık renginde de aydınlık düzeyinin yükselmesi daha uyanık hissetmeyi sağlamıştır. Kısa süreli çalışmada ise 1000 lx (AS2_s), 1250 lx (AS3_s) ve 1500 lx (AS4_s) senaryoları en düşük aydınlığın uygulandığı 500 lx (AS1_s) senaryosuna göre anlamlı fark göstermiştir. Daha açık bir başka deyişle söz konusu üç senaryo uyanık hissettirmiştir. Öte yandan, AS1_s senaryosuna göre soğuk renkli ışıklarla oluşan AS2_s ve AS4_s senaryoları %99, ılık renkli ışığın kullanıldığı AS3_s senaryosu ise %95 güven düzeyinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bu saptamadan, yüksek aydınlık düzeyinin yanı sıra soğuk renkli ışığın da uyanık hissettirmede rol oynadığı sonucu çıkarılabilir.
- **Dikkatli-Dikkatsiz:** Gerek uzun gerekse kısa süreli çalışmada 1000 lx (AS2_s), 1250 lx (AS3_s) ve 1500 lx (AS4_s) senaryoları dikkatli hissettirmiştir.
- **Verimli-Verimsiz:** Bu soruda deneğin, aydınlatma senaryosunun uygulandığı süre boyunca, ne ölçüde üretken olduğuna ilişkin öz değerlendirme yapması beklenmiştir. Uzun süreli çalışmada aydınlık düzeyinin yükselmesi ile daha verimli hissedildiği görüşü oluşmuştur (p<0.05). Kısa süreli çalışmada verimli hissedilen senaryo AS3_s'tür (p<0.05).
- **Aydınlık düzeyi; Yüksek-Düşük:** Uzun süreli çalışmada 500 lx (AS1_s) aydınlık düzeyi düşük olarak yargılanmıştır. Öteki senaryolar arasındaki fark anlamlı değildir. Kısa süreli çalışmada aydınlığın niceliğine yönelik değerlendirme senaryolardaki aydınlık düzeyleri ile uyumlu olmuştur; nitekim AS1_s

en düşük, AS4_s en yüksek aydınlık olarak nitelendirilmiştir. AS4_s (1500 lx) senaryosu AS3_s'e (1250 lx) göre %99, AS2_s'ye (1000 lx) göre %90 güven düzeyinde anlamlı fark göstermiştir. Bir başka deyişle, soğuk renkli ışıkla oluşan aydınlık ılık renkli ışıkla oluşan aydınlığa göre daha yüksek nicelikte algılanmıştır. Aydınlık düzeyi değerlendirmesinde ışığın rengi de etkili olmaktadır.

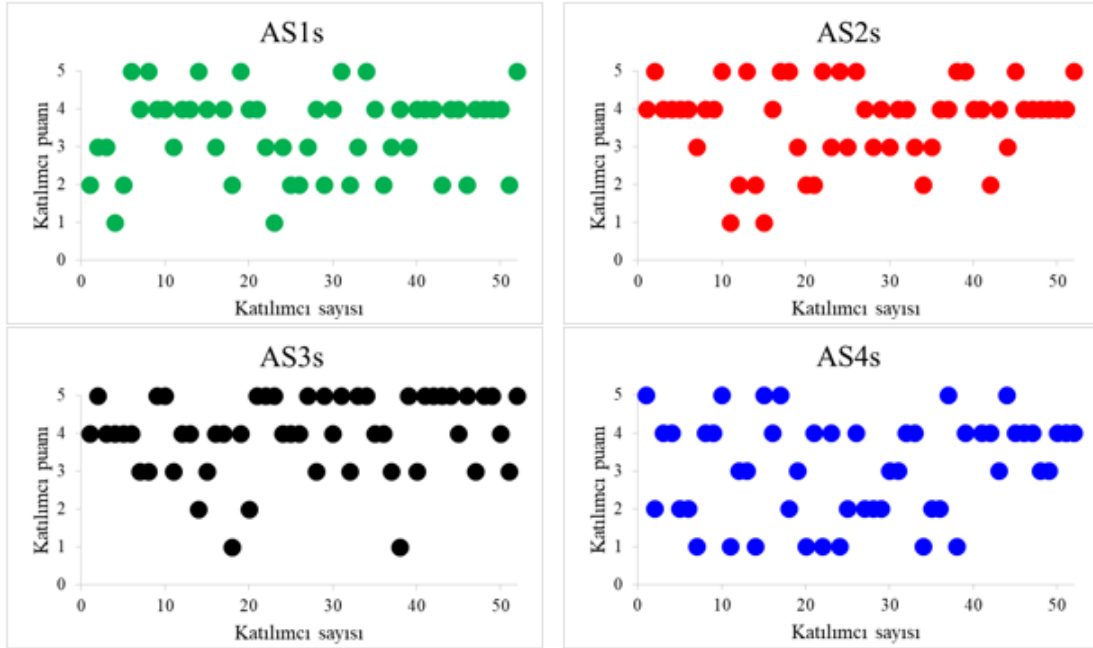
- **Aydınlık düzeyi; Olumlu-Olumsuz:** Uzun süreli çalışmada ılık renkli ışıkla sağlanan yüksek nicelikteki aydınlığın tercih edildiği söylenebilir (p<0.05). Kısa süreli çalışmada AS3_s (1250 lx) senaryosu AS4_s'e (1500 lx) göre %99, AS1_s'e (500 lx) göre %95 güven düzeyinde anlamlı fark göstermiştir (Şekil 6). Farklı bir ifadeyle, AS3_s en düşük ve en yüksek aydınlık senaryolarından daha olumlu nitelendirilmiştir. AS2_s (1000 lx) ise AS4_s'e göre ancak %90 güven düzeyinde anlamlı fark göstermiştir. AS3_s ve AS2_s senaryoları arasındaki fark anlamlı değildir (p>0.10). Bir önceki sorudaki aydınlık düzeyine ilişkin değerlendirmeler de göz önüne alındığında, iki ılık renkli ışıkla oluşan senaryodan AS3_s (1250 lx), iki soğuk renkli ışıkla oluşan senaryodan AS2_s (1000 lx) yeğlenmiştir. Bu belirlemelerden, 500 lx aydınlığın düşük, 1500 lx aydınlığın ise yüksek bulunduğu ve ışık rengi tercihinin ılık renkten yana olduğu çıkarımı yapılabilir.
- **Renk sıcaklığı; Soğuk-Sıcak:** Her iki çalışmada katılımcıların ışığın görünümüne ilişkin değerlendirmeleri ışıkların renk sıcaklıkları ile uyumludur. Bununla birlikte, ılık renkle oluşan iki senaryodan aydınlığın yüksek olduğu AS3_s (1250 lx) daha sıcak, soğuk renkle sağlanan iki senaryodan aydınlığın yüksek olduğu AS4_s daha soğuk yargılanmıştır. Bu durum, aydınlık düzeyi yükseldikçe ılık ışık renginin daha sıcak, soğuk ışık renginin ise tersine daha soğuk algılandığını göstermektedir.
- **Renk sıcaklığı; Olumlu-Olumsuz:** Her iki çalışmada da ılık renkli ışık ile sağlanan yüksek aydınlık düzeyinin tercih edildiği düşünülebilir. Kısa süreli çalışmada deneklerin renk sıcaklığı puanlamasının senaryolara göre değişimi Şekil 7'de gösterilmiştir.
- **Aydınlatma senaryosunun masada okuma-yazma koşullarına etkisi; Olumlu-Olumsuz:** Uzun süreli çalışmada masada çalışma sırasında ılık renkli ışık ile yüksek aydınlık düzeyinin yeğlendiği söylenebilir (p<0.10). Bu

bağlamda kısa süreli çalışmada da AS3_s (1250 lx) olumlu bulunan senaryo olmuştur (p<0.10).

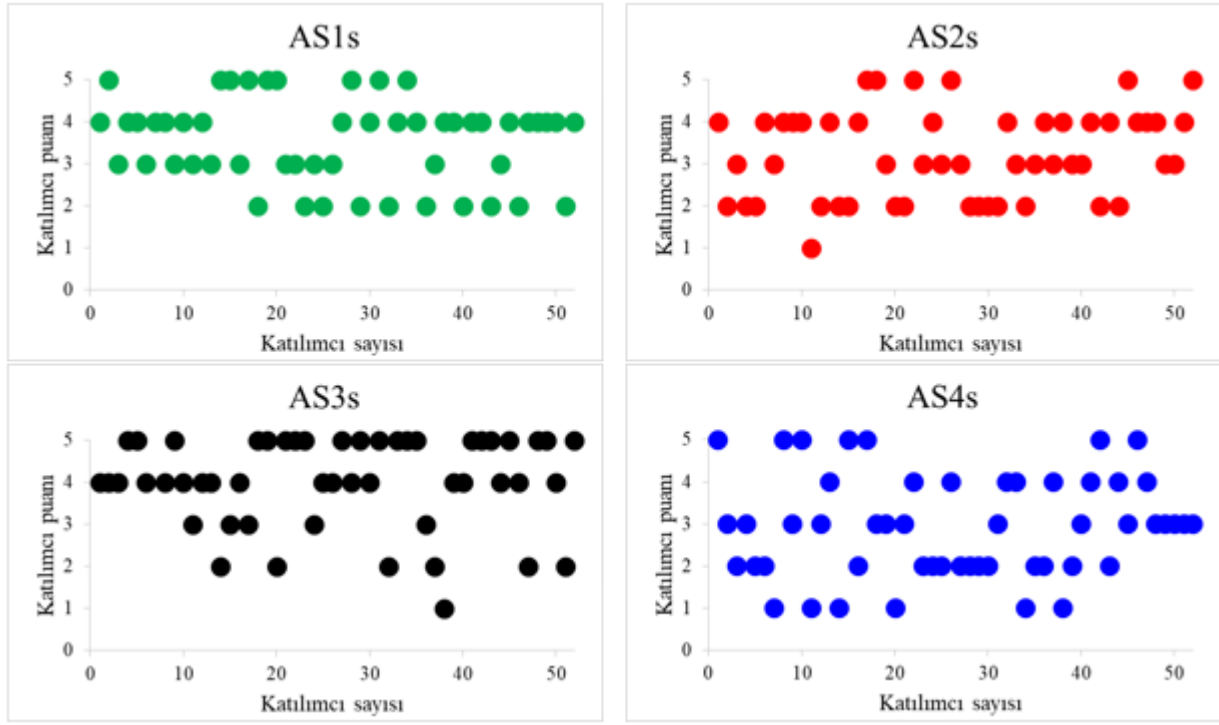
- Hacmin atmosferi; Doğal-Doğal değil: Uzun süreli çalışmada dinamik aydınlatmanın (500 lx-1000 lx) ortam atmosferi 1000 lx senaryosuna göre %95, 500 lx senaryosuna göre %90 güven düzeyinde daha doğal yargılanmıştır. Dinamik aydınlatma ile daha yüksek aydınlıkların söz konusu olduğu öteki iki statik aydınlatma arasında anlamlı fark görülmemiştir (p>0.10). Bir başka deyişle, dinamik aydınlatma niceliği kendi aydınlık düzeyi sınırlarında olan statik aydınlatmalara göre daha doğal değerlendirilmiştir. Kısa süreli çalışmada ılık ışık rengi doğal bulunmuştur. Nitekim bu ışık rengi ile oluşan her iki senaryo (AS1_s ve AS3_s) da doğal nitelendirilmiştir (p<0.01).

Yalnızca uzun süreli çalışmada uygulanan dinamik aydınlatmaya özgü sorulara alınan yanıtlar, bu senaryodaki aydınlık düzeyi ve ışık rengi değişimi ile bu değişimin hızı ve zamanlamasının olumlu bulunduğunu göstermiştir. Söz konusu soruların 1-5 arasındaki değerlendirme ortalamasının üzerindedir (aydınlık düzeyi: 3.91; renk sıcaklığı: 3.75).

Kısa süreli çalışmanın denekleri dört statik senaryoyu anketteki tüm soruları ve yanıtlarını da dikkate alarak genel beğeni bakımından derecelendirmiştir (1: en olumsuz, 10: en olumlu). İstatiksel analizde AS3_s (μ: 7.47) senaryosu öteki senaryolardan anlamlı farklılaşmıştır. Bu fark, AS4_s (μ: 6.03), AS1_s (μ: 6.56) ve AS2_s (μ: 6.77) senaryolarına göre sırasıyla % 99, %95 ve %90 güven düzeyindedir. Bu sonuca göre en beğenilen senaryo AS3_s olmuş, bunu sırasıyla AS2_s, AS1_s ve AS4_s izlemiştir.



Şekil 6. Kısa süreli çalışmada aydınlık düzeyi değerlendirmesinin senaryolara göre değişimi
Figure 6. Variation of illuminance assessment according to scenarios in the short-term study



Şekil 7. Kısa süreli çalışmada ışığın renk sıcaklığı değerlendirmesinin senaryolara göre değişimi
Figure 7. Variation of colour temperature assessment according to scenarios in the short-term study

5. Bulgular ve tartışma

5. Findings and discussion

Işık görsel olmayan biyolojik ve davranışsal etkileri önemli ölçüde aydınlatan ışığın göz hizasındaki tayfsal enerji dağılımına, dolayısıyla ışık rengine ve oluşturduğu aydınlık düzeyine bağlıdır. Enerji dağılımları farklı iki ışıkla birbirine yakın etkiler elde edebilmenin yolu bu ışıkların oluşturdukları aydınlıkların niceliklerinde fark yaratmaktır. Işık renkleri ve oluşturdukları aydınlıklar birbirine yakın nicelikte melanopik eşdeğer günışığı aydınlığı elde edecek şekilde ayarlanmış aydınlatma senaryolarına maruz bırakılan kişilerin tepkileri de birbirine yakın mı olur? Bu soruya yanıt aramak için kurgulanan AS2_s ve AS3_s senaryolarında uzun süreli çalışma kapsamında benzer tepkiler alınmıştır. Bununla birlikte, kısa süreli çalışmada AS3_s senaryosu çeşitli yönlerden AS2_s senaryosuna tercih edilmiştir. Bu tercihte önemli ölçüde soğuk renge karşı düşük beğenin belirleyici olduğu söylenebilir. Bu sonuç, ılık renge göre sıcak rengin yeğlendiği Tonello vd.'nin çalışması ile paraleldir (Tonello vd., 2019).

İnsanlar genel olarak gerek açık gerekse kapalı mekanlarda günışığının soğuk renginden rahatsızlık duymaz, tersine doğal ışığın varlığından hoşnut olurlar. Gün içinde, özellikle sabah saatlerinde günışığından yararlanmanın

depresyonu azaltma, uyku kalitesini artırma, ruh halini iyileştirme gibi birçok olumlu etkisi vardır (Figueiro vd., 2017). Buna karşın, insanların ışığın renksel görünümü bakımından tercihleri lamba ışığı söz konusu olduğunda farklı olabilmektedir.

Beklediği gibi, yüksek aydınlık düzeyi ve soğuk ışık rengi temelde dinlenmiş, enerjik ve uyanık hissetmede etkili olmuştur. Çalışmanın bu sonucu, yüksek aydınlık düzeyi ve/ya da renk sıcaklığının canlılığı ve uyanıklığı artırdığını belirten başka araştırmalar ile uyumludur (Mills vd., 2007; Smolders vd., 2012; Viola vd., 2008).

Katılımcılar aydınlık düzeyinin yüksek olduğu AS3_s (1250 lx) ve AS4_s (1500 lx) senaryolarında daha mutlu hissettiklerini ifade etmişlerdir. Bu sonuç, 1000 lx ve üstündeki aydınlıkların insanların ruh hali ve sosyal iletişimine olumlu yansıdığı rapor eden araştırmalar ile paraleldir (aan het Rot vd., 2008).

Günlük anket soruları ve LDST harf rakam eşleştirme testi sonuçları en az yeğlenen aydınlatma senaryosunun AS1_s (500 lx, 4000 K) olduğunu göstermiştir. Aydınlık düzeyinin 1000 lx ve üzerinde olduğu senaryolarda doğru eşleştirilen harf rakam sayısı 500 lx aydınlığın uygulandığı AS1_s senaryosundan daha fazla olmuştur. Bu sonuç, aydınlığın niceliğindeki yükselmenin dikkat üzerinde olumlu etkisi olduğunu ifade eden başka çalışmalar ile uyumludur (Avery vd., 2001). Hem

uzun hem kısa süreli çalışmada aydınlığın niceliği, ışığın rengi ve masada çalışma sırasındaki etkisi bakımından en olumlu bulunan senaryo AS3_s'tür (1250 lx, 4000 K). Bu yargı üzerinde sıcak renkli ışığa karşı beğenin de rol oynadığı söylenebilir. Bu sonuç başka araştırmaların bulguları ile paralellik göstermektedir (Tonella, 2019; Baniya vd., 2015). Ilık renkli ışıkla oluşan AS1_s senaryosundaki 500 lx genel olarak düşük bulunduğundan ılık renkteki ışığın kullanıldığı ikinci seçenek olan AS3_s senaryosu yeğlenmiştir. Kısa süreli çalışmada AS3_s senaryosu ile birlikte AS2_s senaryosu da (1000 lx, 5500 K) AS4_s senaryosundan (1500 lx, 5500 K) daha fazla tercih edilmiştir. Bu belirlemelere göre, 500 lx aydınlık düşük, 1500 lx aydınlık yüksek bulunmuş ve ılık renkli ışık soğuk renkli ışığa yeğlenmiştir. Bu veriler ışığında, yüksek aydınlık düzeyi ve/ya da soğuk ışık rengini gün boyunca uygulamak yerine ışığın görsel olmayan etkilerinden yararlanmak üzere gün içinde gereksinim duyulan zaman ve sürelerde uygulamak uygun bir yaklaşım olabilir. Nitekim, gün içinde sınırlı sürelerde 2500 lx aydınlığa maruz bırakılan büro çalışanlarının ruh halinin iyileştiği ve daha canlı hissettikleri gözlenmiştir (Partonen vd., 2000; Avery vd., 2001). Dinamik aydınlatmadaki (500 lx-1000 lx) değişken ortam atmosferi, AS1_s (500 lx) ve AS2_s (1000 lx) statik senaryolara göre daha doğal bulunmuştur. Dinamik aydınlatmanın seçenek olmadığı kısa süreli çalışmada ılık ışık renkleri ile oluşan AS1_s ve AS3_s senaryoları doğal olarak yargılanmıştır.

6. Sonuçlar

6. Results

Günümüzde insan odaklı aydınlatma, bir başka deyişle bütünleyici aydınlatma kavramı büyük önem kazanmıştır. Işığın insan üzerinde çeşitli duygusal ve biyolojik etkileri olduğu kabul edilmekte ve gerek gündüz iş yerindeki verimliliği gerekse gece uyku kalitesini etkilediği bilinmektedir. Bununla birlikte, insan merkezli aydınlatma ile ilgili aydınlatma tasarım ilkeleri henüz tanımlanabilmiş değildir. Uluslararası aydınlatma kurumları tarafından çeşitli işlev ve etkinlik biçimleri için uygun aydınlık düzeyi ve ışık tayfı hakkında önerilerin yapılmasına gereksinme vardır.

Bu çalışmada aydınlık düzeyi ve ışık rengi farklı aydınlatma senaryolarının büro çalışanları üzerindeki etkilerini belirlemek ve çalışanların bu senaryolara ilişkin yaptıkları değerlendirmelerden yararlanarak optimum koşulları saptamak hedeflenmiştir. Aydınlatma senaryoları uzun ve

kısa süreli olmak üzere iki farklı çalışma koşulunda anket çalışması ile karşılaştırılmıştır. Uzun süreli çalışmada yer alan katılımcı sayısının daha az olmasına ve deneklerin çeşitli akademik etkinlikleri gereği deney hacminde geçirdikleri sürenin de farklılık göstermesine karşın ulaşılan sonuçlar kısa süreli çalışmanın sonuçlarına önemli ölçüde benzerdir.

Aydınlatma senaryolarının kısa süreli çalışma kapsamında yapılan beğeni sıralamasında AS3_s senaryosu (1250 lx, 4000 K) ötekilere göre ön plana çıkmış, bunu sırasıyla AS2_s, AS1_s ve AS4_s senaryoları izlemiştir. Her iki çalışmada da 500 lx aydınlık düzeyi düşük (AS1_s), 1500 lx aydınlık düzeyi (AS4_s) ise yüksek olarak yargılanmıştır. Benzer şekilde her iki çalışma koşulunda da ılık renkli ışık soğuk renkli ışığa tercih edilmiştir. Soğuk ışık rengi temelde olumsuz ancak canlandırıcı ve uyarıcı olarak değerlendirilmiştir. Işığın biyolojik etkilerini artırmada rol oynayan iki seçenekten biri olan 'aydınlık düzeyini yükseltmek' enerji korunumu bakımından yeğlenmeyip öteki seçenek olan 'soğuk renkli ışığı kullanmak' daha akılcı bulunabilir. Bununla birlikte kullanıcının ışığın görsel ve görsel olmayan etkileri açısından tercihleri birbiriyle çelişebilmektedir. Bu çalışmanın önemli sonuçlarından biri de ışığın renk sıcaklığına ilişkin kararda kullanıcı tercihlerinin göz ardı edilmemesi gereğidir. Bu bağlamda, soğuk renkli ışık ve/veya yüksek aydınlık düzeyini sürekli kullanmak yerine bunların kullanımına gün içinde çalışanların daha enerjik, uyanık hissetmesine gereksinim duyulduğu zaman dilimlerinde başvurmak enerji etkin ve dengeli bir yaklaşımdır. Günümüzde aydınlatma otomasyon sistemleri ile aydınlık düzeyi ve/veya ışık rengi istenildiği gibi ayarlanabilmekte, böylece gün içinde değişen gereksinimlerin karşılanması olanaklı olabilmektedir.

Bu araştırma kapsamında ılık renkli ışığın uygulandığı iki senaryo ele alınabilmektedir. Renk sıcaklıkları eşit (4000 K) olan bu iki senaryonun aydınlık düzeyleri (500 lx ve 1250 lx) arasında kalan farklı niceliklerdeki aydınlıkların da ayrıca değerlendirilmesi yararlı olacaktır. Ilık renkli ışık ile 750 lx ve 1000 lx aydınlıkların oluşturulduğu senaryoların değerlendirildiği başka çalışmalar yapılarak bu çalışmanın genişletilmesi insan odaklı aydınlatma için optimum çözüm önerilerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Acknowledgement

Bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FDK-2019-3594 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Bu çalışmanın yazarları YTÜ BAP Koordinasyon Birimi'ne ve aydınlatma düzeninin kurulmasına verdikleri destekten ötürü Signify Aydınlatma'ya teşekkür ederler.

Yazar katkısı

Author contribution

Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu çalışmada yazarlar, “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederler.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

References

- aan het Rot, M., Moskowitz, D.S. & Young, S.N. (2008). Exposure to bright light is associated with positive social interaction and good mood over short time periods: A naturalistic study in mildly seasonal people. *Journal of Psychiatric Research*, 42(4), 311–319. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2006.11.010>
- Avery, D. H., Kizer, D., Bolte, & M. A., Hellekson, C. (2001). Bright light therapy of subsyndromal seasonal affective disorder in the workplace: morning vs. afternoon exposure. *Acta Psychiatr Scand*, 103, 267–274.
- Baniya, R. R. & Tetri, E. (2015). A study of preferred illuminance and correlated colour temperature for LED office lighting. *Light and Engineering*, 23 (3), 39-47.
- Berson, D.M., Dunn, F.A. & Takao, M. (2002). Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, 295, 1070–1073.

- Canazei, M., Dehoff, P., Staggl, S. & Pohl, W. (2014). Effects of dynamic ambient lighting on female permanent morning shift workers. *Lighting Research & Technology*, 46, 140–156.
- de Kort, Y.A.W. & Smolders, K.C.H.J. (2010). Effects of dynamic lighting on office workers: First results of a field study with monthly alternating settings. *Lighting Research & Technology*, 42, 345–360.
- European Committee for Standardization. (2019). *Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places*, EN 12464-1. Brussels: CEN.
- European Committee for Standardization. (2017). *Quantifying irradiance for eye-mediated non-image-forming effects of light in humans*, PD CEN/TR 16791. Brussels: CEN.
- Figueiro, M.G., Steverson, B., Heerwagen, J., Kampschroer, K., Hunter, C.M., Gonzales, K., Plitnick, B. & Rea, M.S. (2017). The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers. *Sleep Health*, 3, 204-215.
- Hattar, S., Liao, H.W., Takao, M., Berson, D.M. & Yau, K.W. (2002). Melanopsin-containing retinal ganglion cells: Architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. *Science*, 295, 1065–1070. <https://doi.org/10.1126/science.1069609>.
- Hubalek, S., Brink, M. & Schierz, C. (2010). Office workers' daily exposure to light and its influence on sleep quality and mood. *Lighting Research & Technology*, 42, 33-50.
- International Commission on Illumination. (2019). *CIE Position statement on non-visual effects of light, Recommending proper light at the proper time*. [https://cie.co.at/files/CIE%20Position%20Statement%20-%20Proper%20Light%20at%20the%20Proper%20Time%20\(2019\)_0.pdf](https://cie.co.at/files/CIE%20Position%20Statement%20-%20Proper%20Light%20at%20the%20Proper%20Time%20(2019)_0.pdf).
- International Commission on Illumination. (2011). *International lighting vocabulary*. CIE S017/E. Vienna: CIE. <https://cie.co.at/e-ilv>.
- Jolles, J., Houx, P.J., Van Boxtel, M.P.J. & Ponds, R.W.H.M. (1995). Maastricht Aging Study: Determinants of cognitive aging. Maastricht, The Netherlands: Neuropsych Publishers.
- Lucas, R.J. et. al (2014). Measuring and using light in the melanopsin age, *Trends in Neurosciences*, 37, (1), 1-9.
- Maierova, L., Borisuit, A., Scartezzini, J. L., Jaeggi, S. M., Schmidt, C. & Münch, M. (2016). Diurnal variations of hormonal secretion, alertness and cognition in extreme chronotypes under different lighting conditions. *Scientific Reports*, 6: 33591. <https://doi.org/10.1038/srep33591>.

- Mills, P.R., Tomkins, S. & Schlangen, L.J.M. (2007). The effect of high correlated colour temperature office lighting on employee wellbeing and work performance. *Journal of Circadian Rhythms*, 5, 2. <https://doi.org/10.1186/1740-3391-5-2>.
- Partonen, T. & Lönnqvist, J. (2000). Bright light improves vitality and alleviates distress in healthy People. *Journal of Affective Disorders*, 57, 55–61.
- Patania, F., Gagliano, A., Nocera, F., Galesi, A. & Caserta, J. (2012). The dynamic lighting into the working environment. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 7, (4), 394–408.
- PHO. (2008-2012). *PROMIS-Sleep disturbance-short form-Adult*. PROMIS Health Organization and PROMIS Cooperative Group.
- Schlangen, L.J.M., Verhaegh, J., Denissen, A.J.M., Talen, H.J., Herremans, H.M.L., Bikker, J.W., de Ruyter, B. & Lemmens, P.M.C. (2015). Workplace illumination effects on acuity, cognitive performance and well-being in older and young people. 28th CIE Session. Manchester, United Kingdom, 87-95.
- Smolders, K.C.H.J., de Kort, Y.A.W. & Cluitmans, P.J.M. (2012). A higher illuminance induces alertness even during office hours: Findings on subjective measures, task performance and heart rate measures. *Physiology&Behaviour*, 107, 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2012.04.028>.
- Tonello, G., de Borsetti, N.H., Borsetti, H., Tereschuk, L. & Lopez Zigarán, S. (2019). Perceived well-being and light-reactive hormones: An exploratory study. *Lighting Research & Technology* 51, 184-205.
- Van der Elst, W., van Boxtel, M.P.J., van Breukelen, G. & Jolles, J. (2006). The letter digit substitution test: Normative data for 1858 healthy participants aged 24-81 from the Maastricht aging study (MAAS): Influence of age, education, and sex. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 28, 998-1009. <https://doi.org/10.1080/13803390591004428>.
- Viola, A.U., James, L.M., Schlangen, L.J.M. & Dijk, D.J. (2008). Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 34, 297–306.

Drought analysis of Kahramanmaraş province with standardized precipitation index method

Standartlaştırılmış yağış indeksi yöntemi ile Kahramanmaraş ilinin kuraklık analizi

Merve POYRAZOĞLU^{1,a}, Sema ARIMAN^{*1,b}

¹Samsun Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, Balıca Kampüsü, 55120 Samsun, Turkey

• Geliş tarihi / Received: 29.09.2021

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 05.03.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 22.03.2022

Abstract

With the developing world, deterioration in natural balances has occurred, leading to climate change, which is one of the important problems for the world. Drought, which occurs as a result of climate change due to global warming in the world and in our country, causes precipitation to fall below the long-term average values within a certain period. Turkey is located in the semi-arid, semi-humid mid-latitude region. Therefore, drought, which is one of the devastating effects of climate change, poses an important problem for our country, some of which is in the semi-arid climate zone. In this study, meteorological drought analysis was performed in the province of Kahramanmaraş, which is located in the Mediterranean region, using the Standardized Precipitation Index (SPI) method in 3, 6, 9 and 12 month time periods. The Average Monthly Total Rainfall Amount between 1990-2020 of Afşin Elbistan, Göksun and Kahramanmaraş-central meteorological observation stations was used. As a result, an increase was found especially in drought periods of 2000 and later for 4 meteorology stations according to all time scales. While long years of dry periods were found in Kahramanmaraş-center and Göksun region according to SPI values, no significant changes were found in annual total precipitation amount data during the dry periods in Kahramanmaraş-centre. This shows that the amount of precipitation has not changed, while the number of rainy days has decreased. It was found that the dry periods in Afşin and Elbistan region were relatively shorter. Turkey is located in the semi-arid semi-humid middle latitude region. Therefore, drought, which is one of the devastating effects of climate change, poses an important problem for our country, some of which is in the semi-arid climate zone.

Keywords: Kahramanmaraş, Meteorological drought, Precipitation, Standardized precipitation index

Öz

Gelişen dünya ile birlikte doğal dengelerde bozulmalar oluşmuş ve dünya için önemli sorunlardan biri olan iklim değişikliği meydana gelmiştir. Ülkemizde ve dünyada küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkan kuraklık, belli bir dönem içerisinde yağış miktarlarının uzun yıllık ortalama değerlerin altına düşmesine neden olmaktadır. Türkiye yarı kurak yarı nemli orta enlem bölgesinde bulunmaktadır. Dolayısıyla bir kısmı yarı kurak iklim kuşağında bulunan ülkemiz için de iklim değişikliğinin yıkıcı etkilerinden birisi olan kuraklık önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Akdeniz bölgesinde yer alan Kahramanmaraş ilinde, Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SPI) metodu kullanılarak 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman periyotlarında meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Afşin Elbistan, Göksun ve Kahramanmaraş-merkez meteorolojik gözlem istasyonlarına ait 1990-2020 yılları arasındaki Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması kullanılmıştır. Sonuç olarak, 4 meteoroloji istasyonu için tüm zaman ölçeklerine göre özellikle 2000 yılı ve sonrasında kurak dönemlerde artış olduğu belirlenmiştir. Kahramanmaraş-Merkez ve Göksun bölgesinde SPI değerlerine göre uzun yıllar kurak dönemler yaşandığı ancak Kahramanmaraş-Merkez'de yaşanan kurak dönemlerde yıllık toplam yağış miktarı verilerinde ise anlamlı değişimler bulunmamaktadır. Bu durum yağış miktarının değişmediğini ancak yağışlı gün sayısında azalma olduğunu göstermektedir. Afşin ve Elbistan bölgesinde ise yaşanan kurak dönemlerin nispeten daha kısa zamanlı olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kahramanmaraş, Meteorolojik kuraklık, Yağış, Standartlaştırılmış yağış indeksi

^a Sema ARIMAN; sema.ariman@samsun.edu.tr, Phone: (0362) 3130055, orcid.org/0000-0001-7201-9243

^b orcid.org/0000-0002-6526-458X

1. Introduction

1. Giriş

Increasing human activities in fields such as industry, transportation, agriculture and energy increase greenhouse gas emissions into the atmosphere and strengthen the greenhouse effect. As a result of this, an increase occurs in global average temperatures (Doğan & Tüzer, 2011). This global warming has affected climates and created variability, while this problem has become a climate crisis today. Climate crisis is defined as a situation that requires immediate action to reduce and stop climate variability. Temperatures increasing with climate variability will increase the rate of evaporation on earth and cause a decrease in water resources. Therefore, drought, which is one of the most devastating effects of climate change, will occur in our country, some parts of which are in semi-arid climate zone (Şahin & Kurnaz, 2014).

Water is one of the natural resources human beings need to continue their lives. Water scarcity is another disaster that will threaten the human generation and another meaning of water scarcity is drought at any time and any place. There are four types of drought. These are meteorological, agricultural, hydrological and socio-economic drought. Meteorological drought is the amount of precipitation in a region being less than the amount of evaporation in that region; therefore, it is a type of drought in which the decrease in precipitation is taken as a criterion. Agricultural drought is when a plant in the soil cannot find water. Hydrological drought is the type in which a decrease occurs in underground and surface water resources. Socio-economic drought is the situation in which social and economic negativities are experienced in the society due to drought (Arslan et al., 2016). Since the time, duration, severity and location of these droughts cannot be predicted beforehand, they must be constantly monitored temporally and spatially (Keskiner et al., 2016). Therefore, drought analyses are extremely important to see the dimensions of disasters that may occur in the future.

Meteorological drought, which deals with the amount of precipitation falling on earth, is an important natural phenomenon that triggers the occurrence of other droughts. The effects of meteorological drought are generally first seen in the agriculture sector, later in other water-dependent sectors (Kaplukan, 2013). Meteorological drought occurs in two main phenomena in itself. One of these phenomena is the precipitation on the ground remaining below the

average for a long time, in other words, a decrease in precipitation. Therefore, water resources will not be fed by precipitation and the soil will not be able to meet the moisture it needs. The second phenomenon is increased evaporation due to highly increased temperatures. Increase in evaporation will cause water resources to dry up and even dissolve and the soil to lose its moisture content. A decrease in precipitation and increase in evaporation and temperature will cause meteorological drought (Şahin & Kurnaz, 2014).

Each year, 6,000,000 hectares of land becomes desert in the world. In order to fight the problem of desertification caused by drought, Convention to Combat Desertification, which was initiated by the United Nations and came into force in 1994, was signed by 197 countries, including Turkey. The convention recognizes that people living in arid areas are threatened with life and aims to mitigate the effects of drought in areas under the threat of desertification. In our country, the National Drought Management Strategy Document and Action Plan (2017 - 2023) was signed and it is still in effect. The application plans to minimize the effects of drought with measures to be taken before, during and after drought.

Turkey is located in the semi-arid, semi-humid mid-latitude circle. Especially South and southeast regions are in the semi-arid climate zone and they are faced with the threat of desertification (Şahin & Kurnaz, 2014). Although there are no fully arid areas in our country, semi-arid climate zone covers 37.3% of our country's land (Turan, 2018). Serious meteorological droughts occurred in Turkey in 1971-1974, 1983-1984, 1989-1990, 1996, 2001, 2007-2008, 2013-2014 years (Türkeş, 2009; Kurnaz, 2014).

In the field of drought monitoring, drought indices are used to determine the status of drought. Currently, various drought indices have been developed and used worldwide. The drought index is a quantitative indicator of the severity of drought and the evolution of drought (Kang and Moon, 2014). The most common of these are standard precipitation index (SPI), Palmer drought severity index (PDSI) and Percent of normal index (PNI). SPI, which was developed by Mckee et al. (1993) is calculated by taking the difference of each precipitation value from average precipitation in a given period of time and dividing it with standard deviation. PDSI, which was developed by Wayne Palmer in 1965, is found by using data on precipitation, temperature and water holding capacity of soil. PNI is obtained by dividing the

amount of precipitation in a specified period of time by average precipitation (Willeke et al., 1994).

Considering the increasing trend in global temperatures and the impact on local climate, it has been pointed out that climate change may alter the frequency and severity of extreme events such as droughts (IPCC 2013). Therefore, drought analysis with respect to the effect of climate change has received more attention over recent decades (Jiang et al., 2015; Wu et al. 2016, Grillakis 2019; Mehr et al., 2020; Beden et al., 2020). In a study conducted by Ceylan et al. (2009) in Akçakale, Şanlıurfa, Iğdır, Tuzluca and Konya, it was found that meteorological drought was close to limit values according to drought indices. In a study conducted by Fidan (2011) in Eastern Mediterranean region, according to SPI drought analysis, it was found that “heavy rainfall” period was predominant in Kahramanmaraş and around between 1985 and 1990 and 1995 and 2000; while severe droughts occurred between 2000 and 2005 and later moderate droughts occurred. Meresa et al. (2016) showed that the temporal patterns of drought over the Polish basins varied significantly with the type of drought index: SPEI showed drier conditions for the future of the basins, while SPI showed wetter climates. Mehr et al. (2020) showed that Ankara experienced six severe and two extreme drought events during the reference period, 1971-2000. However, the projections indicated fewer drought events for the near-future period of 2016-2040, with no potential extreme drought events. Reis and Dutal (2015) conducted a hydrological drought prediction analysis for Kahramanmaraş by using Markov Chain Model. In their study, they found that “moderately dry” class would dominate with a probability of 79% between 2015 and 2020 and stated that Kahramanmaraş province hydrological drought would not change at least until 2020. Considering the above-mentioned trend in drought analysis within the scope of

climate change, the main purpose of this study is to determine the current and predicted meteorological drought condition throughout the metropolitan city of Kahramanmaraş, Turkey. In this study, meteorological drought analysis was made by using precipitation data for years between 1990 and 2020 for Kahramanmaraş province by using SPI.

2. Material and method

2. Materyal ve metod

2.1. Study area

2.1. Çalışma alanı

Kahramanmaraş (Figure 1), which is the area where the study was conducted, is located in Mediterranean region, it is 14,346 km² wide and it is located between 37-38 north parallels and 36-37 east meridians (Kahramanmaraş Directorate of Environment and Urbanization, t.y). The altitude varies between 350 m and 3090 m in Kahramanmaraş province (Gürbüz, 2014). 59.7% of the land in the province is mountains, 24% is plateaus and 16.3% is plains (Karademir et al., 2018). Kahramanmaraş is at the location where the Mediterranean, Eastern Anatolia and South-eastern Anatolia regions are closest to each other. Among the three different climate types, it shows a climate characteristics close to Mediterranean climate. Continental climate characteristics are seen to the North with altitude (Kahramanmaraş Directorate of Agriculture and Forestry, t.y). According to 1930 - 2019 years measurement period, annual average temperature is 16.6° C, annual average sunshine duration is 80.8 hours and annual total precipitation amount is 719.7 mm in Kahramanmaraş (General Directorate of Meteorology, t.y.). Table 1 shows information about the automatic meteorological observation stations in Kahramanmaraş region where precipitation data for SPI drought analysis was taken.

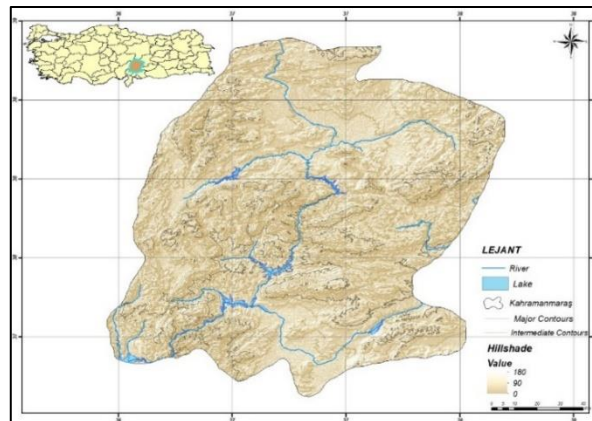


Figure 1. Study area
Şekil 1. Çalışma Alanı

Table 1. Information of the stations where drought analyses were made**Tablo 1.** Kuraklık analizi yapılacak istasyonların bilgileri

Station Name	Station No	Observation year	Latitude	Longitude
Afşin	17868	1990 - 2020	38°14'25.8"K	36°55'08.4"D
Elbistan	17870	1990 - 2020	38°12'13.7"K	37°11'53.5"D
Göksun	17866	1990 - 2020	38°01'26.4"K	36°28'56.3"D
Kahramanmaraş-Center	17255	1990 - 2020	37°34'33.6"K	36°54'54.0"D

2.2. Standardized precipitation index

2.2. Standartlaştırılmış yağış indeksi

SPI method, which was developed by [McKee et al. \(1993\)](#), is one of the widely used methods to monitor meteorological drought. Analysis can be made for different time periods. It is a dimensionless drought index. Precipitation data index is first applied into an appropriate probability distribution. After probability density function is determined, the cumulative probability of an observed precipitation amount is calculated. Next, Gauss function is applied to cumulative probability.

SPI is obtained by dividing the difference from the mean of the precipitation over the specified period of time by standard deviation (Equation 1) ([McKee et al., 1993](#); [Tsakiris & Vangelis, 2004](#)). In this study, meteorological drought analysis of Kahramanmaraş region was performed by using SPI method. In standardized precipitation index analysis, precipitation data of the region between

1990 and 2020 years were used. Meteorological drought analysis was made by using Rstudio program in time periods of 3, 6, 9 and 12 months. In addition, the Levene homogeneity test was applied to the precipitation data of all stations and it was seen that the data were homogeneous.

$$SPI = \frac{x_i - x_{ort}}{\sigma} \quad (1)$$

SPI: Standardized precipitation index, X_i : Observed precipitation (mm), X_{ort} : Mean precipitation of the data set and σ : standard deviation of the series. It is possible to classify SPI values (Table 2). In a drought assessment made by taking SPI values into account, the time period when the index is continually negative is defined as the dry period. While the month when the index first falls below zero is considered as the beginning of drought, the month when the index rises to a positive value is evaluated as the end of drought ([McKee et al., 1995](#)).

Table 2. SPI Drought Classification ([Karadaş & İmamoğlu, 2019](#))**Tablo 2.** SPI Kuraklık sınıflandırması ([Karadaş & İmamoğlu, 2019](#))

SPI value	Drought severity
≥ 2	Exceptionally wet
1.60 – 1.99	Extremely wet
1.30 – 1.59	Severely wet
0.80 – 1.29	Moderately wet
0.5 – 0.79	Mildly wet
0.50 – -0.50	Near normal
-0.51 – -0.79	Mildly dry
-0.80 – -1.29	Moderately dry
-1.30 – -1.59	Severely dry
-1.60 – -1.99	Extremely dry
≤ -2.0	Exceptionally dry

3. Results

3. Sonuçlar

3.1. Temporal distribution of long years average rainfall amount

3.1. Uzun yıllar ortalama yağış miktarının zamansal dağılımı

Table 3 shows long years monthly average total amount of precipitation and seasonal averages of Kahramanmaraş-centre, Afşin, Elbistan, Göksun automatic meteorological observation stations between 1990 and 2020 for each station. According to the mean total precipitation amount, while the least precipitation (1%) was observed in July and August in Afşin, Elbistan, Göksun districts, no precipitation was observed in Kahramanmaraş-centre in July and August. The highest amount of precipitation was observed with a rate of 15% in

December in Afşin and Göksun, with 14% in April in Elbistan and with 18% in January in Kahramanmaraş-centre.

Seasonal average of precipitation was found for each station between 1990 and 2020 (Table 3). According to precipitation amount normal value, the lowest precipitation occurred with a rate of 5% in summer in Afşin and Göksun, with a rate of 7% in Elbistan in summer and with a rate of 2% in summer in Kahramanmaraş-centre. The lowest precipitation occurred with a rate of 39% in winter in Afşin and Göksun, with a rate of 50% in winter in Kahramanmaraş-centre and with a rate of 37% in spring in Elbistan. According to seasonal average, the highest amount of precipitation was recorded in Kahramanmaraş with 58,9 mm, while the lowest amount was recorded in Elbistan with 31.8 mm.

Table 3. Long years monthly average total amount of precipitation and seasonal averages (mm)

Tablo 3. Uzun yıllar aylık toplam yağış miktarı ortalaması ve mevsimsel ortalaması (mm)

Time	Afşin	Elbistan	Göksun	Kahramanmaraş -Center
January	52.3	39.0	72.4	128.0
February	48.8	37.9	61.7	109.9
March	49.1	44.2	67.8	91.3
April	52.8	51.2	60.2	71.8
May	48.0	45.3	55.1	40.3
June	14.7	19.4	17.4	8.0
July	3.5	5.3	5.9	1.2
August	2.8	2.4	6.4	1.0
September	11.4	13.3	15.0	13.0
October	32.2	38.6	41.1	40.5
November	41.7	41.9	60.1	79.8
December	63.4	40.1	78.9	117.6
Winter	54.6	39.0	70.8	118.5
Spring	50.0	46.9	61.0	67.8
Summer	7.3	9.6	10.0	3.8
Autumn	28.8	31.7	39.6	45.5
Average total amount of precipitation (mm)	35.1	31.8	45.3	58.9

Temporal distribution of annual total precipitation data for all stations is shown in Figure 2. According to annual total precipitation data of 1990-2019 years, maximum annual total precipitation amount

took place as 1169 mm in Kahramanmaraş-centre station in 1996, while the minimum annual total precipitation amount took place as 181,6 mm in Göksun station in 2013.

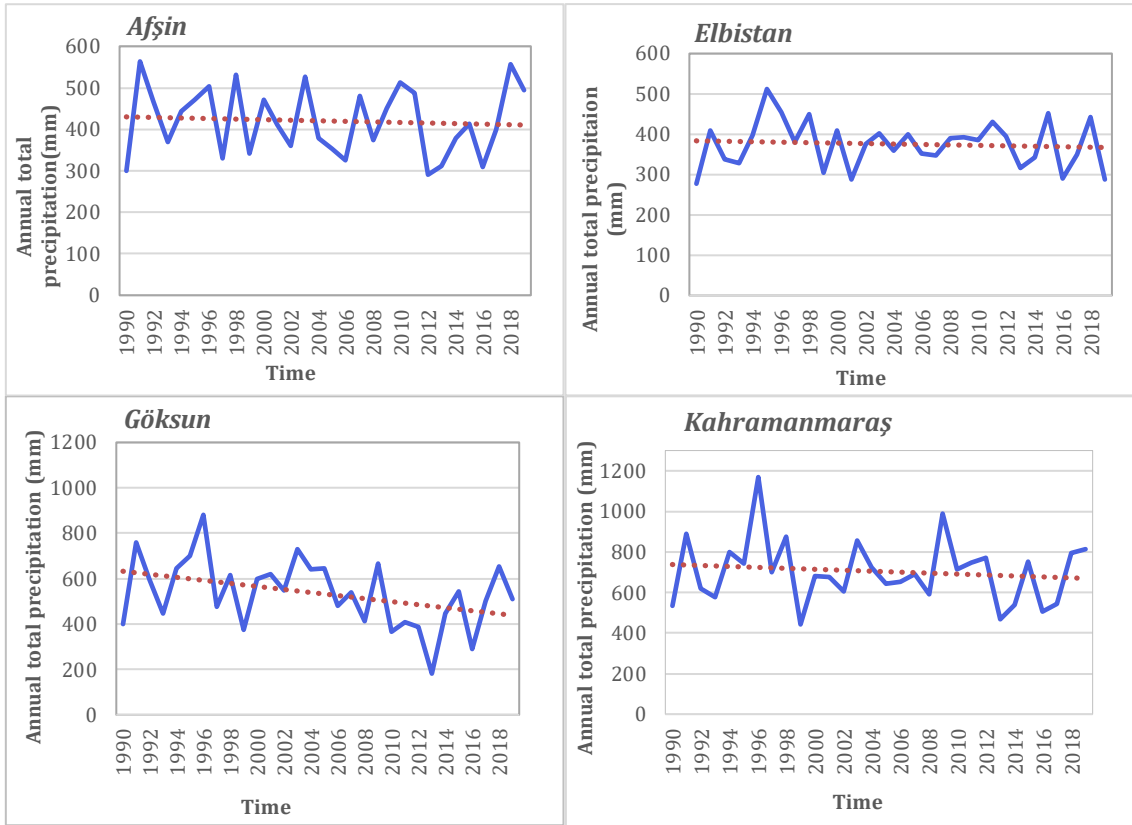


Figure 2. Annual total precipitation amounts
Şekil 2. Yıllık toplam yağış miktarları

3.2. Standardized precipitation index

3.2. Standartlaştırılmış yağış indeksi

SPI time series analyses were made for 3, 6, 9 and 12 month periods in Kahramanmaraş, Afşin, Elbistan and Göksun stations between 1990 and 2020 (Figure 3-Figure 6). Percentage distributions of 3, 6, 9 and 12 month SPI values of 4 meteorological stations in Kahramanmaraş region were calculated according to drought classification (Table 4-Table 7). According to the 12-month SPI values of the stations, it was found that Afşin was in highest wet (34.44%) and highest dry (31.67%) class when compared with the other stations. However, these drought index values are predominantly within mild and moderate dry classes in Afşin. Göksun was found to have severe, extreme and exceptional drought index values (10.56%).

According to 3, 6, 9 and 12 months all SPI values, Göksun and Kahramanmaraş-centre are severely, extremely and exceptionally wet, while Afşin and Elbistan are moderately and mildly wet (Table 4-Table 7). It was also found that Afşin and Elbistan were mildly and moderately wet, while Göksun and Kahramanmaraş were severely, extremely and exceptionally dry. The result that both severely wet and severely dry classes were prevalent in Göksun and Kahramanmaraş SPI data shows the irregularity of precipitation in these regions. For Afşin and Elbistan districts, which received less precipitation than these stations, SPI data showed that moderately wet, normal and moderately dry classes were predominant in these regions and that they received relatively more regular precipitation.

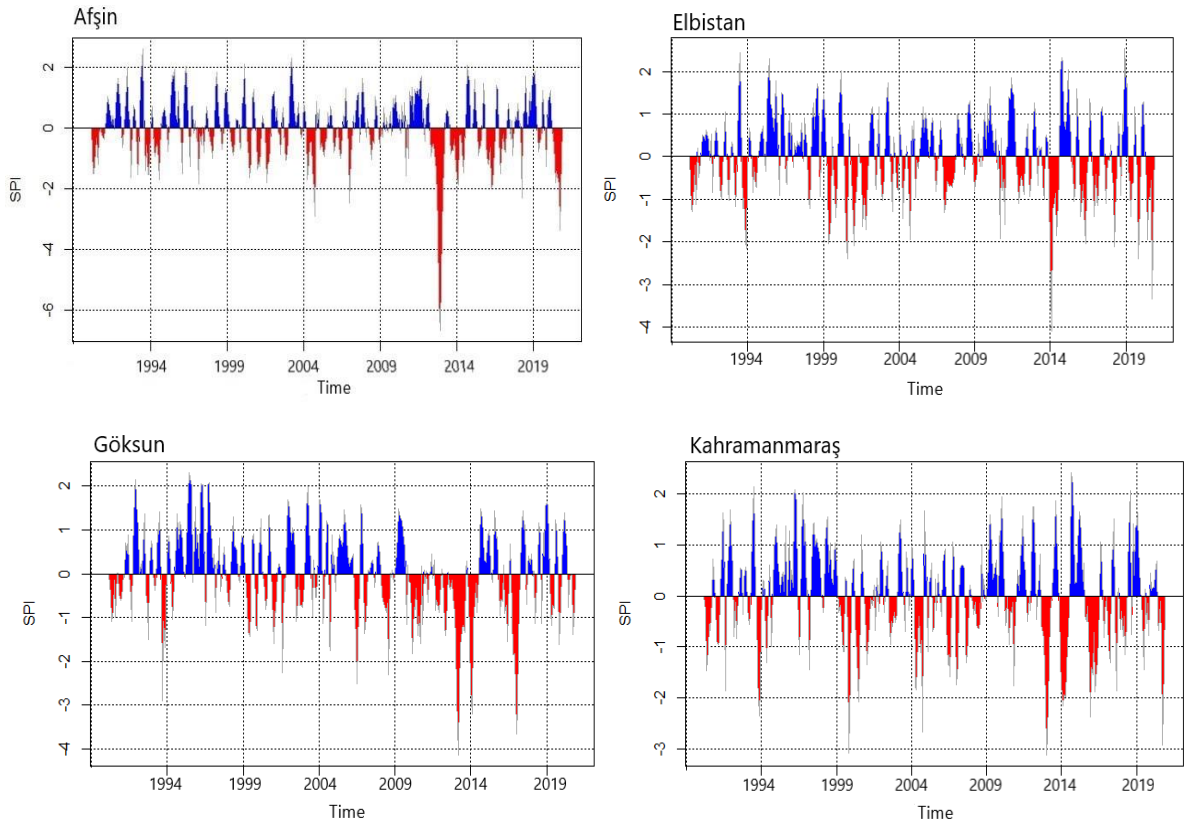


Figure 3. SPI time series for 3-month period
Şekil 3. 3 aylık dönem için SPI zaman serisi

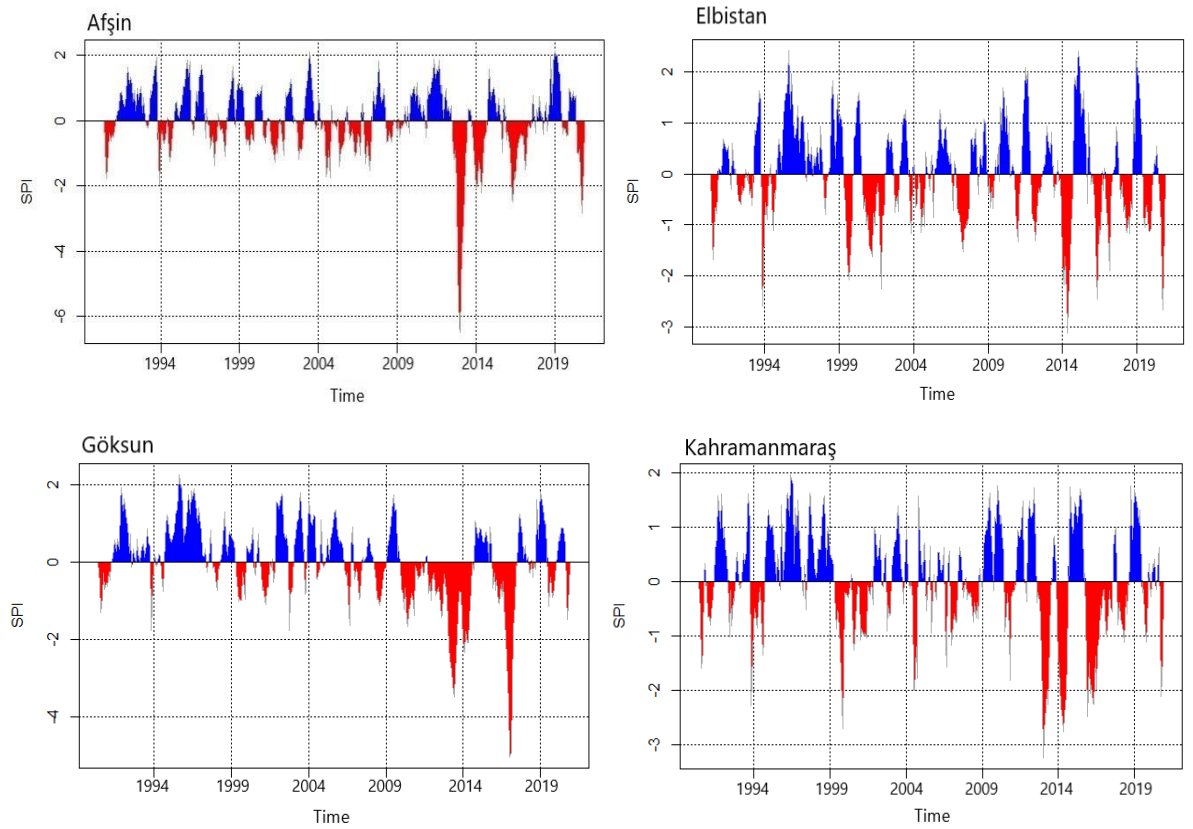


Figure 4. SPI time series for 6-month period
Şekil 4. 6 aylık dönem için SPI zaman serisi

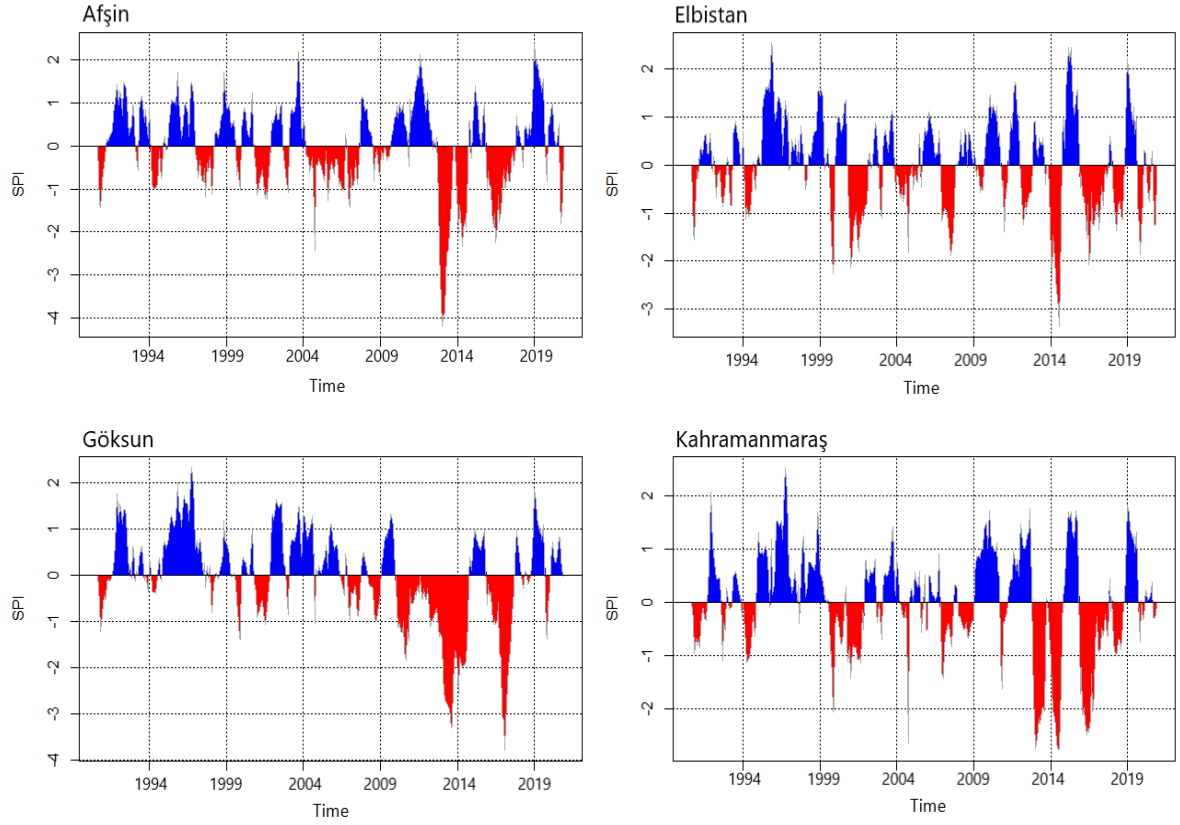


Figure 5. SPI time series for 9-month period
Şekil 5. 9 aylık dönem için SPI zaman serisi

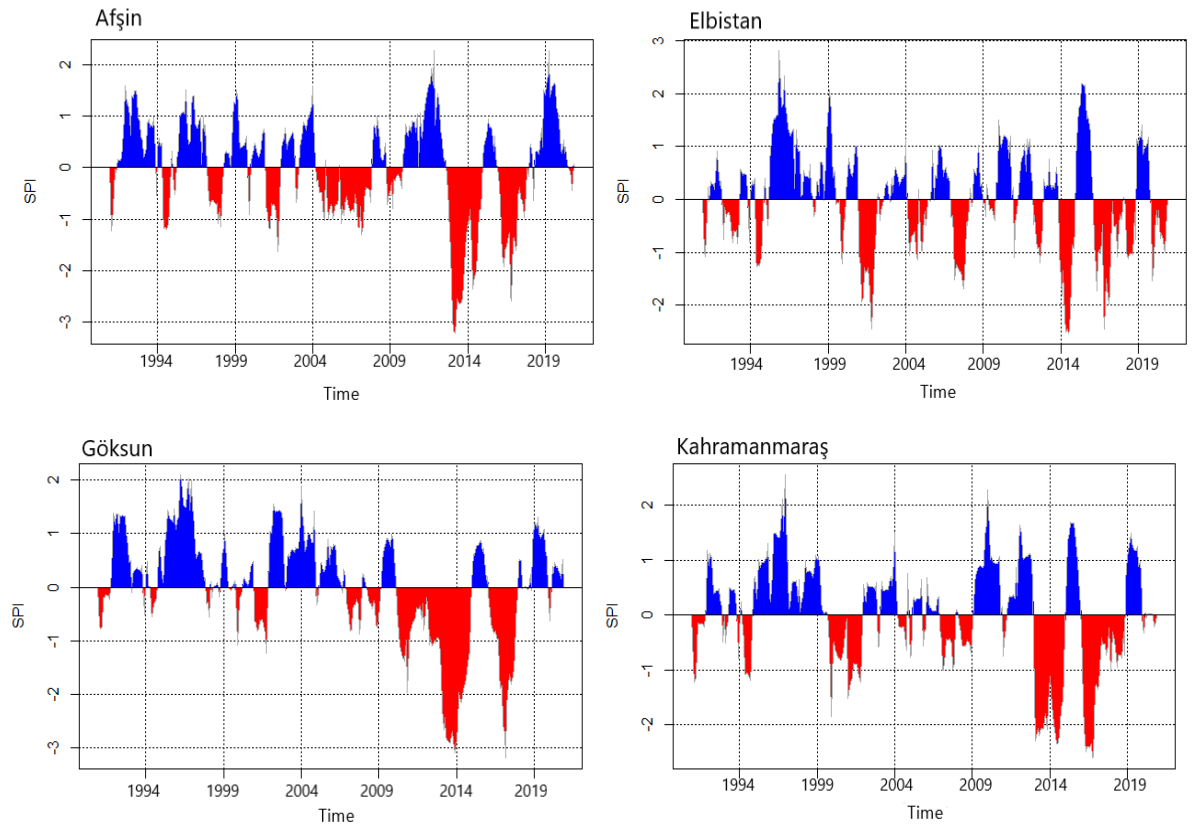


Figure 6. SPI time series for 12-month period
Şekil 6. 12 aylık dönem için SPI zaman serisi

Table 4. Percentage distribution of 3-month SPI values according to drought classification
Tablo 4. 3 aylık SPI değerlerinin kuraklık sınıflandırmasına göre yüzdelik dağılımları

SPI Drought Classification	Afşin	Elbistan	Göksun	Kahramanmaraş-Center
Exceptionally wet	1.90	1.90	1.90	1.63
Extremely wet	4.07	2.98	2.44	3.25
Severely wet	2.71	3.25	4.88	4.88
Moderately wet	11.38	13.01	13.82	11.38
Mildly wet	13.01	10.84	8.94	11.11
Near normal	36.86	34.69	37.67	39.57
Mildly dry	10.30	12.74	9.76	8.40
Moderately dry	9.49	12.47	10.57	8.40
Severely dry	4.07	2.71	4.61	5.15
Extremely dry	3.79	2.44	2.44	3.52
Exceptionally dry	2.44	2.98	2.98	2.71

Table 5. Percentage distribution of 6-month SPI values according to drought classification
Tablo 5. 6 aylık SPI değerlerinin kuraklık sınıflandırmasına göre yüzdelik dağılımı

SPI Drought Classification	Afşin	Elbistan	Göksun	Kahramanmaraş-Center
Exceptionally wet	0.55	2.19	0.27	0.00
Extremely wet	4.10	3.28	4.37	4.10
Severely wet	3.55	4.37	5.74	5.74
Moderately wet	15.03	11.48	10.93	13.39
Mildly wet	9.56	8.47	11.48	11.20
Near normal	37.98	38.80	38.25	36.61
Mildly dry	10.66	11.20	9.29	8.20
Moderately dry	9.84	12.02	10.38	10.66
Severely dry	3.01	2.46	2.73	2.46
Extremely dry	2.46	2.46	2.46	2.73
Exceptionally dry	3.28	3.28	4.10	4.92

Table 6. Percentage distribution of 9-month SPI values according to drought classification
Tablo 6. 9 aylık SPI değerlerinin kuraklık sınıflandırmasına göre yüzdelik dağılımı

SPI Drought Classification	Afşin	Elbistan	Göksun	Kahramanmaraş-Center
Exceptionally wet	0.83	1.93	0.83	1.10
Extremely wet	2.20	1.93	1.65	2.20
Severely wet	4.68	5.51	6.06	6.06
Moderately wet	16.25	10.47	13.22	12.40
Mildly wet	11.02	12.12	11.02	9.92
Near normal	34.16	37.19	39.67	39.67
Mildly dry	9.64	9.09	7.99	9.37
Moderately dry	12.67	12.12	9.64	9.64
Severely dry	2.48	4.41	1.65	1.38
Extremely dry	2.75	2.75	3.86	2.20
Exceptionally dry	3.31	2.48	4.41	6.06

Table 7. Percentage distribution of 12-month SPI values according to drought classification**Tablo 7.** 12 aylık SPI değerlerinin kuraklık sınıflandırmasına göre yüzdelik dağılımı

SPI Drought Classification	Afşin	Elbistan	Göksun	Kahramanmaraş-Center
Exceptionally wet	0.56	2.22	0.56	0.83
Extremely wet	1.67	2.22	1.39	2.22
Severely wet	5.83	3.89	7.50	4.72
Moderately wet	13.61	11.67	11.39	15.28
Mildly wet	12.78	8.33	13.33	10.28
Near normal	33.89	42.78	38.61	37.22
Mildly dry	11.11	6.39	8.06	10.00
Moderately dry	11.39	13.33	8.61	9.44
Severely dry	2.78	3.61	1.67	1.94
Extremely dry	1.94	3.06	3.61	2.50
Exceptionally dry	4.44	2.50	5.28	5.56

3.3. Dry periods and their duration

3.3. Kurak dönemler ve süreleri

It was found that SPI values were constantly negative (dry periods) for all stations in periods of 3, 6, 9, 12 months between 1990 and 2020 (Table 8). According to SPI index values, the least negative values (dry) were for 12 months. In this study, the longest dry period was found in Göksun and Kahramanmaraş-centre. According to 9 and 12 month SPI values, the longest dry period was 58 months between years 2010 and 2014, while according to 12 month SPI values, the longest dry period was 34 months in Kahramanmaraş-centre between years 2016 and 2018.

Although there are fluctuations in annual total precipitation amount in Kahramanmaraş region, no large slope is seen in the annual total precipitation curve. However, according to SPI values, while dry periods increased especially after 2000, their duration also began to get longer. It can be seen that

there was a dry period of 31 months between 2004 and 2006 and a dry period of 28 months between 2012 and 2014 in Afşin (Table 8). In Elbistan, both total annual amount of precipitation (Figure 2) and drought according to SPI are highly variable. In this region, the longest drought was 24 months between 2016 and 2018 according to 12-month SPI values. A 58-month very long period of drought took place in Göksun between 2010 and 2014 in a time period of 9 and 12 months. The minimum total amount of precipitation (181.6 mm) was in 2013 in Göksun and a short period of increase was found to occur in precipitation in the following years (Figure 2). In Kahramanmaraş-centre, a dry period of 38 months was observed between 2016 and 2018 in a period of 12 months. However, this situation did not cause an obvious change in total annual amount of precipitation (Figure 2). The reason for this may be the decrease in the total number of wet days, although the amount of precipitation did not change.

Table 8. Dry periods according to SPI values
Tablo 8. SPI değerlerine göre kurak dönemler

Period	Dry period	Drought Duration (months)
Afşin		
3	1990 – 1991	12
	2012 – 2013	12
6	2012 – 2013	12
	2013 – 2014	12
	2015 – 2017	20
	1997 – 1998	15
	2000 – 2001	13
9	2004 – 2006	31
	2008 – 2009	14
	2012 – 2013	13
	2015 – 2017	23
	1997 – 1998	13
12	2001	12
	2005 – 2007	24
	2008 – 2009	12
	2012 – 2014	28
	2015 – 2017	25
Elbistan		
3	-	-
6	2000 – 2002	19
	2013 – 2014	12
9	2000 – 2002	16
	2003 – 2004	14
	2006 – 2007	12
	2015 – 2017	23
	1992 – 1993	14
12	2001 – 2002	14
	2006 – 2008	15
	2013 – 2014	13
	2016 – 2018	24
	2019 – 2020	13
Göksun		
3	2012 – 2013	13
	2009 – 2011	20
6	2011 – 2014	36
	2015 – 2017	19
9	2000 – 2001	13
	2010 – 2014	58
	2015 – 2017	22
12	2006 – 2007	12
	2010 – 2014	58
	2016 – 2017	23
Kahramanmaraş-Center		
3	2015 – 2016	12
	1999 – 2000	13
6	2000 – 2001	15
	2012 – 2013	12
	2015 – 2017	21
	1990 – 1991	13
	1993 – 1994	12
9	1999 – 2000	13
	2000 – 2001	14
	2008 – 2009	13
	2015 – 2017	23
	1999 – 2001	28
12	2006 – 2007	13
	2013 – 2015	25
	2016 – 2018	34

4. Discussion

4. Tartışma

Drought is obviously one of the more damaging yet hardly determined natural disasters among others. Drought monitoring using drought indices often serves as an important base. Drought indices computed from forecasted rainfall gives a better outlook of potential risk that may be inflicted upon the region. In this study, meteorological drought analysis was made and evaluated for long years (1990 -2020) in Kahramanmaraş region. According to the results found, it can be seen that total mean amount of precipitation was higher in Kahramanmaraş-centre and Göksun regions than the total mean amount of precipitation in Elbistan and Afşin regions. However, depending on the total annual amount of precipitation, irregular precipitation was observed in Göksun region according to SPI data. In this region, 58-month long meteorological drought was observed between the years 2010 and 2014. Kahramanmaraş-centre shows severely wet and severely dry characteristics according to SPI index due to irregular precipitation. In addition, the longest dry period was found to last for 34 months between 2016 and 2018 in Kahramanmaraş-centre. Although there are irregular rains in Afşin, it has been determined that although there are many dry periods, the droughts are relatively short. Elbistan is the region with the least rainfall. However, shorter dry periods are seen compared to Göksun and Kahramanmaraş-Center. Although more irregular precipitation and drought periods were observed in Afşin, drought was found to last relatively shorter. Elbistan is the region with the lowest amount of precipitation. However, shorter dry periods are observed in Elbistan compared to Göksun and Kahramanmaraş-center. As a result, it was found that there were long periods of meteorological drought in Göksun and Kahramanmaraş-centre and meteorological drought was more severe in this region. On the other Kahramanmaraş-centre and Göksun district have both the highest average values of total precipitation and long drought periods in various periods compared to other districts. This shows that erratic and sudden precipitation, which is one of the consequences of climate change, may also occur.

Since SPI, which has been mainly used for drought analysis, is calculated only by considering precipitation, there is a limit to applying SPI to the establishment of drought adaptation measures that reflect the effects of global warming. In the journey of climate change adaptation policy to drought to gain public confidence, there is a need for studies

on alternatives to complement the problems exposed in SPI. In light of these needs, the development of new drought indices that reflect various future climate variables, including precipitation, or the development of combined drought indices that can incorporate various currently used drought indices based on different meteorological variables will be a prerequisite for establishing climate change drought adaptation measures

Acknowledgment

Teşekkür

We would like to thank Kahramanmaraş Meteorology Directorate for providing the meteorological data used in this study.

Author contribution

Yazar katkısı

All authors contributed to the study conception and design. Data collection was done by SA. The study of analysis was performed by MP. The first draft of the manuscript was written by MP and SA commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

Conflicts of interest

Çıkar çatışması beyanı

The authors declare that there is no conflict of interest

References

Kaynaklar

- Arslan, O., Bilgil, A., & Veske, O. (2016). Standart yağış indisi yöntemi ile Kızılırmak Havzası'nın meteorolojik kuraklık analizi. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(2), 188-194, <https://doi.org/10.28948/ngumuh.295572>.
- Beden, N., Demir, V., & Keskin, A.Ü. (2020). Trend analysis of SPI and PNI drought indices in Samsun City. *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 22(64), 107-116,
- Ceylan, A., Turgu, E., Mollamahmutoğlu, A., & Aydoğan, A. (2009). Türkiye'de son yıllarda gözlenen kuraklık hadiselerinin değerlendirilmesi, *Su Kaynakları*, 2(1), 1-11.
- Doğan, S., & Tüzer, M. (2011). Küresel iklim değişikliği ve potansiyel etkileri, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1), 21-34.

- Fidan, İ. H. (2011). *Doğu Akdeniz bölgesinde standardize yağış indeksi (syi) ile kuraklık analizi ve Markov zinciri yöntemini kullanarak kurak olma olasılıklarının belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana].
- General Directorate of Meteorology (t.y.). In the website of the General Directorate of Meteorology, Access address: <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=K.MARAS>.
- Grillakis, M.G. (2019). Increase in severe and extreme soil moisture droughts for Europe under climate change. *Science of the Total Environment*, 660, 1245–1255.
- Gürbüz, M., Yıldırım, U., & Belli, A. (2014). Büyükşehir Belediye Kanunu'nun Kahramanmaraş ili ölçeğinde analizi, *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(5), 102-135, <https://doi.org/10.30803/adusobed.188832>.
- Jiang, R., et al. (2015). Use of four drought indices for evaluating drought characteristics under climate change in Shaanxi, China: 1951–2012. *Natural Hazards*, 75 (3), 2885-2903.
- Kahramanmaraş Directorate of Agriculture and Forestry (t.y.). Within the website of Kahramanmaraş Directorate of Agriculture and Forestry, Access address: <https://kahramanmaraş.tarimorman.gov.tr/Menu/25/Kahramanmaraş-Ve-Tarım>.
- Kahramanmaraş Directorate of Environment and Urbanization (t.y.). Within the website of Kahramanmaraş Directorate of Environment and Urbanization: Access address: <https://kahramanmaraş.csb.gov.tr/ilimiz-hakkında-i-824>.
- Kang, S., & Moon, J. (2014). Drought analysis using SC-PDSI and derivation of drought severity-duration-frequency curves in North Korea. *Journal of Korea Water Resources Association* 47 (9), 813-824.
- Kapluhan, E. (2013). Türkiye'de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27, 487-510.
- Karadaş, S., & İmamoğlu, A. (2019). Standart yağış indeksi (SPI) yöntemi ile Gaziantep istasyonu'nun kuraklık analizi, 1. İstanbul Uluslararası Coğrafya Kongresi Bildiri Kitabı (ss. 1119-1126). İstanbul, <https://doi.org/10.26650/PB/PS12.2019.002.104>.
- Karademir, N., Sandal, E. K., & Urhan F. B. (2018). Kahramanmaraş'ta turizm algısı, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 23(39), 45-64, <https://doi.org/10.17295/atauniddc.417212>.
- Keskiner, A.D., Çetin, M., Uçan, M., & Şimşek, M. (2016). Coğrafi bilgi sistemleri ortamında standardize yağış indeksi yöntemiyle olasılıklı meteorolojik kuraklık analizi: Seyhan Havzası örneği, *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(2), 79-90.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, 179-184.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., & Kleist, J., (1995). Drought monitoring with multiple time scales, American meteorological society, Proceedings of 9th. Conference on Applied Climatology, Dallas, 233-236.
- Mehr, A.D., Sorman, A.U., Kahya, E., & Mahdi Hesami Afshar, M.H. (2020). Climate change impacts on meteorological drought using SPI and SPEI: case study of Ankara, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 65 (2), 254-268.
- Meresa, H.K., Osuch, M., & Romanowicz, R. (2016). Hydrometeorological drought projections into the 21-st century for selected Polish catchments. *Water*, 8 (5), 206.
- Reis, M., & Dotal, H. (2015). Markov Zinciri Modeli kullanılarak Kahramanmaraş ili için gelecekteki hidrolojik kuraklık olasılıklarının belirlenmesi, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 16(1), 34-43, <https://doi.org/10.17475/kujff.54900>.
- Şahin, Ü., & Kurnaz, L. (2014). *İklim Değişikliği ve Kuraklık*, Erişim adresi: <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKEDITORImages/20200326-02030608.pdf>.
- Tsakiris, G., & Vangelis, H. (2004). Towards a drought watch system based on spatial SPI. *Water Resources Management*, 18(1), 1-12, <https://doi.org/10.1023/B:WARM.0000015410.47014.a4>.
- Turan, E.S. (2018). Türkiye'nin iklim değişikliğine bağlı kuraklık durumu, *Doğal Afet Çevre Dergisi*, 4(1), 63-69, <https://doi.org/10.213247/dacd.357384>.
- Türkeş, M., Akgündüz, A.S., & Demirörs, Z. (2009). Palmer Kuraklık İndisi'ne Göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(2), 129-144, https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000102.
- Willeke, G., Hosking, J.R.M., Wallis, J.R., & Guttman, N.B. (1994). The National Drought Atlas,

Institute for Water Resources Report, 94-NDS-4,
U.S. Army Corps of Engineers.

current observations and future projections.
*Stochastic Environmental Research and Risk
Assessment*, 30 (7), 1821–1834.

Wu, C., Xian, Z., & Huang, G. (2016). Meteorological
drought in the Beijiang River basin, South China:

Karmaşık jeolojik ortamlarda gelişen hidrokarbon kapan türlerinin patlayan yansıtıcı yöntemi ile modellenmesi

Modeling of hydrocarbon trap types developing in complex geological environments by exploding reflector method

Şerife BOĞAZKESEN^{*1,a}, Hakan KARSLI^{2,b}

¹ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

• Geliş tarihi / Received: 27.09.2021

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 23.03.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 14.04.2022

Öz

Karmaşık jeolojik ortamlarda gelişen yapısal ve stratigrafik hidrokarbon (petrol, gaz) kapanları, tektonik deformasyona maruz kalan bölgelerde veya yanıl yönde geçirimsiz kayaların bulunduğu yerlerde oluşurlar ve önemli miktarlarda hidrokarbon biriktirirler. Bu tür kapanların olduğu ortamlarda, yansımalar oldukça karmaşık davranış gösterirler. Dolayısıyla, bu tür karmaşık jeolojik ortamlarda sismik dalga yayılımını anlamak, yorumlama aşamasında önemli katkılar sağlar. Bu çalışmada, yapısal ve stratigrafik hidrokarbon kapanlarının modellenmesi patlayan yansıtıcı (PY) tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Yöntemin en önemli avantajları sismik kaynağın yansıtıcı ara yüzeylerine konulması ve tek yol seyahat zamanı ile yüzeydeki alıcılarda kaydedilmesidir. Dolayısıyla, hesaplama sonucunda doğrudan sıfır ofset kesitler elde edilmiştir. Kaynaktan yayılan sismik dalgalarının sayısal hesaplaması isteğe bağlı farklı özelliklerde giriş modelleri seçebilme yeteneği ve dalga yayılım problemlerine doğrudan çözüm sağlaması nedeniyle oldukça kullanışlı olan sonlu farklar yöntemi (SFY) ile yapılmıştır. Böylece, patlayan yansıtıcı tekniğine dayalı olarak SFY ile tam dalga alanın çözümü sayesinde hidrokarbon araştırmalarında sıklıkla karşılaşılan kanal, antiklinal, senklinal, normal fay tipi kapanların sismik modelleri kolay ve hızlı bir şekilde hesaplanmıştır. Sonuç olarak, PY tekniği ile sıfır ofset kesitlerinin (yığma kesitleri) elde edilmesi, pratik olarak gerçek sismik verilerin yorumlanmasında yorumcuya önemli katkılar sağlayacağı gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Hidrokarbon kapanı, Patlayan yansıtıcı, Sismik modelleme, Sonlu farklar yöntemi

Abstract

Structural and stratigraphic hydrocarbon (oil, gas) traps that develop in complex geological environments are formed in regions subjected to tectonically deformation or where there are impermeable rocks in the lateral direction and accumulate significant amounts of hydrocarbons. Reflections from the subsurface media including such traps indicate highly complex behaviour. Therefore, understanding seismic wave propagation in such environments provide important contributions to the interpretation stage. In this study, the modeling of structural and stratigraphic hydrocarbon traps was carried out with exploding reflector (ER) technique. The most important advantages of the method is that the seismic source is located at the reflective interfaces and recorded by the receivers at the surface with the one way travel time. Therefore, as a result of the calculation, directly zero offset sections could be obtained. Numerical calculation of the seismic waves propagated from the source was made by the finite difference method (FDM) which is very useful due to the ability to choose arbitrary input models with different features and provide direct solutions to wave propagation problems. Thus, seismic models of channel, anticline, syncline, normal fault type traps which are frequently encountered in hydrocarbon explorations were calculated easily and quickly by means of the solution of the full wave field with FDM based on the exploding reflector technique. As a result, it has been shown that obtaining zero offset sections (stacked sections) with the ER technique will practically make important contributions to the interpreter during the interpretation of real seismic data.

Keywords: Hydrocarbon trap, Exploding reflector, Seismic modelling, Finite difference method

*a Şerife BOĞAZKESEN; serifebogazkesen@atauni.edu.tr, Tel: (0537) 290 82 14, 0000-0002-5400-4790

^b orcid.org/0000-0002-7758-1363

1. Giriş

1. Introduction

Karmaşık jeolojik ortamlarda gelişen hidrokarbon kapanları, yapısal, stratigrafik veya bunların bileşimi şeklinde oluşmaktadır ve bu karmaşıklıklarından dolayı sismik kesitlerde yüksek ayrımlı görüntülenmeleri çoğunlukla zorlaşmaktadır (Fagin, 1991). Çünkü, karmaşık özelliklere sahip kapanların bulunduğu ortamlarda sismik dalga yayılımı oldukça karmaşık davranış göstermektedir. Dolayısıyla, bu kapanların sismik tepkilerinin nasıl olacağıın anlaşılması önem arz etmektedir.

Sıfır ofset sismik kesitlerin modellenmesi için yapay sismogramların hesaplanması patlayan yansıtıcı (PY) tekniğinin kullanımını ile gerçekleştirilebilir (Loewenthal vd., 1976; Carcione vd., 1994). Bununla birlikte, yöntemde yeraltındaki yansıtıcılardan yüzeydeki alıcılara doğrudan dalga yayılımını içerdiğinden PY tekniği yansıma olmayan dalga denklemi (non-reflecting wave equation) olarak da isimlendirilmiştir (Baysal vd., 1984). PY tekniği sismik veriye benzerlik gösteren yer radarı verilerinin modellenmesinde de başarılı şekilde uygulanmıştır (Carcione vd., 2002) ve bu teknik ile iki yol zamanı içeren yansıma modellenmesinin aksine saçılma ve yansıma olaylarının doğru seyahat zamanlarının hesaplanabileceğini belirtmişlerdir. Cooper vd. (2010) yüksek hızlı kama modelinin geometrisini ve hızını kullanarak patlayan yansıtıcı yöntemi ile sayısal modelini hesaplamışlardır ve elde edilen modelde tekrarlıların oluştuğunu, ancak sonlu fark algoritmasının akustik olmasından dolayı mod dönüşümlerinin oluşmayacağını belirtmişlerdir. Dolayısıyla, patlayan yansıtıcı yöntemi ile model üzerindeki olayların daha kolay yorumlanabileceğini ifade etmişlerdir. Nejati and Hashemi (2012) PY tekniğini farklı yer ortamlarının sismik modellerini ve göçünü hesaplamak için kullanmışlardır. Zhu & Huang (2015) patlayan yansıtıcı kavramını kullanarak sıfır ofset veriler için Ters Zaman Göç (Reverse Time Migration-RTM) probleminin çözümünde Yee (1966) tarafından geliştirilen algoritmayı uygulayarak akustik dalga denkleminin bir çözümünü gerçekleştirmişlerdir ve algoritmalarını kum tepesi içeren bir stratigrafik yer modeli üzerinde test etmiştir. Franco vd. (2018) CREWES tarafından geliştirilen kodları kullanılarak patlayan yansıtıcı yaklaşımı ile jeotermal bir sahada belirli bir hat boyunca yapay sismik yansıma modellenmesini gerçekleştirmiş ve jeotermal rezervuar modellenmesine ilişkin jeolojik ve

jeofizik varsayımların doğruluğunu test etmişlerdir.

Patlayan yansıtıcı yönteminde, karmaşık hidrokarbon kapanlarının herhangi bir noktasındaki yer değiştirmesini hesaplayabilmek için sismik dalga denkleminin uygulanabilen ve diferansiyel denklemleri çözebilen Sonlu Fark Yöntemi (SFY) ile başarılı bir şekilde yapılabilmektedir. Sismik dalga alanı, sonlu fark formülleri ile dalga denkleminin türevlerini yaklaşık olarak değerlendirerek ve sonuçlanan fark denklemini yinelemeli olarak çözerek her bir grid noktasında hesaplamaktadır. Sonlu fark yöntemi, geçmiş zamanlardaki dalga alanını kullanarak şimdiki ve gelecek zamanlardaki dalga alanını belirlemede son derece başarılı şekilde uygulanmaktadır (Marfurt, 1984; Carcione vd., 2002; Margrave, 2003; Moczo vd., 2007).

Bu çalışmada kanal, antiklinal, senklinal ve normal fay tipi kapan modelleri için patlayan yansıtıcı tekniğine dayalı olarak SFY ile doğrudan sıfır ofset sismik modelleri Youzwishen ve Margrave (1999) hesaplanmıştır. Bu jeolojik yapıların uzaysal konumları ve sismik dalga yayılımına tepkileri değerlendirilmiştir.

2. Yöntem

2. Method

2.1. Patlayan yansıtıcı yöntemi

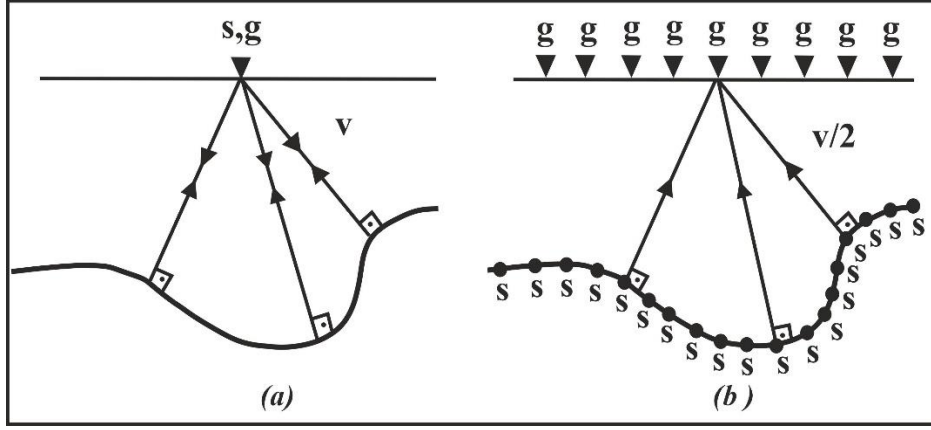
2.1. Exploding reflector method

Sismik veri elde edilirken hem alıcılar hem de kaynak noktaları yeryüzüne yerleştirilir. Bu işlem, iki yönlü seyahat zamanını gerektirir. Bununla birlikte, sıfır ofset kesit, tek bir kaynak ve tek bir alıcı ile aralarında ayırım olmaksızın hat boyunca hareket ettirilerek kaydedilir (Şekil 1a). Kaydedilen enerji, yansıtıcı ara yüzeylerinden normal geliş açısı olan ışın yollarını takip etmektedir.

Aynı sismik kesiti üreten alternatif bir geometri ise Şekil (1b)'de verilmiştir. Yansıtıcı ara yüzeyler boyunca yerleştirilmiş olan patlayan kaynakların ve hat boyunca her ortak orta nokta (OON) konumunda yüzeyde alıcıların olduğu varsayılmaktadır (Loewenthal vd., 1976). Kaynaklar birlikte patlar ve yukarı doğru yüzeyde yerleştirilmiş alıcılara doğru yayılan dalgalar gönderir. Patlayan yansıtıcıdan yansıyan dalga, OON kesitinde kaydedilenlerin tam olarak yarısına eşit zamanlarda yer yüzeyine ulaşacaktır. Böylece elde edilen yer modeli, patlayan yansıtıcı modeli olarak adlandırılmaktadır (Loewenthal, 1996).

Patlayan yansıtıcı modelinden elde edilen sismik kesit, büyük ölçüde sıfır ofset kesitine eşdeğerdir. Ayrıca, eğer saçılma üretecek süreksizlikler yok ve ara yüzeyler yatay ya da yataya yakın ise yığma sonrası göç kesitlerini de temsil ederler. Sıfır ofset kesiti iki yönlü seyahat zamanı olarak kaydedilirken (kaynaktan yansıma noktasından

alıcıya), patlayan yansıtıcı modeli tek yönlü seyahat zamanı olarak kaydedilir (kaynağın yansıma noktasına yerleştirildiği yerden alıcıya). Sıfır ofset kesit ile patlayan yansıtıcı modeli arasındaki eşdeğerlik, özellikle yanal hız değişimlerinin varlığında tam olarak kesin değildir (Kjartansson & Rocca, 1979).



Şekil 1. (a) Sıfır ofset kaydının geometrisi ve (b) patlayan yansıtıcı sıfır ofset kaydının varsayımsal modelleme geometrisi. Burada s kaynağı, g alıcıları ve v ortam hızını temsil etmektedir (Claerbout, 1985).

Figure 2. (a) The geometry of the zero offset records and (b) hypothetical modeling geometry of the exploding reflective zero offset records. Here s is the source, g is the receivers and v is the media velocity of the medium (Claerbout, 1985)

Patlayan yansıtıcı modellemesinde, sonlu fark yaklaşımı kullanılarak belirli bir hız modeli için iki boyutlu (2B) bir dalga alanı zaman ortamında

hesaplanmaktadır. İki boyutlu (2B) skaler dalga denklemi aşağıdaki denklem (1) ile verilmiştir.

$$\nabla^2 \Psi(x, z, t) = \frac{\partial^2 \Psi(x, z, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2(x, z)} \frac{\partial^2 \psi(x, z, t)}{\partial t^2} \quad (1)$$

Sabit yoğunluklu, akustik ortamdaki Ψ dalga potansiyelini, t zamanı (saniye-s), v hızı (metre/saniye-m/s), ∇^2 Laplace operatörünü ve (x, z) uzaysal koordinatları temsil etmektedir. Ancak, dalga denkleminin analitik (çözümlemeli) çözümlerinin sayısı çok azdır ve dalga alanı modellemelerini gerçekleştirmek için genellikle yaklaşık bir çözüm yöntemi kullanılmaktadır.

Sonlu farklar (Kelly vd., 1976), sonlu eleman (Malfurt, 1984) ve Fourier ortamında uygulanabilen yapma spektral yöntemler (Kosloff & Baysal, 1982) gibi çeşitli sayısal yöntemler geliştirilmiştir.

Dalga alanının hesaplanması için denklem (2) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\Psi(x, z, t + \Delta t) = [2 + \Delta t^2 v^2(x, z) \nabla^2] \Psi(x, z, t) - \Psi(x, z, t - \Delta t) \quad (2)$$

Denklem (2), denklem (1)'in ikinci dereceden merkezi sonlu fark yaklaşımının sonucudur. Hız modeli ve dalga alanı t ve t - Δt zamanı kullanılarak hesaplanabilir. Çözümdeki kararlılık koşulu denklem (3) ile aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$\frac{v_{\max} \Delta t}{\Delta x} \leq \sqrt{3/8} \quad (3)$$

Burada; v_{\max} maksimum hızı (metre/saniye-m/s), Δx ve Δt sırasıyla uzaysal ve zamansal örnekleme aralığını göstermektedir.

3. Yapay sismik modeller

3.1. Synthetic seismic models

Yapay modelleme için sırasıyla kanal, antiklinal, senklinal ve normal fay kapanı olan dört farklı hız

modeli oluşturulmuştur. Modellemede kullanılan kaynak fonksiyonu, uzaysal ve zamansal hesaplama parametrelerine ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Modelleme için gerekli olan yansıtıcı ara yüzeyler, derinlik ve uzaysal konum bilgileri sayısallaştırılarak elde edilmiştir.

Tablo 1. Patlayan yansıtıcı modellemesinde kullanılan parametreler

Table 1. Parameters used in exploding reflector modeling

Patlayan Yansıtıcı Modellemesinde Kullanılan Parametreler								
	Profil uzunluğu (m)	Maks. derinlik (m)	Maks. hız (m/s)	Min. hız (m/s)	Hesaplama zaman adımı (ms)	Örnekleme zamanı (ms)	Kayıt uzunluğu (ms)	Kaynak dalgacığı (Hz)
<i>Kanal</i>	2500	1000	4000	1500	0.05	4	1500	30
<i>Antiklinal</i>	2000	1000	4000	2000	0.05	4	1500	30
<i>Senklinal</i>	2500	1000	4000	1500	0.05	4	1500	30
<i>Normal</i>								
<i>Fay</i>	2500	1000	4000	1000	0.05	4	1500	30
<i>Kapanı</i>								

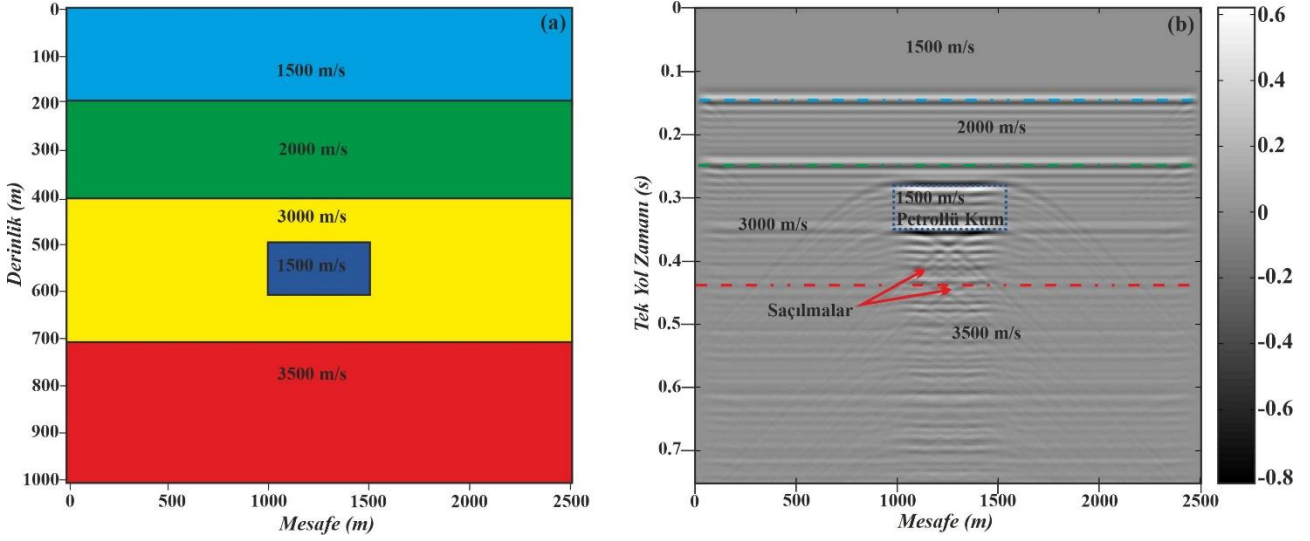
Bu dört farklı modelin sismik kesitini oluşturmak için grid aralığı 5 m ve kaynak dalgacığı $f=30$ Hz minimum fazlı Ricker dalgacığı kullanılmıştır. Hesaplama grid aralığının seçimi önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada 5m'den daha büyük grid aralıklarının kullanılması ardışık yansımaların (Reverberasyon) oluşmasına neden olurken, daha ince bir grid aralığı kullandığında ardışık yansımalar oluşmamış ancak, hesaplama zamanı artmıştır. Bununla birlikte grid dispersiyonunu önlemek için birkaç farklı testten sonra uygun olan $f=30$ Hz kaynak dalgacığı kullanılmıştır. Böylece, sonlu fark yöntemi ile doğru modelleme için en uygun parametreler seçilerek, PY sıfır ofset kesitleri hesaplanmıştır.

3.1.1. Kanal modeli

3.1.1. Channel model

Son yıllarda, kanal yapılar hidrokarbon araştırma açısından önemli olan bir kapan yapısı olarak değerlendirilmektedir (Shuxin vd., 2017).

Dünyadaki çok sayıda petrol ve gaz sahasının kanal ortamlarında biriktiği tespit edilmiştir (Mohebian, vd., 2018). Kanal modelleri genellikle, 5-40 km uzunluğunda, 100-900 m genişliğinde olup daha az kıvrımlı yapılar olarak karakterize edilmektedir. Bu nedenle, kanal sistemleri, hidrokarbon içermeye olası yüksek olan kapanlar olarak değerlendirilmektedir. Bazen kanallar uyumsuzluklarla kesilmekle birlikte, gözenekli ve geçirgen özellikte olduklarından, bu kanallar hidrokarbon ile dolabilir ve yüksek kaliteli rezervuarlar oluşabilir. Şekil (2a), tabakalı bir ortamdaki kanal hız modelini temsil etmektedir. Kanal modeli, 550 m genişliğinde ve 100 m kalınlığında düzgün dikdörtgen bir yapıdadır. Kanal model için yapay sismogram hesaplama parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Şekil (2b)'de patlayan yansıtıcı tekniği yaklaşımı ile SFY kullanılarak elde edilen yapay sismik kesit görülmektedir. Kanal yapısı, her tarafındaki süreksizliklerden dolayı saçılma enerjisine neden olmuştur.



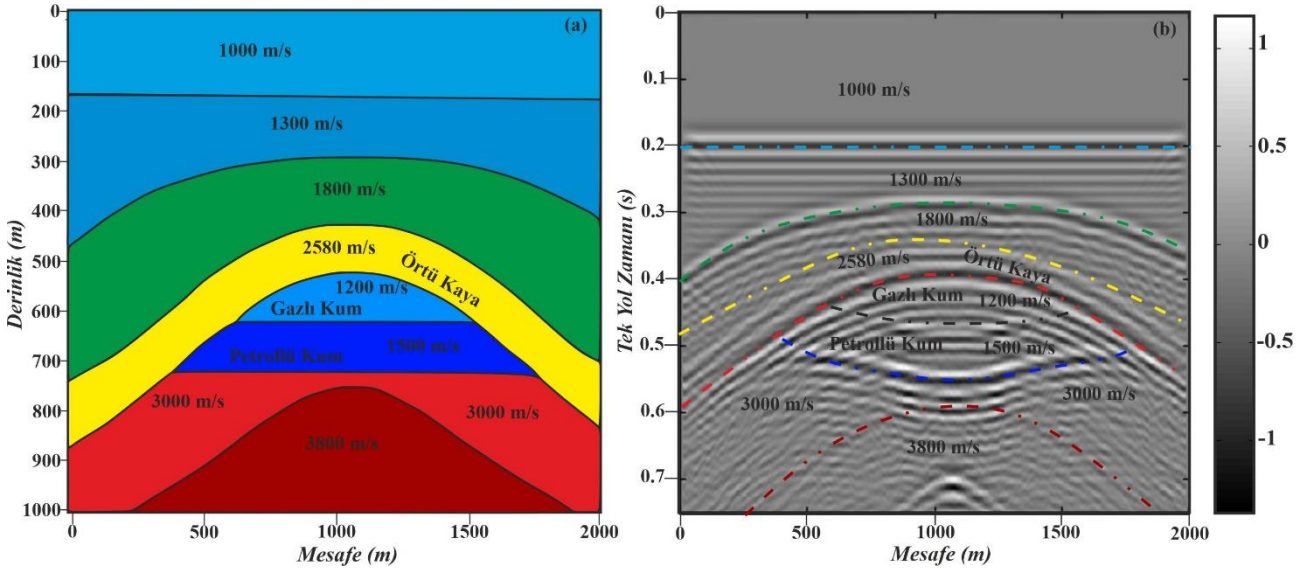
Şekil 2. (a) Yeraltı derinlik-hız modelini ve (b) kapan yapısının patlayan yansıtıcı modelini göstermektedir.
Figure 2. (a) Subsurface depth-velocity model including channel trap and (b) shows the exploding reflector model of the trap structure.

3.2. Antiklinal modeli

3.2. Anticlinal model

Antiklinal yapıları Dünya’da en yaygın görülen petrol-gaz kapanlarıdır ve yer kabuğunun açılmış havzaların tabanında biriken tortuların, levhaların birbirine doğru hareket etmesi ile kıvrılıp yükselmesi sonucunda oluşmuş alanlardır (Sefünç, 2017). Çukur alanlarda biriken petrol antiklinalin tepesine doğru göç etmektedir ve burada birikmektedir. Kapanın en alt kısmı genellikle düzlemseldir ve petrol-su dokanağı ile sınırlıdır.

Şekil (3a)’da üç tabakalı bir ortamdaki antiklinal hız derinlik modeli verilmiştir. Şekil (3b)’de ise, patlayan yansıtıcı sismik model kesiti görülmektedir. Patlayan yansıtıcı kesitindeki, 1800 m/sn hıza sahip olan antiklinalin tepe noktasında yansıma genliğinde artış ve içbükey yukarı kısımda ise yansıma genliğinde bir azalma oluşmaktadır. Bununla birlikte, gaz ve petrol rezervuarının kalın ve hızın oldukça düşük olması, antiklinal kapanlarda sıklıkla karşılaşılan hız itmesi problemi nedeniyle yansımalar dışa doğru bükülmüştür.



Şekil 3. (a) Antiklinal derinlik-hız modelini ve (b) antiklinal yapısının patlayan yansıtıcı modelini göstermektedir.

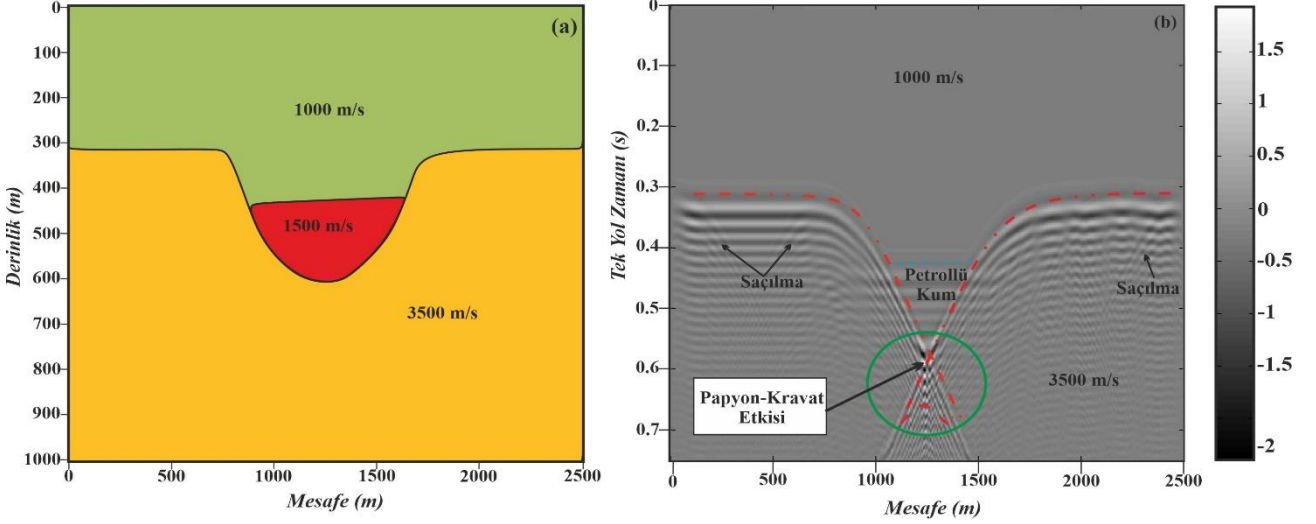
Figure 3. (a) Subsurface depth-velocity model including anticlinal trap and (b) shows the exploding reflector model of the anticline structure.

3.3. Senkinal modeli

3.3. Syncline model

Senkinal yapısı tabakaların havza veya vadi şekilli kıvrımlanması ile oluşmaktadır. Bu yapılarda üst tabaka alt tabakadan daha genç olup genelde eksen düzlemine ters yapıdadırlar. Yeraltında senkinal türü bir çökelti varsa, birbirinden farklı zamanlarda

çok sayıda yansıma gözlemlenmektedir. Bu oluşan yansıma benzerliğinden dolayı papyon-kravat (bow-tie) olarak isimlendirilir ve sismik kesitlerde görülen bu tür yansımalar senkinal yapıların varlığını gösterir. Şekil (4a)'da senkinal hız derinlik modeli ve Şekil (4b)'de ise patlayan yansıtıcı modeli görülmektedir.



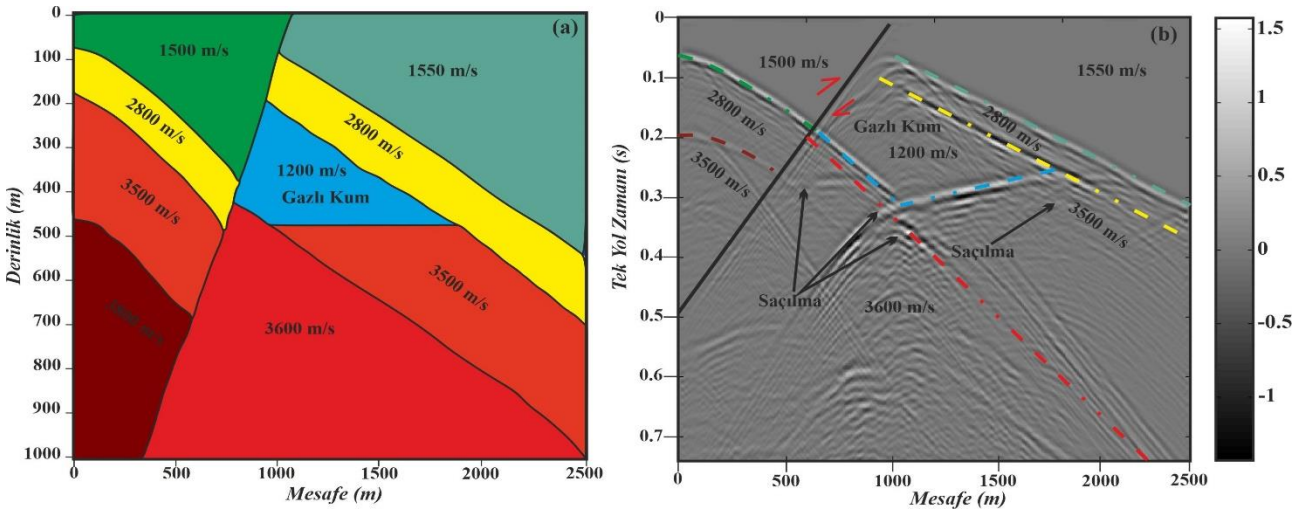
Şekil 4. (a) Senkinal derinlik-hız modeli ve (b) senkinal yapısının patlayan yansıtıcı modelini göstermektedir.
Figure 4. (a) Subsurface depth-velocity model including syncline trap and (b) shows the exploding reflector model of the syncline structure.

3.4. Normal fay kapanı modeli

3.4. Normal fault trap model

Normal faylar, doğrudan veya dolaylı olarak hidrokarbonların göçünü ve birikmesini sağlamaktadır (Hardman & Booth, 1991). Dolayısıyla normal faylanmaya bağlı olarak

normal fay kapanları oluşmaktadır. Oluşan bu kapanlar iki fayın veya birçok fayın kesişmesi ile meydana gelmektedir. Şekil (5a) ve Şekil (5b) sırasıyla model yapısının hız-derinlik modelini ve patlayan yansıtıcı modelini göstermektedir. Şekil (5b)'de fayın altından gelen yansımaların yansıtıcı derinliği arttıkça bozulduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5. (a) Normal fay kapanı derinlik-hız modeli ve (b) normal fay kapanı yapısının patlayan yansıtıcı modelini göstermektedir.

Figure 5. (a) Subsurface depth-velocity model including normal fault trap and (b) shows the exploding reflector model of the normal fault trap structure.

4. Sonuçlar

4. Conclusions

Bu çalışmada, karmaşık jeolojik ortamlarda oluşan kanal, antiklinal, senklinal ve normal fay kapanı tipi hidrokarbon kapanlarının sıfır ofset kesitlerinin hesaplanması patlayan yansıtıcı tekniği yaklaşımı ile akustik dalga denkleminin SFY sayısal çözümü sayesinde yapılmıştır. Böylece, dalga alanı yayılımı hızlı ve doğru bir şekilde modellenebilmiştir. Ayrıca grid boyutunun uygun boyutlarda seçildiğinde ardışık yansımaların oluşmasının önlenildiği ve hesaplama zamanının azaldığı belirlenmiştir. Patlayan yansıtıcı tekniğinden elde edilen sismik kesitlerin, açık olarak standart veri işlem ile elde edilen sıfır ofset kesitleri temsil ettiği görülmüştür. Dolayısıyla, eğimli tabakalar, fay, bindirme, resif, tuz domu, kanallar, antiklinal, senklinal vb. gibi karmaşık yeraltı jeolojik yeraltı yapılarının patlayan yansıtıcı tekniği ile sismik modellerinin hesaplanması, bu yapıların sismik kesitlerde daha iyi tanımlanmasında ve uzaysal konumlarının doğru belirlenmesinde yorumculara yardımcı ve yol gösterici olacaktır.

Teşekkür

Acknowledgement

Yazarlar, elastik dalga araştırma sismolojisi inceleme konsorsiyumuna (CREWES-the Consortium for Research in Elastic Wave Exploration Seismology) ve bu çalışmada kullanılan sonlu fark modelleme kodunu geliştirmedeki çalışmaları için Carrie Youzwishen'e teşekkür eder. Makalenin inceleme ve değerlendirme aşamasında yapmış oldukları katkılardan dolayı editör ve hakem/hakemlere teşekkür ederiz.

Yazar katkısı

Author contribution

Araştırmacılarından Karlı; makale fikrinin oluşturulması, makale içeriğinin, yazımının ve ilerleyişinin denetlenmesi hususunda katkı sunmuştur. Boğazkesen ise; makalenin literatür verilerinin elde edilmesi, hazırlanması, model hesaplarının yapılması, düzenlenmesi ve ilgili modellerin değerlendirilmesinde katkı sunmuştur.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Bu çalışmada, “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara

uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

References

- Baysal, E., Koslof, D. D., & Sherwood, J. W. C. (1984). A two-way nonreflecting wave equation. *Geophysics*, 49(2), 132-141. <https://doi.org/10.1190/1.4441644>.
- Carcione, J. M., Böhm, G., & Marchetti, A. (1994). Simulation of a CMP seismic section. *Journal of Seismic Exploration*, 3, 381-396.
- Carcione, J. M., Feliciangeli, L. P., & Zamparo, M. (2002). The exploding-reflector concept for ground-penetrating-radar modeling. *Annals of Geophysics*, 45(3-4). <https://doi.org/10.4401/ag-3526>.
- Claerbout, J. F. (1985). Imaging the earth's interior. *Blackwell Scientific Publications*, 86(1), 217-219. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1986.tb01086>.
- Cooper, J. K., Lawton, D. C., & Margrave, G. F. (2010). The wedge model revisited: A physical modeling experiment. *Geophysics*, 75(2). <https://doi.org/10.1190/1.3309641>.
- Fagin, S. W. (1991). Seismic modeling of geologic structures. *Society of Exploration Geophysicists. Geophysical Development series* (2).
- Franco, R., Petracchini L., Scrocca D., Caielli, G., & Montegrossi, G. (2018). Synthetic seismic reflection modelling in a supercritical geothermal system: an image of the k-horizon in the Larderello Field (Italy). *Hindawi Geofluids* (2019). <https://doi.org/10.1155/2019/8492453>.
- Hardman, R. F. P., & Booth, J. E. (1991). The significance of normal fault in the exploration and production of North Sea hydrocarbons. *Special Publications*, 56(1). <http://dx.doi.org/10.1144/GSL.SP.1991.056.01.01>.
- Kelly, K. R., Ward, R. W., Treitel S., & Alford, R. M. (1976). Synthetic seismograms: A Finite-Difference Approach. *Geophysics*, 41(1), 2-27. <https://doi.org/10.1190/1.1440605>.

- Kjartansson, E., & Rocca, F. (1979). *The exploding reflector model and laterally variable media*. Stanford Exploration Project Report No. 16, Stanford University.
- Kosloff, D. D., & Baysal, E. (1982). Forward modeling by a fourier method. *Society of Exploration Geophysicists*, 47(10), 1402-1412.
- Loewenthal, D., Lu, L., Roberson, R., & Sherwood, J. (1976). The wave equation applied to migration. *Geophysical Prospecting*, 24(2), 380-399. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1976.tb00934.x>
- Loewenthal, D. (1996). Huygens principle versus exploding reflector-theoretical and numerical aspects. *Exploration Geophysics*, 27(4), 183-186. <https://doi.org/10.1071/EG996183>.
- Marfurt, K. J. (1984). Accuracy of finite-difference and finite-element modeling of the scalar and elastic wave equations. *Geophysics*, 49(5), 533-549. <https://doi.org/10.1190/1.1441689>.
- Margrave, G. (2003). Numerical methods of exploration seismology with algorithms in Matlab. <http://www.crewes.org/ResearchLinks/FreeSoftware/>.
- Moczo, P., Robertsson, O. J. A., & Eisner, L. (2007). The finite-difference time-domain method for modeling of seismic wave propagation. *Advances in Geophysics*, 48, 421-516. [https://doi.org/10.1016/S0065-2687\(06\)48008-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2687(06)48008-0).
- Mohebian, R., Mohammad, A. R., & Yousefi, O. (2018). Detection of channel by seismic texture analysis using Grey Level Co-occurrence Matrix based attributes. *Journal of Geophysics and Engineering*, 15, 1953-1962. <https://doi.org/10.1088/1742-2140/aac099>.
- Nejati, M., & Hashemi, H. (2012). Migrated Exploding Reflectors in Evaluation of Finite Difference Solution for Inhomogeneous Seismic Models. *Engineering*, (4), 950-957. <https://doi.org/10.4236/Eng.2012.412A120>.
- Sefünç, A. (2017). *Petrol aramaçılığında sismik yoruma giriş*, (1). Poyraz Ofset Matbaacılık.
- Shuxin, P., Huaqing, L., Carlos, Z., Caiyan, L., Sujuan, L., Qingshi, Z., & Zhongfeng, B. (2017). Sublacustrine hyperpycnal channel-fan system in a large depression basin: A case study of Nen 1 Member, Cretaceous Nenjiang Formation in the Songliao Basin, NE China. *Petroleum Exploration and Development*, 44(6), 911-922. <https://doi.org/10.4236/eng.2012.412A120>.
- Zhu, W., & Huang, Q. (2015). Application of reverse time migration on GPR data for detecting internal structures in a sand dune. *Society of Exploration Geophysicists*, 2269-74. <https://doi.org/10.1190/segam2015-5833237.1>.
- Yee, K. (1966). Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media. *IEEE Transactions on Antennas Propagation* 14(3), 302-7.
- Youzwishen, C. F., Margrave, G. F. 1999. *Finite difference modelling of acoustic waves in Matlab*. CREWES Research, Report No: 11.

Investigation of water quality of the Şenkale stream feeding the Bahçecik dam meeting the drinking water needs of Gümüşhane province

Gümüşhane ili içme su ihtiyacını karşılayan Bahçecik barajını besleyen Şenkale deresinin su kalitesinin araştırılması

Volkan OSKAY^{1,a}, Özlem KARAGÖZ^{2,b}, Soner KUŞLU^{2,c}

¹ State Hydraulic Works 22nd Regional Directorate, Quality Control and Laboratory Branch Office, 61080, Trabzon

² Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, 25240, Erzurum

• Geliş tarihi / Received: 10.12.2021

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 24.03.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 18.04.2022

Abstract

In this study, the drinking water quality of the Şenkale stream was researched. Firstly, water samples were taken from Şenkale stream every month in 2016, 2017, and 2018. The water quality parameters such as temperature, pH, color, electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), chemical oxygen demand (COD), total organic carbon (TOC), biochemical oxygen demand (BOD₅), suspended solid matter (SSM), nitrogen group, anion groups, phosphorus group, oil and grease, cation groups, methylene blue active matter (MBAM), hydrocarbons, cyanide (CN⁻), phenols, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), heavy metals and total pesticides were analyzed under the international standards. Hazen's statistical method was used in the analysis of the data. The water quality of Şenkale stream was classified by the Regulation on the Quality and Purification of Drinking Water Supply (RQPDWS) and Regulation Amending the Regulation on Surface Water Quality (RARSWQ). According to RQPDWS; PAH and Fe are in the A2 quality class. NO⁻³, F⁻, SO₄⁻², Cl⁻, o-PO₄⁻³, CN⁻, Pesticide, Al, Mn, Se, Cu, Zn, B, Co, Ni, As, Cd, Cr, Pb, Hg and Ba are in the A1 quality class. According to RARSWQ; TKN and o-PO₄⁻³ are in between I-II. quality class standards. NO⁻³, F⁻, Mn and Se are in I. quality class. CN⁻, PAH, Pesticide, Zn, B, Co, Ni, As, Cd, Pb, Hg and Ba are in the below the maximum environmental quality system value. Al, Fe and Cu are in the above the maximum environmental quality system value.

Keywords: Bahçecik dam, Gümüşhane, Hazen method, Şenkale stream, Water resources

Öz

Bu çalışmada Şenkale deresi içme suyu kalitesi araştırılmıştır. İlk olarak 2016, 2017 ve 2018 yıllarında Şenkale deresinden her ay su numuneleri alınmıştır. Uluslararası standartlar altında Sıcaklık, pH, renk, elektriksel iletkenlik (EC), çözülmüş oksijen (DO), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), toplam organik karbon (TOC), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD₅), askıda katı madde (SSM), azot grubu, anyon grupları, fosfor grubu, yağ ve gres, kation grupları, metilen mavisi aktif madde (MBAM), hidrokarbonlar, siyanür CN⁻, fenoller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), ağır metaller ve toplam pestisit analizleri yapılmıştır. Veri analizinde Hazen istatistiksel yöntemi kullanılmıştır. Şenkale deresinin su kalitesi, İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi Ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik (RQPDWS) ve Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik (RARSWQ) ile sınıflandırılmıştır. RQPDWS'ye göre; PAH ve Fe, A2 kalite sınıfındadır. NO⁻³, F⁻, SO₄⁻², Cl⁻, o-PO₄⁻³, CN⁻, Pestisit, Al, Mn, Se, Cu, Zn, B, C, Ni, As, Cd, Cr, Pb, Hg ve Ba, A1 kalite sınıfındadır. RARSWQ'ya göre; TKN ve o-PO₄⁻³, I-II kalite sınıfı standartları arasındadır. NO⁻³, F⁻, Mn ve Se I. kalite sınıfındadır. CN⁻, PAH, Pestisit, Zn, B, Co, Ni, As, Cd, Pb, Hg ve Ba, maksimum çevresel kalite sistem değerinin altında bulunmaktadır. Al, Fe ve Cu, maksimum çevresel kalite sistem değerinin üzerindedir.

Anahtar kelimeler: Bahçecik barajı, Gümüşhane, Hazen yöntemi, Şenkale deresi, Su kaynakları

^{ab} Özlem KARAGÖZ; ozlemkaragoz@atauni.edu.tr, Tel: (0442) 231 45 50, orcid.org/0000-0003-0431-1861

^a orcid.org/0000-0003-3542-4228

^c orcid.org/0000-0003-4830-5949

1. Introduction

1. Giriş

Water is a colorless, flavourless and odourless molecule ensuring all organisms' biological life and activities. While 97,5% of the water found on earth is salty water, 2,5 % comprises fresh water (Gürü & Yalçın, 2010). Of this freshwater, 90% is held at the poles and as groundwater, indicating just the low amount of quality water available (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2012). Water is vital for food and drinks to sustain human life and suitable living conditions. However, one of the most significant problems in the next century is predicted to be water scarcity. Water scarcity is related to the ratio between usable water and the population (Rijsberman, 2006).

It can be said that all water resources on earth are not pure. The clean water that comes out of its natural source is directly or indirectly affected by the effects of the pollutants they encounter. Water is vital to the existence and survival of all living organisms (Organization, 2017). Natural water bodies such as rivers, streams, lakes and reservoirs are among the natural resources that provide drinking and utility water to the people of developed and developing countries (Kızıloğlu et al., 2007). However, this valuable resource is increasingly affected by pollution (Hynes et al., 2020). Pollution can be caused by nature or by human anthropogenic activities (Kuşlu et al., 2005). Although the chemical properties of water define its quality, it differs according to the water source from which it is taken. Water characteristics also vary from region to region, depending on the climate and geological structure. Being an underground and surface source of the location where the water is supplied significantly affects the water quality, and the characteristics of the geological structures from which it is taken also affect the chemical contents of the water (Duru et al., 2013; Kolawole et al., 2011; Korkut et al., 2021).

The water issue has been on the agenda of the world public opinion and many international and national organizations, including the United Nations, in recent years. This situation is the difficulties caused by the needs that cannot be met due to the increasing need for water, and it is thought that a water crisis will occur in many countries after the next 2050s. Since the quality of water used by people is among the factors that ensure the protection of life, it is important to determine the quality of underground and surface water resources and to inform users (Manache &

Melching, 2004). Although it is in a continuous cycle, it is consumed before completing its cycle due to reasons such as population growth, environmental pollution, cost, unconscious water consumption, change in climatic conditions. Today and in the future, water scarcity is one of the biggest problems for mankind. Finding new water resources for countries has become increasingly difficult (Organization, 2017).

The Falkenmark indicator, an identifier of water scarcity, is the most widely used indicator that considers regions in terms of water potential. This indicator classifies regions according to water status and uses ratios as those without water distress, with water distress, arid and excessively arid. When the annual renewable water requirements per person fall below 1700 m³, water stress is experienced. At values below 1000 m³, water scarcity is experienced, and at 500 m³, absolute scarcity is experienced (Falkenmark et al., 1989).

When the current status of water resources in Turkey is assessed, the available water amount per person is 1519 m³. The Turkish Statistical Institute (TÜİK) states that when the population reaches 100 million, the amount of water per person will fall to 1120 m³/year, and Turkey will become water-poor (Öktem & Aksoy, 2014).

Currently, the management of water resources has become more comprehensive. In previous times, the location and amount of water resources were considered. In contrast, now the investigation of water quality has come to the agenda, and it is unavoidable to consider this in an integrated way (Rehber, 2012). The 2000/60/EC Water Framework Directive (WFD) followed by European Union (EU) countries appears to be essential for our country to manage water resources with higher quality and more reliability (Rehber, 2012). As a result, the Surficial Water Quality Management Regulation published in 2012 takes precautions in determining and classifying resources integrated with water quality, examines amounts, determines water use purposes, and access the status of good and quality water. This regulation was changed to the 'Regulation Amending the Regulation on Surface Water Quality (RARSWQ)' in 2021. According to general chemical and physicochemical parameters, there are quality criteria for continental surface water resources (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021). Accordingly, water is categorized as very good, good, moderate and poor. Additionally, as a result of analyses according to the Regulation on

the Quality and Purification of Drinking Water Supply (RQPDWS), resources are divided into A1, A2 and A3 water quality classes (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021).

In a study, Bayram et al. investigated how the municipality of Gümüşhane, located in the Black Sea region of Turkey, affects the Harşit River, from which municipal wastewater is discharged, in terms of surface water quality. Monitoring and sampling studies were carried out from three different regions every 15 days from March 2009 to February 2010. As a result of the analyzes made, it was determined that t, pH, DO and EC values showed less variation compared to other parameter values (Bayram et al., 2013). In another study, a long-term study was conducted over a period of 52 weeks between the spring of 2004 and the winter of 2005 to characterize the solid waste flow in Gümüşhane Municipality. In this study, the percentage and specific gravity of municipal solid waste components, composting parameters, organic matter content, calorific value and heavy metal concentrations (Cd, Cr, Cu, Ni) were investigated (Nas & Bayram, 2008).

This study examined the Şenkale stream to provide drinking water in Gümüşhane province. It aimed to

determine quality criteria according to class based on general chemical and physicochemical parameters and assess suitability in obtaining drinking water in Turkish legislation revised according to the WFD. With this aim, water samples were taken from the Şenkale stream each month in 2016, 2017 and 2018 and analyzed using standard methods with international validity. The results were investigated in terms of Turkish legislation and regulations, and recommendations were made to achieve better water quality (Oskay, 2019).

The project area and surroundings comprise a transition point between Eastern Anatolia and the Black Sea region. Bahçecik dam is located on the Şenkale stream in Kocapınar locale in Bahçecik village in central Gümüşhane and the project location is between 40° 27' 40" - 40° 29' 54" north latitude. Gümüşhane town is located at 1100-1200 m elevation in the narrow valley of the Harşit River, extending 8-10 km with height not exceeding 500 m on a sloped and rocky area. The urban plan for the town shows a minimum elevation of 1105 m and a maximum elevation of 1455 m. The general layout plan is shown in Fig. 1.



Figure 1. The general layout plan
Şekil 1. Genel yerleşim planı

As seen in Fig. 1, the Trabzon-Iran transit road parallel to the Harşit River passes the river, sometimes on the right and sometimes on the left in a northwest-southeast direction. The settlement

area north of the Harşit River is more extensive, with settlements extending toward the slope. The layout plan for Bahçecik dam is shown in Fig. 2.

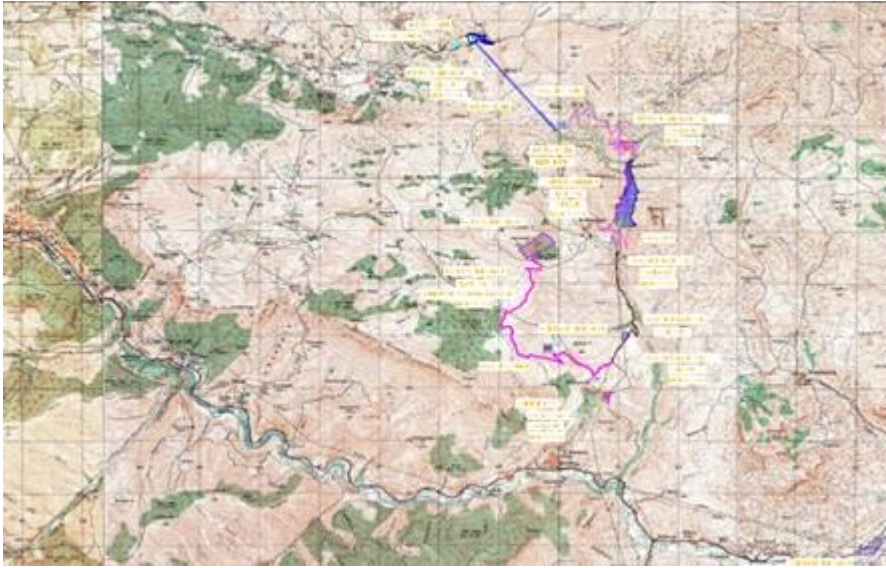


Figure 2. The layout plan for Bahçecik dam
Şekil 2. Bahçecik barajı yerleşim planı

Gümüşhane province is located in the Eastern Black Sea region and has excellent potential for aquaculture production in many rivers, lakes and dams. The total surface area of dams and lakes in the province is 745.3 hectares (Aydın, 2014).

In Bahçecik village, Kocapınar locale, 14 km from Gümüşhane town, a dam with 1463 m thalweg, 1485 m minimum water level, 1522 m average water level and 3.04 hm³ active storage volume with cylinder-compressed cement body was planned on the Şenkale stream. Şenkale stream forming Bahçecik dam lake is a tributary of the Harşit River. The upstream part is called Kazanpınarı stream, and the downstream region is called Kocapınar Stream. Şenkale stream rises on the slope of Kaskara Hill with 2387 m elevation and flows in a southerly direction. Şenkale stream comprises the upstream part of the Bahçecik dam lake.

2. Material and method

2. Materyal ve yöntem

2.1. Regulation on the quality and purification of drinking water supply

2.1. İçme suyu temin edilen suların kalitesi ve arıtılması hakkında yönetmelik

The primary aim of this regulation, published in the Official Gazette numbered 28338 on 29 June 2012, was to determine the basis and quality criteria for surface water resources where drinking water is obtained or planned to be obtained and to identify necessary treatment classes to be implemented to

use this water (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019). This regulation encompasses the characteristic features, treatment classes to be implemented according to the category of the water, sampling for parameters that should be monitored in these waters and the analysis frequency and quality categories of surface water resources used to obtain drinking water, or planned for use to obtain drinking water.

According to mandatory and guideline values for all parameters in the water quality standards, water resources are divided into A1, A2, and A3. The following treatment classes are determined for each category

A1: Drinkable water with simple physical treatment and disinfection

A2: Drinkable water with physical treatment, chemical treatment and disinfection.

A3: Drinkable water with physical and chemical treatment, advanced treatment and disinfection

K: guideline value: Values that should be abided by for surface waters providing drinking and use water, or planned for this purpose, separately determined for A1, A2 and A3 categories

Z: mandatory value: represents maximum permissible values for surface waters providing drinking and use water, or planned for this purpose, separately determined for A1, A2 and A3 categories (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019). Water quality standards according to categories are given in Table 1.

Table 1. Water quality standards according to categories (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019)

Tablo 1. Kategorilere göre su kalite standartları (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019)

No	Water Quality Categories Parameters	A1	A1	A2	A2	A3	A3
		K	Z	K	Z	K	Z
1	pH	6.5- 8.5		5.5-9		5.5-9	
2	Color (Pt-Co)	10	20 (İ)	50	100 (İ)	50	200(İ)
3	Total suspended solid matter (SSM) (mg/L)	25					
4	Temperature (°C)	22	25 (İ)	22	25 (İ)	22	25 (İ)
5	Conductivity (20°C) (µS/cm)	1000		1000		1000	
6	Ssmell (dilution factor at 25°C)	3		10		20	
7	NO ₃ ⁻ (mg NO ₃ /L)	25	50 (İ)		50 (İ)		50 (İ)
8	F ⁻ (mg F/L)	0.7-1	1.5	0.7-1.7		0.7-1.7	
9	Al (mg Al/L)	0.3		0.3		1	
10	Fe (mg Fe/L)	0.1	0.3	1	2	1	
11	Mn (mg Mn/L)	0.05		0.1		1	
12	Cu (mg Cu/L)	0.02	0.05(İ)	0.05		1	
13	Zn (mg Zn/L)	0.5	3	1	5	1	5
14	B (mg B/L)	1		1		1	
15	Co (mg Co/L)	0.01		0.02		0.2	
16	Ni (mg Ni/L)	0.02		0.05		0.2	
17	As mg As/L	0.01	0.05		0.05	0.05	0.1
18	Cd (mg Cd/L)	0.001	0.005	0.001	0.005	0.001	0.005
19	Total Cr (mg Cr/L)		0.05		0.05		0.05
20	Pb (mg Pb/L)		0.05		0.05		0.05
21	Se (mg Se/L)		0.01		0.01		0.01
22	Hg (mg Hg/L)	0.0005	0.001	0.0005	0.001	0.0005	0.001
23	Ba (mg Ba/L)		0.1		1		1
24	CN ⁻ (mg Cn/L)		0.05		0.05		0.05
25	SO ₄ ⁻² (mg SO ₄ /L)	150	250	150	250 (İ)	150	250 (İ)
26	Cl ⁻ (mg Cl/L)	200		200		200	
27	Methylene Blue Active Matter (MBAM) (mg MBAM/L)	0.2		0.2		0.5	
28	Reactive phosphorus (Orthophosphate and easily hydrolyzable condensed phosphorus) (mgP/L)	0.4		0.7		0.7	
29	Phenols (mg C ₆ H ₅ OH/L)		0.001	0.001	0.005	0.01	0.1
30	Hydrocarbons (mg/L)		0.05		0.2	0.5	1
31	Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) (mg/L)		0.0002		0.0002		0.001
32	Total pesticides (mg/L)		0.001		0.0025		0.005
33	Chemical oxygen demand (COD) (mg O ₂ /L)	15		30		40	
34	Dissolved Oxygen Saturation Ratio (%)	>70		>50		>30	
35	Biochemical oxygen demand (BOD ₅) (mg O ₂ /L)	<3		<5		<7	
36	Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) (mg/L)	1		2		3	
37	NH ₃ -N (mg N/L)	0.05		1	1.5	2	4(İ)
38	Total organic carbon (TOC) (mg C/L)	5		8		12	

2.2. Percentage calculation and Hazen method in the directive

2.2. Yönetmelikteki yüzdeler hesabı ve Hazen yöntemi

Parameters of Hazen method is shown in Table 2. When calculating the percentage values. with differences in formulae related to data numbers

linked to this statistical method. The arithmetic mean was taken for data numbering less than 10, and the category was determined.

Table 2. Parameters of Hazen method

Tablo 2. Hazen yöntemi parametreleri

Method	Percentage fraction	Percentage value	Minimum data number
Hazen	$p = \frac{r - \frac{1}{2}}{n}$	$P = 100 \cdot \left(\frac{n - \frac{1}{2}}{n} \right) = 100 - \frac{50}{n}$	10

(r: Serial number from smallest to largest p: Percentage fraction P: Percentage value n: Data number

2.3. Process steps for the Hazen method

2.3. Hazen yönteminin basamakları

1. List water quality data from lowest to highest
2. Percentage fraction (p) and rank number (r) are calculated

Percentage fraction:

$$P = p / 100 \quad (1)$$

Rank number:

$$r = p * n + 1/2 \quad (2)$$

2.4. The supply, preservation and storage conditions of water samples

2.4. Su numunelerinin temini, muhafazası ve saklama koşulları

Sampling points from Şenkale stream in the study can be seen in Fig. 3. Water samples were taken for

each month in the years 2016-2017-2018 from three different points shown in Fig. 3. These samples were analyzed and mean values were found. Thus, the analysis studies were carried out within the confidence interval.

Sampling is the essential stage of the process. It is necessary to abide by standards, procedures and directives for the sample to represent the region. It is necessary to assess points where samples are taken in terms of water quality and minimize negative factors during sampling. Action should be taken by evaluating factors like the suitability of sample containers, using the same method for the same point, and taking care accessing the sample point by taking necessary precautions related to weather conditions.



Figure 3. Sampling points from Şenkale stream
Şekil 3. Şenkale deresinden örnek alım noktaları

When sampling, the “Instructions for Control, Acceptance, Storage and Disposal of Samples” published by the State Hydraulic Works and standards for parameters like use of sample containers suitable for analysis type, the volume of samples, preservation and storage conditions (duration, acidity, temperature) should be met (TS EN ISO 5667-1 2022; TS EN ISO 5667-3, 2018).

Table 3, shows the supply, preservation and storage conditions of water samples in this study. At the

points where the samples were taken, maximum attention was paid to environmental safety. Attention has been paid to whether there is any pollution in the environment, whether there is human or industrial pollution. Sampling points were determined by considering the conditions that will affect the pollution.

The sampling points were taken from the places where the flow is, from a certain surface and depth. Dark-colored sample containers are made of glass

or plastic (PE) bottles, which are protective against losses such as adsorption or evaporation.

Parameters such as temperature, pH, DO, EC from the samples we have taken have been checked in situ and their instantaneous changes have been observed.

Table 3. The supply, preservation and storage conditions of water samples in this study (Oskay, 2019; TS EN ISO 5667-1 2022; TS EN ISO 5667-3, 2018)

Tablo 3. Su numunelerinin temini, muhafazası ve saklama koşulları (Oskay, 2019; TS EN ISO 5667-1 2022; TS EN ISO 5667-3, 2018)

Analysis	Sample container	Sample Volume per Unit (mL)	Preservation and Storage Conditions Before Analysis
Temperature	-	-	looked at in the field environment.
pH	-	-	looked at in the field environment.
EC	-	-	looked at in the field environment.
DO	-	-	looked at in the field environment.
Color	Plastic or Glass	300	It is stored in an Unlighted Environment at 4±2°C, preventing contact with air.
SSM	Plastic or Glass	100	Without light, at 1-5°C, preferably 4 hours, acidification with HNO ₃ pH 3±0.5
COD	Plastic or Glass	50	Acidification of pH≤2 with H ₂ SO ₄
BOD ₅	Plastic or Glass	300	No Light, 4°C or below, 24 hours
Smell	-	-	-
Nitrogen Group (TN, TKN, Organic nitrogen, NH ₃ -N, NH ₄ -N, NO ₃ ⁻ -N, NO ₂ ⁻ -N)	Plastic or Glass	50	Acidification at 4°C, 24 hours, pH 1-2 with H ₂ SO ₄
TOC	Plastic or Glass	50	Adjustment to pH approx. 2 with H ₃ PO ₄ at 2-5 °C within 7 days
Phosphate and Phosphorus	Glass	50	At 4°C, 24 hours
CN ⁻	Plastic or Glass	50	pH>12 with NaOH and cold and lightless environment
Anions (Fluoride, Chloride, Sulphate)	Plastic or Glass	50	No light, at 2-8°C, 24 hours
Oil and Grease	Glass	1000	pH<2 acidification with 1:1 HCl or 1:1 H ₂ SO ₄ and storage at 4°C
Surfactans (MMAM)	Glass	50	At 4°C, 24 hours
Phenols	Dark glass	1000	At 4°C, 24 hours
Hydrocarbons	Dark glass	1000	At 4°C, 24 hours
PAH	Dark glass	1000	Acidification to pH ≤2 with 6N HCl, at 4°C, 24 hours
Pesticides	Dark glass	1000	Acidification to pH ≤2 with 6N HCl, at 4°C, 24 hours
Heavy Metals (Al, Fe, Mn, Se, Cu, Zn, B, Co, Ni, As, Cd, Cr, Pb, Hg, Ba)	Plastic	250	Acidification at 4°C to pH below 2 with 1:1 HNO ₃ , 6 months storage (1 month for Fe and Hg)

It has been preserved according to the storage conditions of each parameter, taking into account factors such as acidification (pH<2), preventing contact with air, opaque environment, and time. The samples taken were immediately analyzed at the accredited State Hydraulic Works 22nd

Regional Directorate, Quality Control and Laboratory Branch Office.

Devices used for parameter measurements in the study are given in Table 4.

Table 4. Devices used for parameter measurements in the study**Tablo 4.** Çalışmada parametrelerin ölçümleri için kullanılan cihazlar

Analysis Name	Devices used
Temperature, pH, EC, DO	WTW Multi 3420i Measuring Device
Color	Hach Lange 5000 UV-VIS Spectrophotometer Device
SSM, COD, BOD ₅	Laboratory Equipment
TN, TKN	Ion chromatography in a spectrophotometer device
NO ₃ ⁻ , F ⁻ , SO ₄ ⁻² , Cl ⁻ , NH ₄ , NH ₄ -N, NH ₃ -N	Ion Chromatography Device (Anyon) Metrohm 882 Compact IC Plus Brand
TOC	Teledyne Tekmar Brand Total Organic Carbon Determination Device
o-PO ₄ ⁻³	Spectrophotometer Device
Oil and Grease	Wilks Intracal 2 Device
MBAM, (C ₆ H ₅ OH)	Skalar Brand Autoanalyzer Device
CN ⁻	Kit test, Hach Lange LCK 315
Hydrocarbons	Agilent 7890A GC-MS
PAH	Agilent 1200 Series Brand HPLC
Total Pesticides	Agilent 7890A GC-MS Gas Chromatography Mass Spectrometry
Heavy Metals	Bruker Aurora M90 ICP-MS

3. Research results

3. Araştırma sonuçları

Data for 2016, 2017 and 2018 obtained from analyses in the laboratory for each parameter are given in Figures 4-11. According to national water regulations and the Hazen method, one of the statistical methods included in these regulations, results were assessed in the 95% confidence interval and given as graphs.

3.1. Temperature

3.1. Sıcaklık

Temperature change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly is given in Fig. 4. Temperature measurements were performed 3

times during sampling, and the averages were calculated. The temperature values for the Şenkale stream were assessed monthly in 2016, 2017 and 2018, and water quality values were found using the Hazen method and transferred to graphs. As shown in the Şenkale stream temperature graph in Fig. 4, the water quality value ($X_r=21.23$ °C) was 95% of the limit value. This limit value was exceeded in August 2017 (23.40 °C) and August 2018 (21.50 °C). Additionally, in seasonal conditions, the temperature values were low in the winter months and high in the summer months. Water quality value based on the Hazen method according to the RQPDWS was A1 water quality class. No classification assessment could be performed according to the RARSWQ.

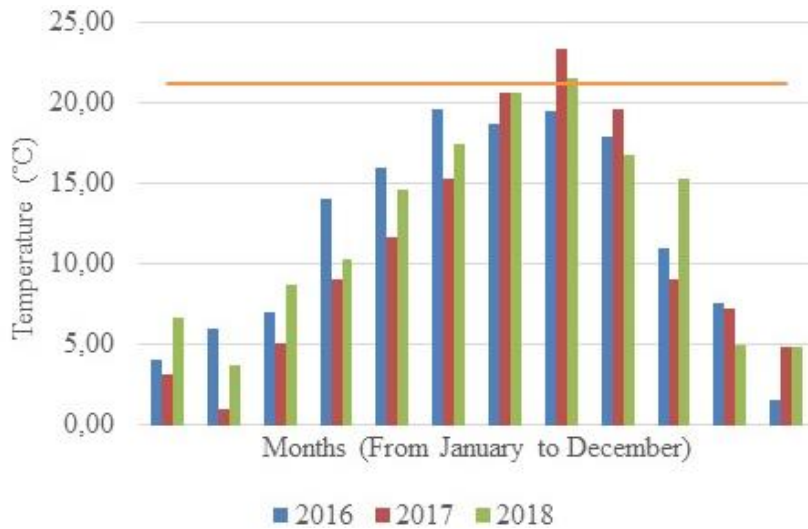


Figure 4. Temperature change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly

Şekil 4. Şenkale deresi için 2016, 2017 ve 2018 yıllarında aylık sıcaklık değişim grafiği**3.2. pH****3.2. pH**

pH change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly is given in Fig. 5. pH value was measured 3 times for each sample, and its average was calculated (TSE, 2012). As can be seen on the pH graph for Şenkale stream, the water

quality value ($X_r=8.63$) was 95% of the limit value. In March 2018 (pH=8.84) and January 2018 (pH=8.67), this limit value was exceeded.

The water quality based on the Hazen method was in the A2 to A3 water quality class according to the RQPDWS and in the interval from class I to class IV according to RARSWQ.

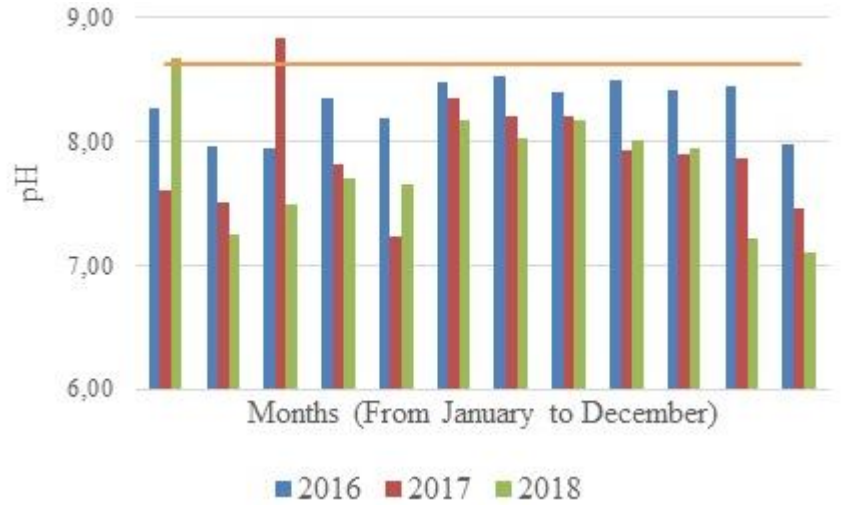


Figure 5. pH change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly
Şekil 5. Şenkale deresi için 2016, 2017 ve 2018 yıllarında aylık pH değişim grafiği

3.3. Electrical conductivity (EC)**3.3. Elektriksel iletkenlik (EC)**

EC change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly is given in Fig. 6. For each sample, measurements were made three times, with averages taken. The probe was washed with distilled water and rinsed (TSE, 1996). As shown

in Fig. 6, the water quality value ($X_r=456 \mu\text{S}/\text{cm}$) was 95% of the limit value. Values were at the limit value in August 2017 (EC=456 $\mu\text{S}/\text{cm}$) and October 2018 (EC=456 $\mu\text{S}/\text{cm}$) and exceeded this value in November 2017 (EC=465 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Water quality value based on the Hazen method was A1 water quality class according to RQPDWS and in the interval from class I to class II according to RARSWQ.

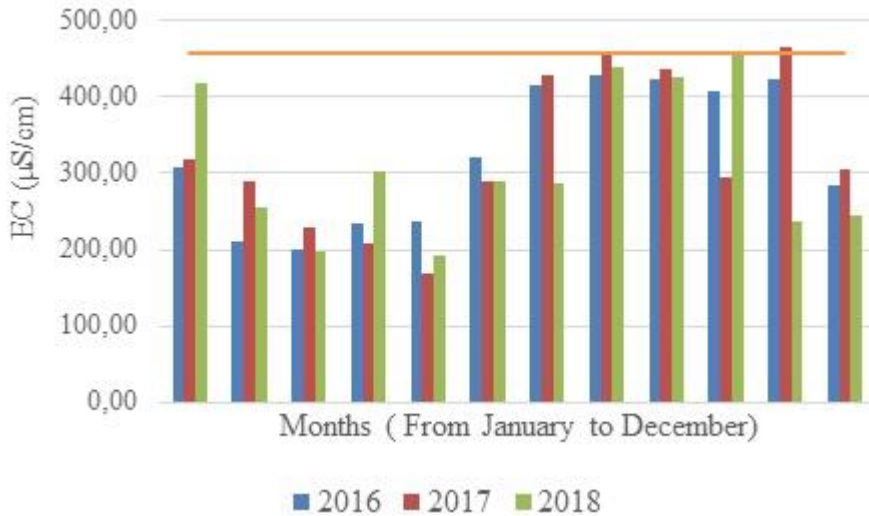


Figure 6. EC change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly
Şekil 6. Şenkale deresi için 2016, 2017 ve 2018 yıllarında aylık EC değişim grafiği

3.4. Dissolved oxygen (DO) saturation rate

3.4. Çözünmüş oksijen doygunluk oranı (DO)

DO change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly is given in Fig. 7. Before dipping the DO probe into the sample, it was washed with distilled water and rinsed each time. Measurements were made three times for each sample, and the average was calculated (TSE,

2013). As seen in Fig. 7, the water quality value ($X_r=103.53\%$) was at the 95% limit value. This limit value was exceeded in February 2017 (DO=104.10%) and October 2018 (DO=103.80%).

According to the Hazen method, water quality value was A1 class based on RQPDWS and class I water quality according to RARSWQ.

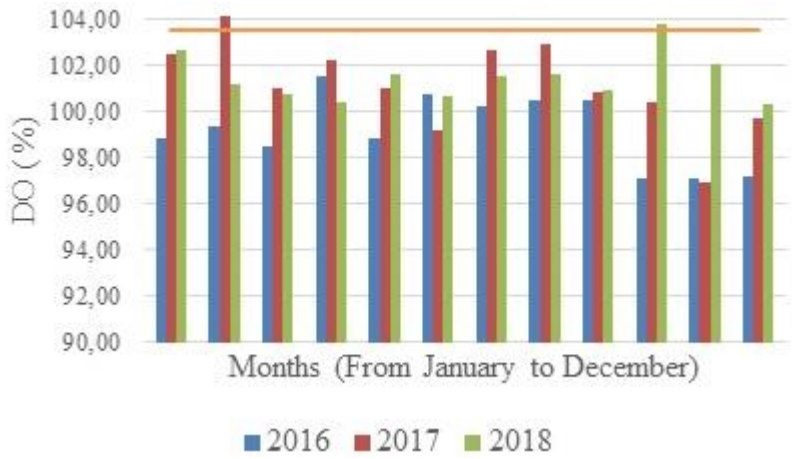


Figure 7. DO change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly
Şekil 7. Şenkale deresi için 2016, 2017 ve 2018 yıllarında aylık DO değişim grafiği

3.5. Color

3.5. Renk

Color change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly is given in Fig. 8 (Eaton et al., 2005). As seen in Fig. 8, the water quality value ($X_r=18.25$ Pt-Co) was at the 95% limit value.

This limit value was exceeded in November 2016 (19.00 Pt-Co) and December 2016 (25.00 Pt-Co).

Based on the Hazen method, the water quality method was in the A1 to A2 water quality class interval according to RQPDWS, and no evaluation with Pt-Co type could be made according to RARSWQ.



Figure 8. Color change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly
Şekil 8. Şenkale deresi için 2016, 2017 ve 2018 yıllarında aylık renk değişim grafiği

It is observed that the Color (Pt-Co) parameter analysis value for December 2016 in Fig. 8. exceeds the water quality limit value. Due to the fact that it is winter, natural events such as rain and snow have caused the creek to become cloudy. This situation caused the suspended solids or particles to be high by affecting the color parameter.

3.6 Total suspended solid matter (SSM)

3.6. Toplam askıda katı madde (SSM)

SSM change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly is given in Fig. 9.

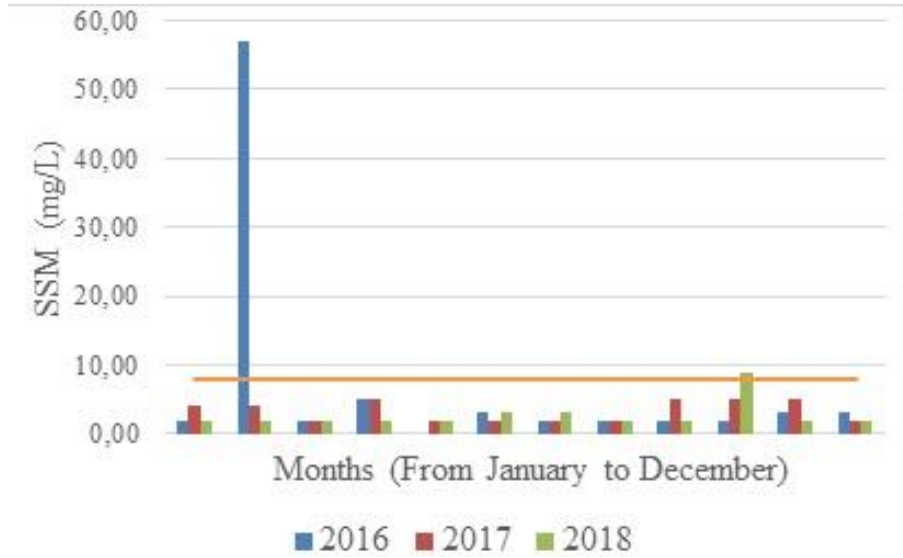


Figure 9. SSM change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly
Şekil 9. Şenkale deresi için 2016, 2017 ve 2018 yıllarında aylık SSM değişim grafiği

It was observed that the analysis value of the SSM (Suspended Solids) parameter for February 2016 in Fig. 9. exceeded the water quality limit value (Xr). Due to the fact that it is winter, natural events such as rain and snow have caused the creek to become cloudy. This situation caused the suspended solids or particles to be high by affecting the SSM parameter.

3.7. Chemical oxygen demand (COD)

3.7. Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD)

COD change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly is given in Fig. 10. The lowest chemical oxygen demand limit (detection limit) was 5.0 mg/L. Fig. 10 shows the monthly

Suspended solid matter tests were performed in the laboratory according to the TS EN 872 standard (TSE, 2007). As seen in Fig. 9, Şenkale stream had water quality (Xr=8.00 mg/L) at the 95% limit value. In February 2016 (57.00 mg/L) and October 2018 (9.00 mg/L), this limit value was exceeded.

Based on the Hazen method's water quality limit value was in the A1 water quality class according to RQPDWS, and no classification assessment could be made according to RARSWQ.

COD graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018. As seen in Fig. 10, the water quality value (Xr=25.00 mg/L) was at the 95% limit value.

The total limit value was observed in May, June, July, August, September, November, and December of 2018 (25.00 mg/L). Based on the Hazen method, the water quality limit value was in the A1 to A2 water quality class interval according to RQPDWS and in class I according to RARSWQ.



Figure 10. COD change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by monthly
Şekil 10. Şenkale deresi için 2016, 2017 ve 2018 yıllarında aylık KOİ değişim grafiği

It is observed that the analysis value of the COD (Chemical oxygen demand) parameter for the months of May-December 2018 in Fig. 10 does not exceed the water quality value (Xr), but is close.

Chemical oxygen demand is the amount of oxygen used by bacteria to chemically oxidize organic matter during reproduction. A chemical event occurs here. It is caused by the decay of plants and animals in nature and mixing with water.

3.8. Biochemical oxygen demand (BOD₅)

3.8. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD₅)

BOD₅ change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by month is given in Fig. 11 (Eaton et al., 2005). As seen in Fig. 11, the water quality value (Xr=4.00 mg/L) was the 95% limit value. In October, November and December 2017 and all months in 2018, the total limit value was observed (4.00 mg/L). Based on the Hazen method, the water quality value was in the A1 to A2 water quality class interval according to RQPDWS and in class I according to RARSWQ.

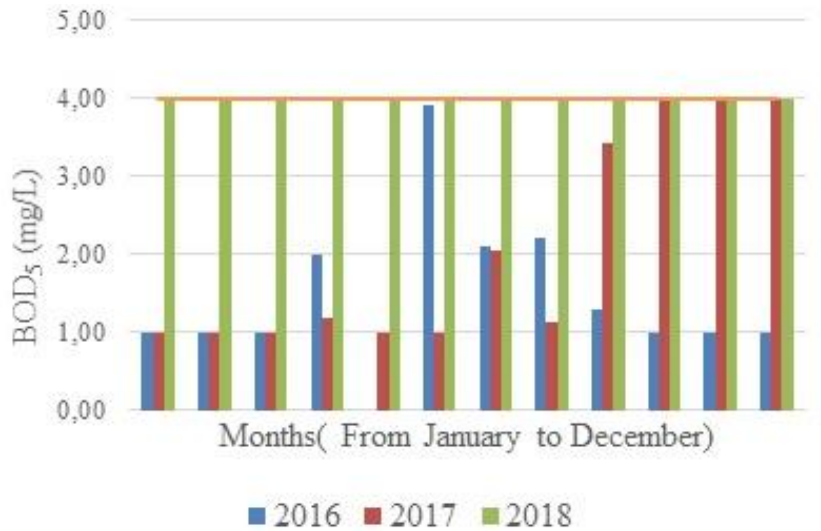


Figure 11. BOD₅ change graph for Şenkale stream in 2016, 2017 and 2018 by month
Şekil 11. Şenkale deresi için 2016, 2017 ve 2018 yıllarında aylık BOD₅ değişim grafiği

It is observed that the BOD parameter for the months of May-December 2018 in Fig. 11. does not

exceed the Water quality value (Xr), but is close. BOD, shows almost the same phenomenon as

chemical oxygen demand. The difference shows the oxygen they consume biologically during the decomposition of organic materials in the aerobic environment. It is caused by the decay of plants and animals in nature and mixing with water. The data for 2016, 2017 and 2018 obtained from analyses for nitrogen group, total organic carbon (TOC), phosphorus group, anion groups, cation groups, oil and grease, methylene blue active matter (MBAM), cyanide (CN⁻), phenols, hydrocarbons, polycyclic

aromatic hydrocarbons (PAH), total pesticides and heavy metals (Mn, Fe, Se, Al, Cu, Zn, Co, B, Ni, Cd, As, Cr, Hg, Pb Ba) were assessed according to national water regulations and in the 95% confidence interval using the Hazen method, a statistical method in these regulations. Table 5 gives the water quality values based on the Hazen method for other parameters and the water quality classes according to RQPDWS and RARSWQ.

Table 5. Water quality values based on the Hazen method for other parameters along with the water quality classes according to RQPDWS and RARSWQ (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019).

Tablo 5. Diğer parametrelerin Hazen Yöntemine Göre Su Kalite Değerleri, RQPDWS and RARSWQ Yöntemlerine Göre Su Kalite Sınıfları (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019).

Parametres	Water Quality Values According To Hazen Method	Water Quality Class According to RQPDWS	Water Quality Class According to RARSWQ
TKN(Total Kjeldahl Nitrogen)(mg/L)	1.37	A class assessment cannot be made.	Between I.-II. classes
NO ⁻³ (mg/L)	2.261	A1	I.class
F ⁻ (µg/L)	935	A1	I.class
SO ₄ ⁻² (mg/L)	65.73	A1	A class assessment cannot be made.
Cl ⁻ (mg/L)	9.54	A1	A class assessment cannot be made.
NH ₃ -N (mg/L)	1.16	A class assessment cannot be made.	III. class
TOC(mg/L)	5.71	A3	A class assessment cannot be made.
o-PO ₄ ⁻³ (mg/L)	0.08	A1	Between I.-II. classes
Oil and Grease (mg/L)	0.26	A class assessment cannot be made.	I.-II. classes
MBAM (mg/L)	0.20	A class assessment cannot be made.	A class assessment cannot be made
Phenols (mg/L)	0.020	A3	A class assessment cannot be made
CN ⁻ (mg/L)	0.010	A1	Below the Max. Environmental Quality System Value
Hydrocarbons (mg/L)	1.15	A3	A class assessment cannot be made
PAH (µg/L)	0.1229	A2	Below the Max. Environmental Quality System Value
Pesticide (µg/L)	0.50	A1	Below the Maximum Environmental Quality System Value
Al (µg/L)	277.96	A1	Above the Max. Environmental Quality System Value
Fe (µg/L)	223.81	A2	Above the Max. Environmental Quality System Value
Mn (µg/L)	43.39	A1	I.class
Se (µg/L)	3.88	A1	I.class
Cu (µg/L)	65.27	A1	Above the Max. Environmental Quality System Value
Zn (µg/L)	211.93	A1	Below the Max. Environmental Quality System Value
Bor (µg/L)	330.77	A1	Below the Max. Environmental Quality System Value
Co (µg/L)	1.00	A1	Below the Max. Environmental Quality System Value
Ni (µg/L)	11.18	A1	Below the Max. Environmental Quality System Value
As (µg/L)	1.68	A1	Below the Max. Environmental Quality System Value
Cd (µg/L)	1.00	A1	Below the Max. Environmental Quality System Value
Cr (µg/L)	1.09	A1	Between the Max. Environmental Quality System Value
Pb (µg/L)	5.84	A1	Below the Max. Environmental Quality System Value
Hg (µg/L)	<0.05	A1	Below the Max. Environmental Quality System Value
Ba (µg/L)	55.24	A1	Below the Max. Environmental Quality System Value

4. Discussion and conclusion

4. Tartışma ve sonuç

The main conclusions and recommendations from this study are given below;

- International methods were used to determine the water quality parameters of Şenkale stream poured the Bahçecik dam.
- Parameters having instantaneous variabilities such as temperature, pH, EC, and DO should be analyzed during sampling. As a result, to assess these monthly samples more accurately,

it is recommended to construct daily online measurement stations.

- According to RQPDWS; TKN, NH₃-N, Oil-grease and MBAM are in the a class assesment cannot be made. TOC, Phenols and Hydrocarbons are in the A3 quality class. PAH and Fe are in the A2 quality class. NO⁻³, F⁻, SO₄⁻², Cl⁻, o-PO₄⁻³, CN⁻, Pesticide, Al, Mn, Se, Cu, Zn, B, Co, Ni, As, Cd, Cr, Pb, Hg and Ba are in the A1 quality class. According to RARSWQ; TKN and o-PO₄⁻³ are in between I-II class quality standards. NO⁻³, F⁻, Mn and Se are in I.class. NH₃-N is in the III. class. SO₄⁻²,

Cl, TOC, MBAM, Phenols and Hydrocarbons are in a class assessment cannot be made.

- CN⁻, PAH, Pesticide, Zn, Bor, Co, Ni, As, Cd, Pb, Hg and Ba are in the below the maximum environmental quality system value. Al, Fe and Cu are in the above the maximum environmental quality system value.
- To better determine water quality parameters, it is necessary to consider the fluvial system's whole. Considering thousands of micropollutants under current conditions is quite essential.
- It is necessary to filter water before reaching the treatment units to remove physical pollutants.
- Aeration processes release organic volatiles.
- It is required to precipitate dissolved heavy metals such as Fe and Mn to convert them to insoluble forms. The ozone process is used to degrade organic matter, causing KOI. More toxic heavy metals, including arsenic and mercury, require chemical treatment techniques and membrane filtration techniques.
- The use of more comprehensive advanced treatment methods than simple treatment methods are significant to obtain higher quality effluents.
- Additionally, assessment for agricultural chemicals, in other words, pesticides, hydrocarbons, phenols and polycyclic aromatic hydrocarbons, requires a separate expert staff, which needs teamwork.
- Finally, it is necessary to inform the public about not using agricultural chemicals that affect fluvial systems

Acknowledgement

Teşekkür/ Katkı belirtme

The samples taken were analyzed at the accredited State Hydraulic Works 22nd Regional Directorate, Quality Control and Laboratory Branch Office. We also thank the editor and referees for their contributions during the review and evaluation phase of the article.

Author contribution

Yazar katkısı

This article is a part of Volkan OSKAY's master's thesis the supervision of Prof. Dr. Soner KUŞLU. Özlem KARAGÖZ contributed to the evaluation of the chemical analyzes and the writing of the article. The authors' contributions are equal.

Declaration of ethical code

Etik beyanı

Authors of this article declare that materials and methods used in this study do not require ethical committee approval and/or legal-specific permission.

Conflict of interest

Çıkar çatışması beyanı

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

Kaynaklar

- Aydın, H. (2014). Gümüşhane ili su kaynakları ve su ürünleri sektörünün mevcut durumu. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 176-182.
- Bayram, A., Önsoy, H., Bulut, V. N., & Akinci, G. (2013). Influences of urban wastewaters on the stream water quality: a case study from Gumushane Province, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(2), 1285-1303. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2632-y>
- Duru, M., Amadi, C., Amadi, B., Nsofor, C., & Nze, H. (2013). Effect of different storage vessels on water quality. *Global Research Journal of Science*, 2(2), 9-13.
- Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Rice, E. W., Greenberg, A. E., & Franson, M. A. H. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. *American Public Health Association*, 1015.
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development. Natural resources forum.
- Gürü, M., & Yalçın, H. (2010). *Su Teknolojisi*. Palme Yayıncılık.
- Hynes, N. R. J., Kumar, J. S., Kamyab, H., Sujana, J. A. J., Al-Khashman, O. A., Kuslu, Y., & Kumar, B. S. (2020). Modern enabling techniques and adsorbents based dye removal with sustainability

- concerns in textile industrial sector-A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122636. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122636>
- Kızıoğlu, F. M., Kuşlu, Y., Talip, T., & Yanık, R. (2007). Erzurum ilindeki bazı su kaynaklarının kalitelerinin bitki, toprak ve sulama sistemi açısından değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2), 173-179.
- Kolawole, O. M., Ajayi, K. T., Olayemi, A. B., & Okoh, A. I. (2011). Assessment of water quality in Asa River (Nigeria) and its indigenous *Clarias gariepinus* fish. *International journal of environmental research and public health*, 8(11), 4332-4352. <https://doi.org/10.3390/ijerph8114332>
- Korkut, O., Kiymaz, S., & Kuslu, Y. (2021). Elimination Of Suspended Materials In Irrigation Water With Different Media Filters. *FEB-Fresenius Environmental Bulletin*, 8070.
- Kuşlu, Y., Tunç, T., Recep, Y., & Tohumcu, D. (2005, 21-23 Eylül Şanlıurfa). Sulama suyu niteliğinin iyileştirilme yöntemleri. GAP IV. Tarım Kongresi.
- Manache, G., & Melching, C. S. (2004). Sensitivity analysis of a water-quality model using Latin hypercube sampling. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 130(3), 232-242. <https://doi.org/10.1061/~ASCE!0733-9496~2004!130:3~232!>
- Nas, S., & Bayram, A. (2008). Municipal solid waste characteristics and management in Gümüşhane, Turkey. *Waste management*, 28(12), 2435-2442. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.039>
- Oskay, V. (2019). *Gümüşhane İli İçme Suyunu Karşılacak Bahçecik Barajını Besleyen Şenkale ve Şöbet Derelerinin Su Kalitesinin Araştırılması*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Öktem, A. U., & Aksoy, A. (2014). *Türkiye'nin su riskleri raporu*. WWF-Türkiye, Ofset Yapımevi.
- Rijsberman, F. R. (2006). Water scarcity: fact or fiction? *Agricultural Water Management*, 80(1-3), 5-22. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.07.001>
- T.C. Kalkınma Bakanlığı. (2012). *Onuncu Kalkınma Planı 2014-2018 Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. T. C. K. Bakanlığı. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/10/Onuncu_Kalk%C4%B1nma_Plan%C4%B1_%C3%96zel_%C4%B0htisas_Komisyonlar%C4%B1_El_Kitab%C4%B1.pdf
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, & Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2012). *Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi* http://www.keremcevre.com/img/mevzuat/aat_tasarim_rehberi.pdf
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019). *İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190706-8.htm>
- Tarım ve Orman Bakanlığı. (2021). *Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik* (Sayı: 29797, Issue. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/06/20210616-1.htm>
- TS EN ISO 5667-1 (2022). *Su kalitesi - Numune alma - Bölüm 1: Numune alma programlarının ve numune alma tekniklerinin tasarımına dair kılavuz*. ISO 5667-1.
- TS EN ISO 5667-3. (2018). *Su kalitesi – Numune alma - Bölüm 3: Su numunelerinin korunması ve elleçlenmesi*. ISO 5667-3:2018.
- TSE. (1996). *Su kalitesi – Elektriksel iletkenlik tayini*. In TS 9748 EN 27888.
- TSE. (2007). *Su kalitesi – Asıdaki katı maddelerin tayini – Cam elyaf süzgeçler kullanılarak süzme yöntemi*. 1-11.
- TSE. (2012). *Su kalitesi – pH tayini*. ISO 10523:2008.
- TSE. (2013). *Su kalitesi – Çözünmüş oksijen tayini – Elektrokimyasal sonda metodu*. ISO 5814:2012.
- World Health Organization (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth Edition Incorporating The First Addendum*, <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>

Automatic prediction of covid-19 from chest- computed tomography (CT) images using deep learning architectures

Derin öğrenme mimarilerini kullanarak göğüs BT görüntülerinden otomatik Covid-19 tahmini

Veysel TURK^{1,a}, Hatice CATAL REİS^{2,b}, Serhat KAYA^{2,c}

¹ Harran University, Engineering Faculty, Department of Computer Engineering, 63510, Sanlıurfa

²Gümüşhane University, Engineering and Natural Sciences Faculty, Department of Geomatics Engineering, 29100, Gumushane

• Geliş tarihi / Received: 30.09.2021

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 26.08.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 03.09.2022

Abstract

Machine learning has been actively used in disease detection and segmentation in recent years. For the last few years, the world has been coping with the Coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. Chest-computerized tomography (CT) is often a meaningful way to detect and detect patients with possible COVID-19. This study aims to classify COVID-19 and non-COVID-19 chest-CT images using deep learning (DL) algorithms and investigate whether we can achieve successful results in different parameters using four architectures. The study was performed on proved positive COVID-19 CT images, and the datasets were obtained from the GitHub public platform. The study evaluated four different deep learning architectures of VGG16, VGG19, LeNet-5, and MobileNet. The performance evaluations were used with ROC curve, recall, accuracy, F1-score, precision, and Root Mean Square Error (RMSE). MobileNet model showed the best result; F1 score of 95%, the accuracy of 95%, the precision of 100%, recall of 90%, AUC of 95%, and RMSE of 0.23. On the other hand, VGG 19 model gave the lowest performance; F1 score of 90%, the accuracy of 89%, the precision of 90%, recall of 90%, AUC of 89%, and RMSE of 0.32. When the algorithms' performances were compared, the highest accuracy was obtained from MobileNet, LeNet-5, VGG16, and VGG19, respectively. This study has proven the usefulness of deep learning models to detect COVID-19 in chest-CT images based on the proposed model framework. Therefore, it can contribute to the literature in Medical and Engineering in COVID-19 detection research.

Keywords: COVID-19, Deep learning, LeNet-5, MobileNet, VGG16, VGG19

Öz

Makine öğrenmesi, son yıllarda hastalık tespiti ve segmentasyon araştırmalarında aktif olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda insanlık, Koronavirüs hastalığı 2019 (Covid-19) ile mücadele etmektedir. Göğüs-bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüsü, olası Covid-19 hastalarını tespit etme de önemli bir araçtır. Bu çalışma, Derin Öğrenme (DÖ) algoritmaları kullanarak Covid-19 ve Covid-19 olmayan göğüs BT görüntülerini, sınıflandırmayı ve dört mimari kullanarak farklı parametrelerde başarılı sonuçlar elde edemeyeceğimizi araştırmayı amaçlamaktadır. Çalışma, kanıtlanmış pozitif Covid-19 CT görüntüleri üzerinde gerçekleştirildi ve görüntüler GitHub kamu platformundan elde edilmiştir. VGG16, VGG19, LeNet-5 ve MobileNet gibi dört farklı derin öğrenme mimarisi değerlendirildi. Performans değerlendirmelerinde ROC eğrisi, duyarlılık, doğruluk, F1-ölçütü, kesinlik ve RMSE kullanılmıştır. MobileNet modeli en iyi sonucu vermiştir sırasıyla; F1-ölçütü %95, doğruluk %95, kesinlik %100, duyarlılık %90, AUC %95 ve RMSE 0.23'tür. En düşük performansı ise; F1-ölçütü %90, doğruluk %89, kesinlik %90, duyarlılık %90, AUC %89 ve RMSE 0.32 ile VGG19 modeli vermiştir. Algoritmaların performansları karşılaştırıldığında en yüksek doğruluk sırasıyla MobileNet, LeNet-5, VGG16 ve VGG19'dan elde edilmiştir. Bu çalışma önerilen modeller çerçevesinde, Covid-19'u tespit etmek için derin öğrenme modellerinin kullanılabilirliğini göstermiştir. Bu nedenle araştırma, Covid-19 tespit çalışmalarında Tıp ve Mühendislik literatürüne katkı sağlayabilir.

Anahtar kelimeler: Covid-19, Derin öğrenme, LeNet-5, MobileNet, VGG16, VGG19

^b Hatice ÇATAL REİS; hatice.catal@yahoo.com.tr, Phone: (0456) 233 10 00/1771, orcid.org/0000-0003-2696-2446

^a orcid.org/0000-0003-1250-0590

^c orcid.org/0000-0002-8824-2340

1. Introduction

1. Giriş

The Coronavirus disease (COVID-19) is a new strain that occurred in Wuhan, China, in December 2019 and it has not been previously identified in the world (Huang et al., 2020). The World Health Organization (WHO) officially declared the Covid-19 outbreak as a pandemic on 11 March 2020. The disease has shown a very rapid and serious global spread. According to the latest data, there have been more than 232.636.622 confirmed cases and 4.762.089 confirmed deaths of COVID-19 in the 216 countries in the world, as of September 29, 2021 (WHO, 2021). Due to the COVID-19 pandemic, countries apply various limitations to their citizens. This situation caused restrictions in many fields such as social, economic, education, health, and industry. Some countries have provided an economic support package for their citizens (Açikgöz & Günay, 2020). However, this pandemic has affected not only developed countries but also developing and poor countries. The important thing here is the development of cost-effective, fast, and accurate detection methods that all countries can benefit from. Chest computed tomography (CT) images are a method for clinical diagnosis of COVID-19 detection (Shi et al., 2020; Nasir et al., 2020; Zheng et al., 2020; Caruso et al., 2020). Chest CT scans play a vital role in the diagnosis of this pandemic (Shi et al., 2020; Akçay et al., 2020; Chung et al., 2020; Lei et al., 2020; Bao et al., 2020). Early detection, diagnosis, isolation, and treatment are critical to prevent further extension (Güner et al., 2020). In this study, we have proposed an automatic prediction of COVID-19 using deep learning-based using on chest CT images. Deep learning is one of the sub-topics of machine learning (Deng, 2014; Çatal Reis, 2022). Recently, deep learning techniques have been used to show effective performance in the medical image processing field.

With the development of deep learning methods, it has been used in many areas such as image, gene and sound analysis, cancer diagnostics, virtual reality and image transformation robotics, classification, object detection, image segmentation autonomous systems, and disease diagnoses in medicine (Doğan & Türkoğlu, 2019; Yan et al., 2017; İnik & Ülker, 2017; Bahdanau et al., 2016; Docevski et al., 2018; Patnaik et al., 2018; Swapna et al., 2018; Wang et al., 2018; Anthimopoulos et al., 2016; Shin et al., 2016; Acharya et al., 2013; Kim et al., 2019). In the COVID-19 detection study from CT images, DenseNet121, InceptionV3, ResNet50 V1&V2,

MobileNet V1&V2 architectures from deep neural networks, and hybrid method with SVM from machine learning algorithms were used. In the proposed study with the DenseNet-SVM model, an Accuracy value of 90.61% was obtained (Saeedi et al., 2020). Murugan et al. (2021) proposed the ResNet-50 deep neural network architecture optimized with Whale Optimization Algorithm (WOA). The proposed WOANet architecture produced a successful result with 98.78% accuracy. Song et al. (2021) proposed that DRE-Net deep neural network architecture developed with pre-trained ResNet and multi-layer perception (MLP) architectures was used in the COVID-19 disease detection study consisting of CT images. They obtained a value accuracy of 86% in the proposed study with the DRE-Net model. A normal, pneumonia non-COVID-19, COVID-19 detection application was developed with the pre-trained EfficientNet architecture using 13.800 X-ray images. A 93.90% Accuracy value was obtained in the proposed study with the EfficientNet model (Luz et al., 2022).

According to Kogilavani et al. (2022) DenseNet121, VGG16, NASNet, Xception, MobileNet, and EfficientNet architectures from deep neural networks were used in the COVID-19 detection study from 3873 CT images. The proposed research with the VGG16 model was successful, with an accuracy value of 97.68%. On the other hand, by Khan et al. (2022) for the classification of Normal, Pneumonia, Lung Opacity, and COVID-19 diseases, the previously trained deep neural network architectures NasNetMobile, EfficientNetB1, and MobileNetV2 were used. Despite all these studies, there is still a gap in the literature on the diagnosis of COVID-19 using deep learning. A deep learning algorithm helps to develop a new useful diagnosis and management system for the COVID-19 cases.

We have used four models to obtain an automatic prediction of COVID-19 with high accuracy using chest CT datasets. These are LeNet-5, VGG16, VGG19, and MobileNet. We used Receiver Operating Characteristic Curve (ROC) for the accuracy of the study. The use of computer technology with medical technology can make it simpler to detect COVID-19 just from the images of the infected chest CT image and could assist the medical staff's ability to analyze complex information. With this study, it is also aimed to present a second perspective to those working in medical fields.

This study is organized into the following sections:

Dataset is expressed in detail in section 2. Material and methods (Deep learning models, proposed models are presented, LeNet-5, VGG16, VGG19, MobileNet and data processing are described). Performance metrics are given in detail in Section 2. Obtained results from the proposed models are presented in section 3 and finally, the discussion and the future works are summarized.

2. Material and methods

2. Materyal ve yöntemler

The data were downloaded and used from the public database. No human and animal rights have been violated. The research was performed according to the Declaration of Helsinki principles. We don't need to inform consent from patients who participated in clinical investigations. Because we used a public database of various researchers sharing to assist new approaches in the COVID-19 pandemic. Deep learning (DL) is a subclass of artificial intelligence and machine learning and is the most popular approach in artificial intelligence applications (LeCun et al., 2015). Inspired by the

learning process of the human brain, DL is a method that targets new approaches to automatic knowledge discovery and analysis of complex structured information (Çatal Reis, 2022). The most important feature that distinguishes deep neural networks from traditional artificial neural networks is that they have more than one hidden layer (Sejnowski & Tesauro, 1989). General convolution neural network architecture consists of input-output, convolution, pooling, fully connected (fcc), and prediction. In this study, a data set was created by combining randomly selected chest CT images. We used approximately 90% of all data for training and 50% of the remaining data for validation (Val) and the other 50% for testing. Keras, an open-source deep learning library, was used to carry out the training. Used four effective algorithms of deep learning-based models for Covid-19 problems are described below in Fig 1. In this step, we first described the dataset used in the study, secondly followed by the proposed MobileNet LeNet-5, VGG16, and VGG19. The flowchart of the study is given in Figure 1.

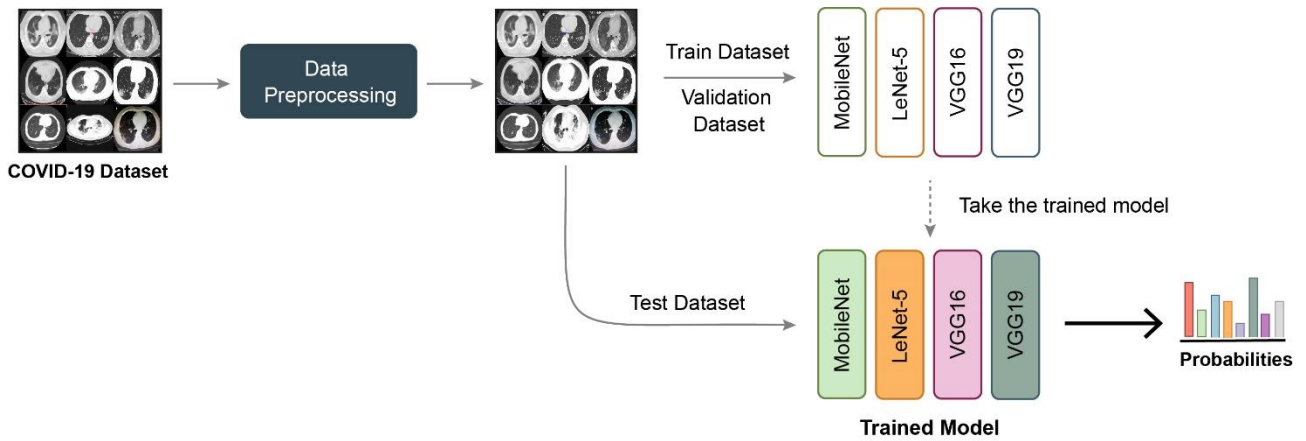


Figure 1. Flowchart of the study

Şekil 1. İş akış şeması

In 1998, LeNet was published and also gave the first successful result as a convolution neural network model (LeCun et al., 1998). The structure of the network was expanded with complex questions and updated according to the questions

with the help of hyper-parameters. The structure of the network is an important architecture in pattern recognition with its resistance to noise and its invariable invariance (Sarraf & Tofghi, 2016) (Figure 2).

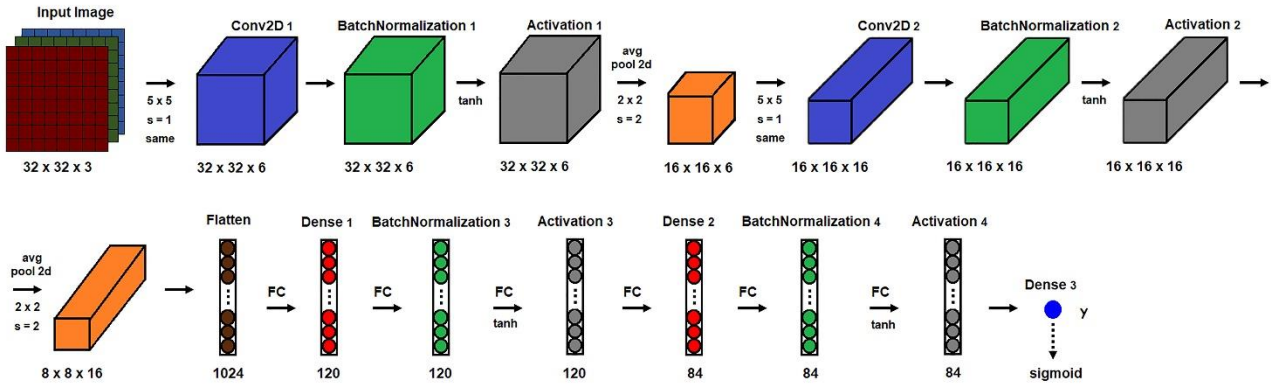


Figure 2. The architecture of the proposed LeNet-5
Şekil 2. Önerilen LeNet-5 mimarisi

VGG16 was proposed in 2014 by the Visual Geometry Group (VGG) and it is a CNN architecture. The name VGG16 is given because it consists of 16 layers (Simonyan & Zisserman,

2014). Although it does not have many hyperparameters, its focus is on the 3×3 kernels size and 2×2 max pooling in the convolution layer (El Asnaoui et al., 2021) (Figure 3).

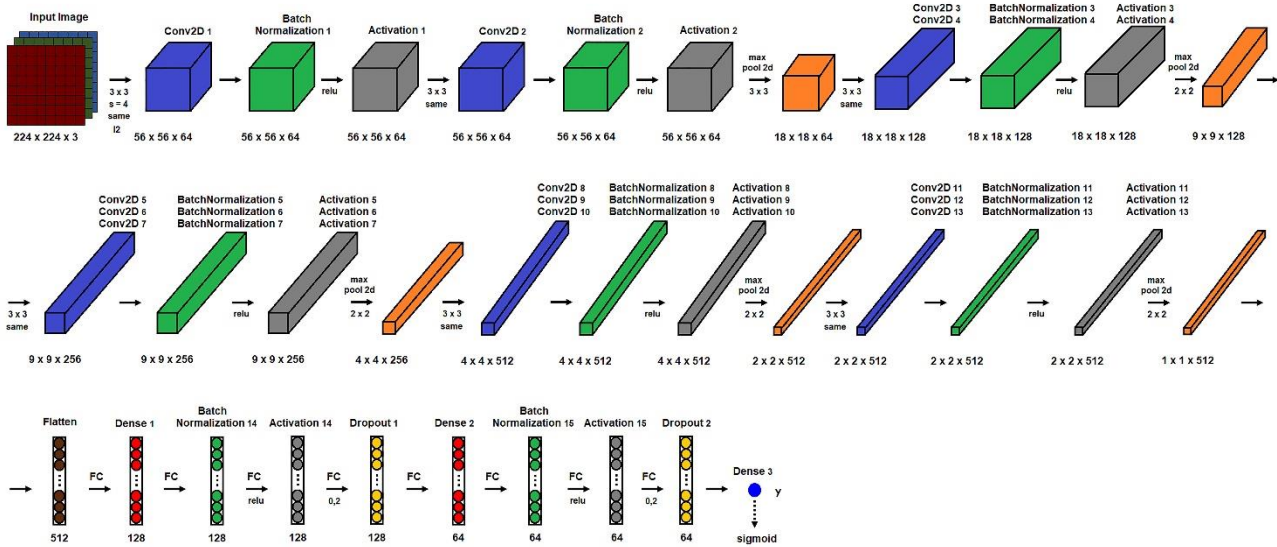


Figure 3. The architecture of the proposed VGG16
Şekil 3. Önerilen VGG16 mimarisi

VGG 19 is VGGNET deep network architecture and has 19 convolution layers (Hemdan et al., 2020). VGG 16 consists of 13 convolution layers and 3 fully connected layers, while VGG 19 consists of 16 convolution layers and 3 fully

connected layers. In VGG 16 and VGG 19, data enters as $224 \times 224 \times 3$. They consist of a total of 41 layers, including max pooling, ReLu, dropout, softmax, and fully connected (Özyurt, 2020) (Figure 4).

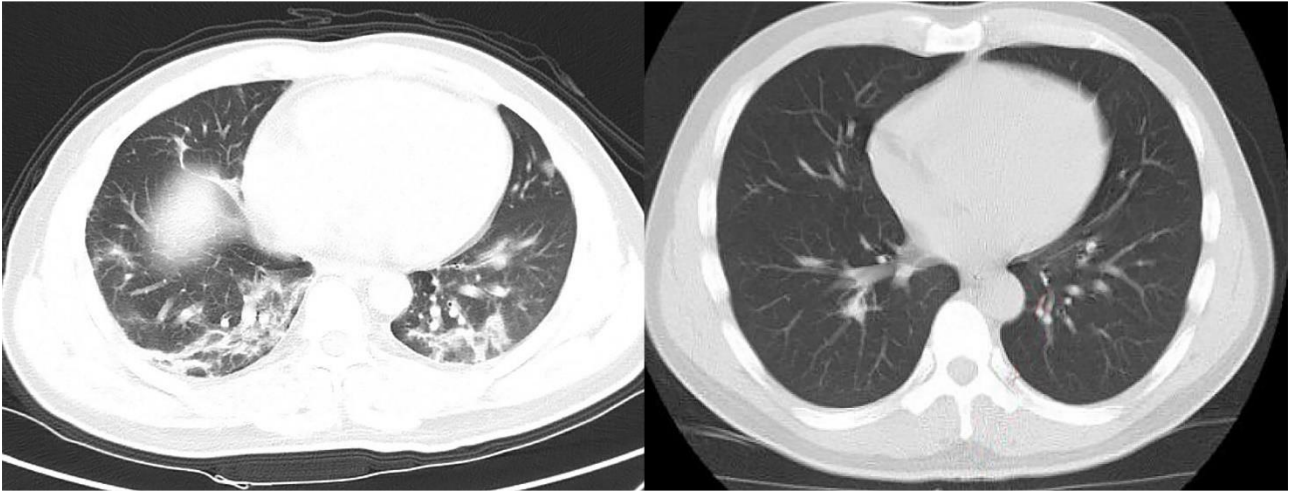


Figure 6. Samples of raw low- resolution CT images
Şekil 6. Düşük çözünürlüklü örnek CT görüntüleri

Table 1. Statistics of the dataset
Tablo 1. Veri seti istatistikleri

Classifier/Models	Target Images	Train	Val	Test	Total Images
MobileNet	COVID-19	319	21	20	360
	nonCOVID-19	362	17	18	397
	Total Images	681	38	38	757
LeNet-5	COVID-19	331	13	16	360
	nonCOVID-19	350	25	22	397
	Total Images	681	38	38	757
VGG16	COVID-19	327	18	15	360
	nonCOVID-19	354	20	23	397
	Total Images	681	38	38	757
VGG19	COVID-19	321	18	21	360
	nonCOVID-19	360	20	17	397
	Total Images	681	38	38	757

2.2. Statistical and performances analysis

2.2. İstatistik ve performans analizi

In this section, we evaluate and compare the performances of four models. We examine the performance with receiver operating characteristics

(ROC) curves and the corresponding area-under-curve (AUC) values and Root Mean Square Error. The confusion matrix is summarized in Tables 2 (Figure 7). F1-Score, Precision, Recall, and Accuracy, which are defined as follows (Hajian-Tilaki, 2013).

Table 2. Confusion matrix

Tablo 2. Karmaşıklık matrisi

	Predicted Positive	Predicted Negative
Actual Positive	True Positive (TP)	False Negative (FN)
Actual Negative	False Positive (FP)	True Negative (TN)

$$\text{Precision} = \frac{(TP)}{(TP + FP)} \quad (1)$$

$$\text{Recall} = \frac{(TP)}{(TP + FN)} \quad (2)$$

$$F1 - Score = \frac{2 * (Recall * Precision)}{(Recall + Precision)} \tag{3}$$

$$Accuracy = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)} \tag{4}$$

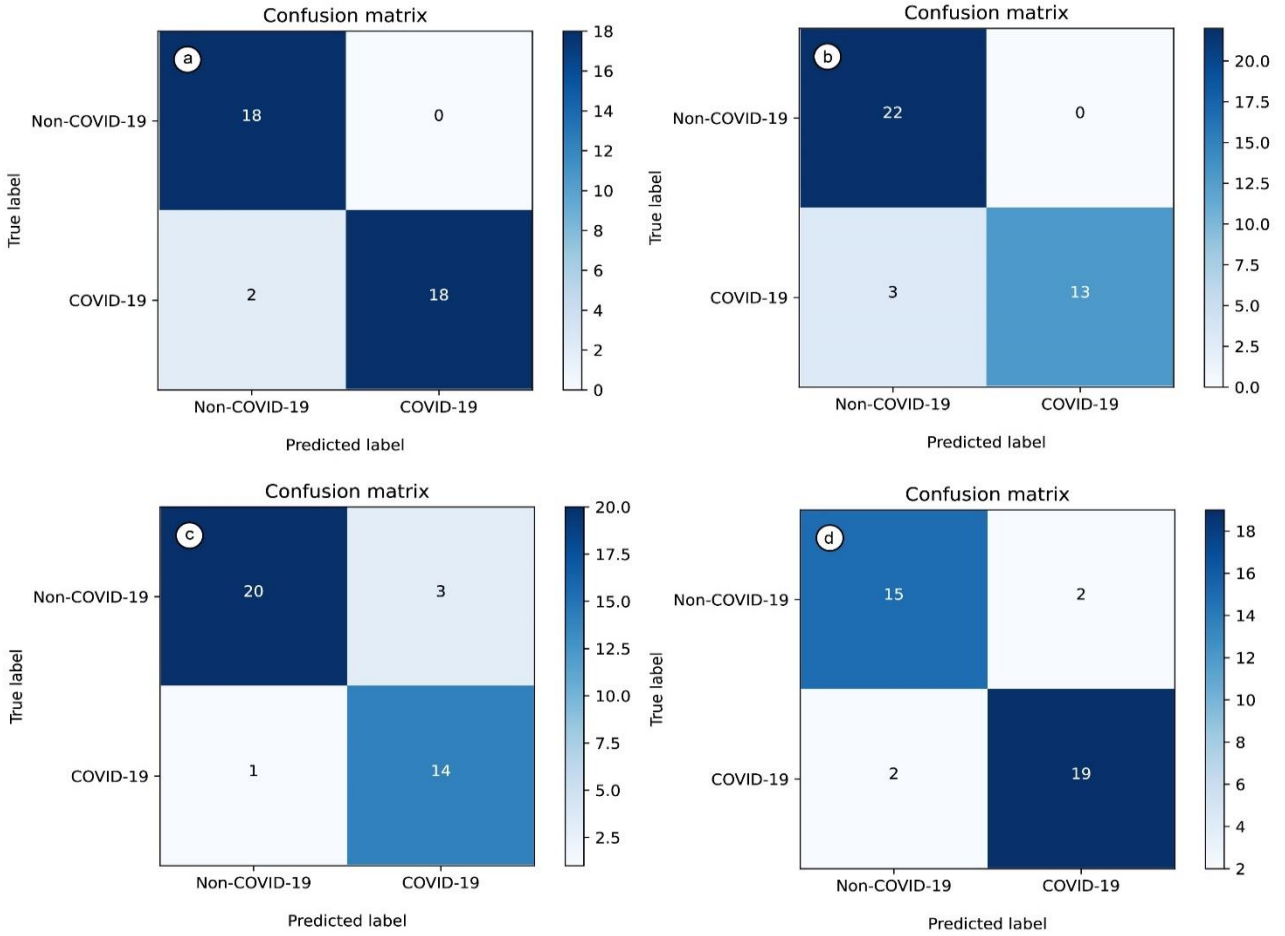


Figure 7. The confusion matrix visualization (a) MobileNet model produced FN=2 and FP=0 (b) LeNet-5 model produced FN=3 and FP=0 (c) VGG16 model produced FN=1 and FP=3 (d) VGG19 model produced FN=2 and FP=2

Şekil 7. Derin öğrenme mimarilerinin karışıklık matrisleri (a) MobileNet modeli FN=2 ve FP=0 (b) LeNet-5 modeli FN=3 ve FP=0 (c) VGG16 modeli FN=1 ve FP=3 (d) VGG19 modeli FN=2 ve FP=2 metrik değerlerini üretmiştir

3. Results

3. Sonuçlar

This study deep learning methods that use chest CT images to predict COVID-19. We have employed LeNet-5, VGG16, VGG19, and MobileNet as deep

learning algorithms for the detection of COVID-19 for training and testing purposes. Visual performance plots are given and the evaluation results of the methods are shown in Table 3 and test results of deep learning models are given in Table 3.

Table 3. Performance results of deep learning models
Tablo 3. Derin öğrenme modellerinin deneysel sonuçları

Models	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	ROC	TP	TN	FP	FN
MobileNet	0.9474	1.0000	0.9000	0.9474	0.9500	18	18	0	2
LeNet-5	0.9211	1.0000	0.8125	0.8966	0.9062	13	22	0	3
VGG16	0.8947	0.8235	0.9333	0.8750	0.9014	14	20	3	1
VGG19	0.8947	0.9048	0.9048	0.9048	0.8936	19	15	2	2

The maximum accuracy value of 94.74% was obtained from MobileNet. We have obtained a performance accuracy of 92.11%, 89.47%, and 89.47% in LeNet-5, VGG16, and VGG19

architecture respectively. In Figure 8, the accuracy graphs obtained during the training processes of the models are given.

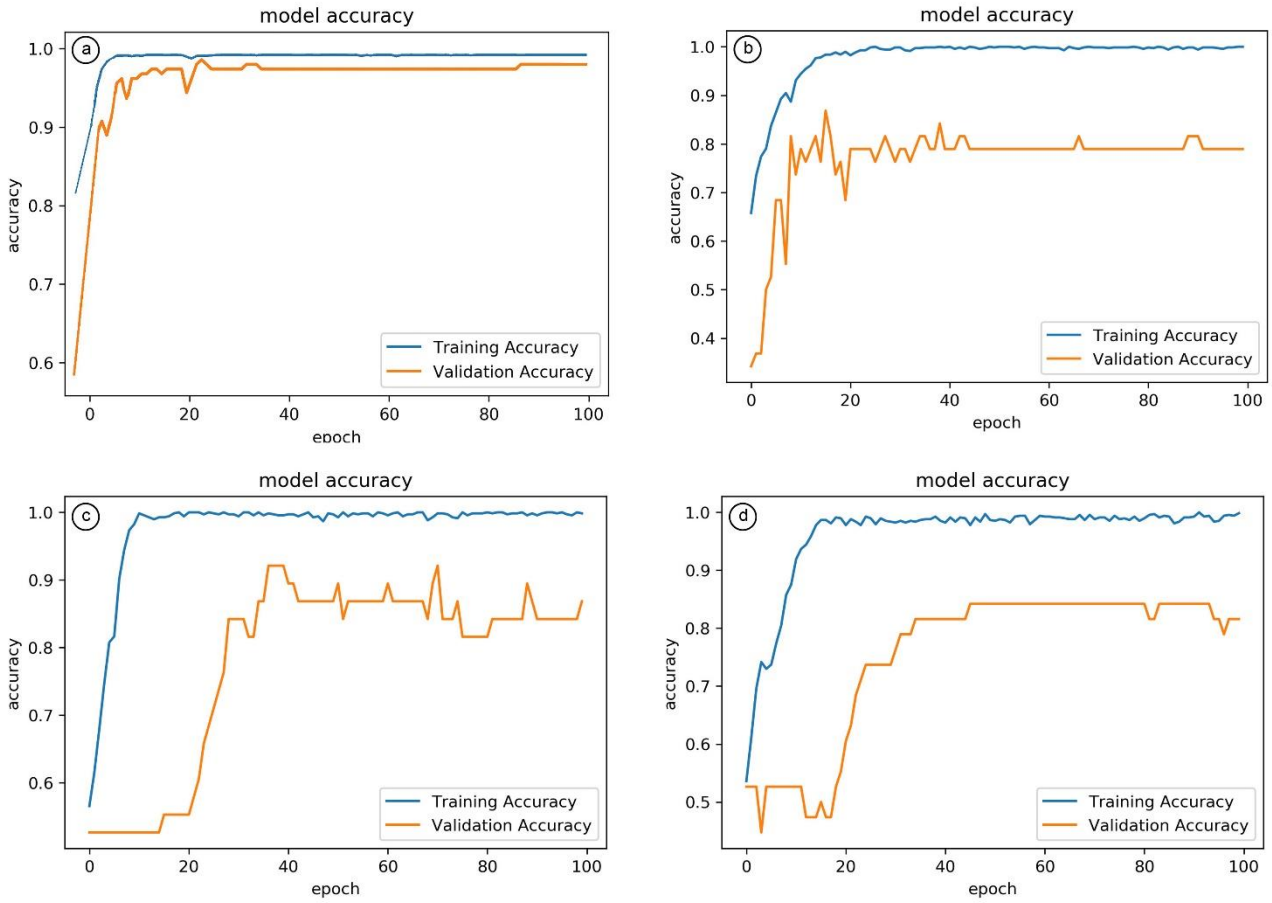


Figure 8. Training and validation accuracy graph for models (a) MobileNet (b) LeNet-5 (c) VGG16 (d) VGG19

Şekil 8. (a) MobileNet (b) LeNet-5 (c) VGG16 (d) VGG19 modellerin eğitim ve doğrulama doğruluk grafiği

We obtained the best ROC curve value of 95% from the MobileNet model. We obtained the second-best value of 90 % from LeNet-5 and

VGG16 models for ROC. We obtained the lowest AUC value of 89% from the VGG 19 model (Figure 9).

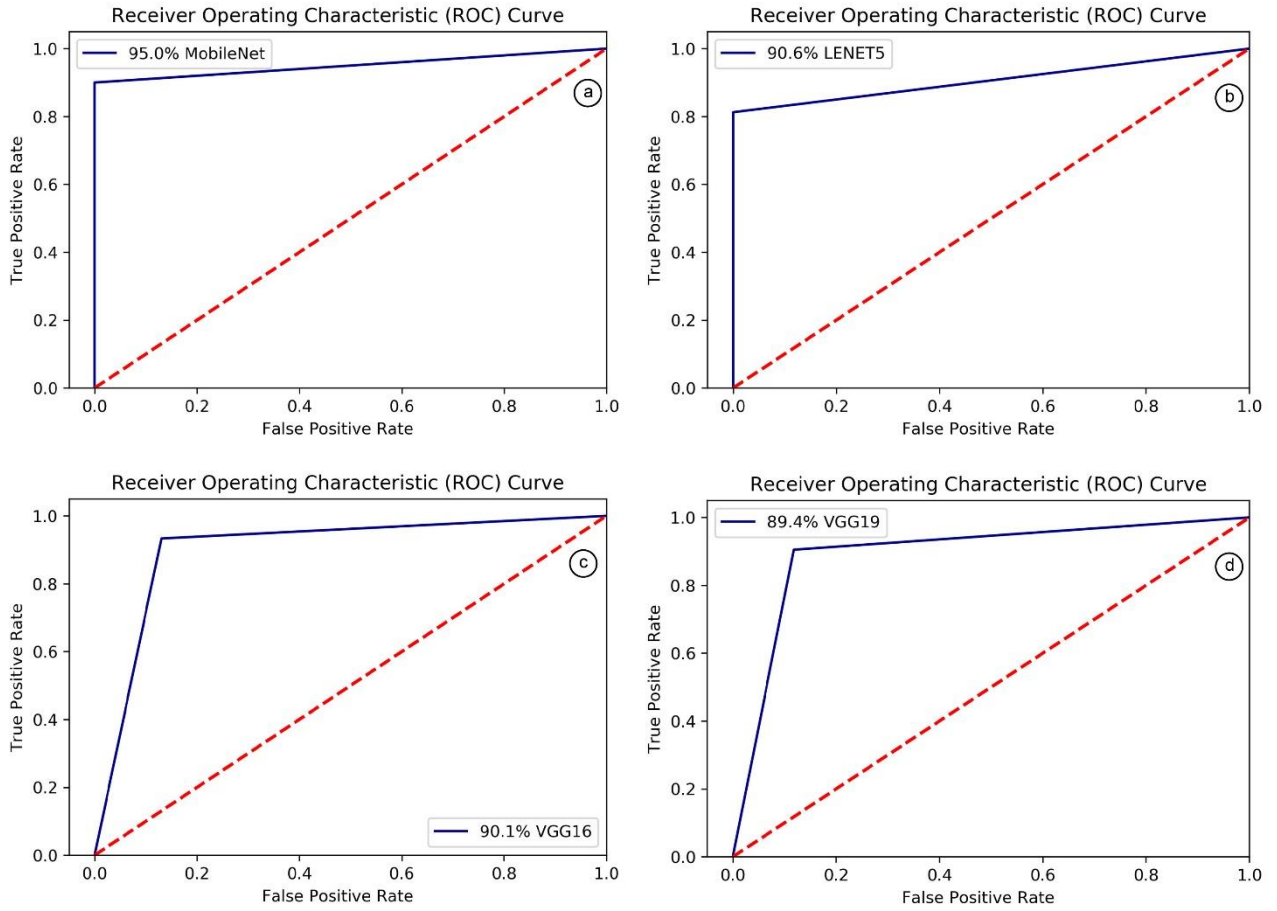


Figure 9. The ROC curves (a) MobileNet (b) LeNet-5 (c) VGG16 (d) VGG19
Şekil 9. (a) MobileNet (b) LeNet-5 (c) VGG16 (d) VGG19 modellerin ROC grafiği

The Loss function is to calculate how the model's prediction differs from the ground truth. If we have a good model, the loss value will be low. Our

expectation from a good model is that it has a loss value close to zero (Figure10).

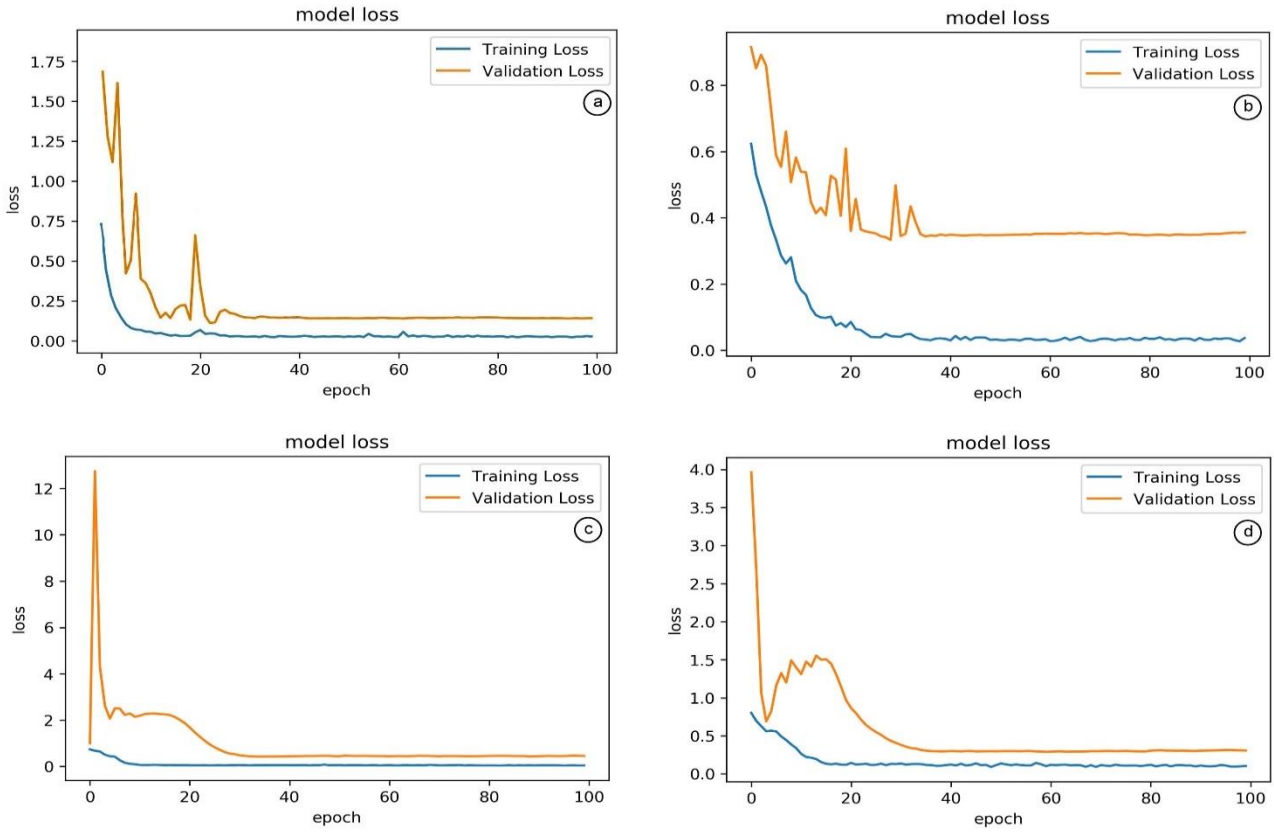


Figure 10. Training loss and validation loss values for models (a) MobileNet (b) LeNet-5 (c) VGG16 (d) VGG19

Şekil 10. (a) MobileNet (b) LeNet-5 (c) VGG16 (d) VGG19 modellerin eğitim ve doğrulama kayıp grafiği

In this study, a new approach to the prediction of COVID-19 diseases is done using deep learning algorithms. The lower the Root Mean Square Error (RMSE) value, the higher the predictive performance of the model. We obtained the lowest value of RMSE from MobileNet. We have obtained RMSE value of 0.23, 0.28, 0.32, and 0.32 in MobileNet, LeNet-5 VGG16, and VGG19 architecture respectively. The maximum precision value of 100 % was obtained for MobileNet with the LeNet-5 network. The second precision value of 90% was obtained for VGG19. We have obtained the lowest performance of 82% in VGG 16. We have obtained a recall of 93%, 90%, 90%, and 81% in VGG16, MobileNet, VGG19, and LeNet-5 architecture respectively. We have got a

performance F1-Score of 94%, 90%, 89%, and 87% in MobileNet, VGG19, LeNet-5, and VGG16 architecture respectively. Compared to four deep learning models, we obtained the best result from the MobileNet algorithm. We have studied LeNet-5, VGG16, VGG19, and MobileNet kinds of deep learning algorithms for COVID-19 detection for training and testing purposes. Early prediction of COVID-19 is vital.

4. Discussion

4. Tartışma

In the proposed algorithms, CT data was analyzed to detect COVID-19 using LeNet-5, VGG16, VGG19, and MobileNet techniques.

Table 4. Comparison of the results with state-of-the-art deep neural networks with CT/X-ray images

Tablo 4. CT/X-ray veri kümeleri ile son teknolojik derin sinir ağların sonuçlarının karşılaştırılması

Reference	Deep Learning Model	No.of images	Accuracy (%)
Murugan et al. (2021)	WOANet	2700	98.78
Saedi et al. (2020)	DenseNet-SVM	746	90.61
Luz et al. (2022)	EfficientNet	13.800	93.90
Kogilavani et al. (2022)	VGG16	3873	97.68
Song et al. (2021)	DRE-Net	274	86
Khan et al. (2022)	EfficientNetB1	21.165	96.13
Proposed	MobileNet	757	94.74

As seen in Table 4, the number of data shows that it is one of the main parameters affecting accuracy. This significant parameter influence is clearly visible in the DRE-Net and the DenseNet-SVM hybrid models. However, in the EfficientNet model, 93.90% accuracy was achieved with 13.800 images. Our proposed MobileNet model achieved an accuracy of 94.74% with 757 non-standard dataset. On the other hand, in the EfficientNetB1 model, with 21.165 images 96.13% accuracy has been reached.

A Deep Learning-based diagnosis model can accurately and cost-effective interpret a lot of images dataset where it is difficult for the human to interpret such big data and look into the details of the image inside. A second viewer was presented to radiologists who worked very hard during the pandemic process. Therefore, it is thought that the study will help radiologists. The study has been prepared entirely to assist the health sector and to provide a second perspective.

In conclusion, our study had some limitations. Firstly, this was a case series that included a limited number of COVID-19 patients. Secondly, CT images have got different sizes and resolution data. Due to the different reception standards and distortions in the images, the pre-process was added to the study, and time was lost. However, despite such low-resolution data, it has got a very high success. Further information on accuracy in COVID-19 can be get using a very large-sized input that has the same standard data. We anticipate that more comprehensive studies and high-accuracy studies will be produced if not the accessibility of medical images is obstructed. The study will continue to be developed with different deep learning and machine learning algorithms.

Author contribution

Yazar katkısı

The authors approved the last main version of the manuscript. Writing, algorithm development, software, editing, data preprocessing, image processing: Hatice Çatal Reis and Veysel Türk, Data collection and draft writing: Serhat Kaya.

Declaration of ethical code

Etik beyanı

The authors of this article declare that the material and the methods used in this study do not require ethical committee approval and special legal permission.

Conflicts of interest

Çıkar Çatışması

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

Kaynaklar

- Acharya, U. R., Faust, O., Sree, S. V., Ghista, D. N., Dua, S., Joseph, P., Ahamed, V. I., Janarthanan, N., & Tamura, T. (2013). An integrated diabetic index using heart rate variability signal features for diagnosis of diabetes. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 16(2), 222-234. <https://doi.org/10.1080/10255842.2011.616945>.
- Açıkgöz, Ö., & Günay, A. (2020). The early impact of the COVID-19 pandemic on the global and Turkish economy. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 50(SI-1), 520-526. <https://doi.org/10.3906/sag-2004-6>.
- Akçay, M. Ş., Özlü, T., & Yılmaz, A. (2020). Radiological approaches to COVID-19 pneumonia. *Turkish journal of medical sciences*, 50(9), 604-610. <https://doi.org/10.3906/sag-2004-160>.
- Anthimopoulos, M., Christodoulidis, S., Ebner, L., Christe, A., & Mougiakakou, S. (2016). Lung pattern classification for interstitial lung diseases using a deep convolutional neural network. *IEEE transactions on medical imaging*, 35(5), 1207-1216. <https://doi.org/10.1109/TMI.2016.2535865>.
- Bahdanau, D., Chorowski, J., Serdyuk, D., Brakel, P., & Bengio, Y. (2016). End-to-end attention-based large vocabulary speech recognition. *2016 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP)* (pp. 4945-4949). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2016.7472618>.
- Bao, C., Liu, X., Zhang, H., Li, Y., & Liu, J. (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) CT findings: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American college of radiology*, 17(6), 701-709. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2020.03.006>.
- Caruso, D., Zerunian, M., Polici, M., Pucciarelli, F., Polidori, T., Rucci, C., Guido, G., Bracci, B., De Dominicis, C., & Laghi, A. (2020). Chest CT features of COVID-19 in Rome, Italy. *Radiology*, 296(2), E79-E85. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020201237>.
- Çatal Reis, H. (2022). COVID-19 Diagnosis with Deep Learning. *Ingeniería e Investigación*, 42(1).

- <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v42n1.88825>.
- Chung, M., Bernheim, A., Mei, X., Zhang, N., Huang, M., Zeng, X., Cui, J., Xu, W., Yang, Y., Fayad, Z. A., Jacobi, A., Li, K., Li, S., & Shan, H. (2020). CT imaging features of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *Radiology*, 295(1), 202-207. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200230>.
- Deng, L. (2014). A tutorial survey of architectures, algorithms, and applications for deep learning. *APSIPA transactions on Signal and Information Processing*, 3. <https://doi.org/10.1017/atsip.2013.9>.
- Docevski, M., Zdravevski, E., Lameski, P., & Kulakov, A. (2018). Towards music generation with deep learning algorithms. *CiiT 2018 - 15th International Conference on Informatics and Information Technologies*. Mavrovo, Macedonia.
- Doğan, F., & Türkoğlu, İ. (2019). A compilation of deep learning models and application areas. *Dicle University Journal of Engineering*, 10(2), 409-445. <https://doi.org/10.24012/dumf.411130>.
- El Asnaoui, K., Chawki, Y., & Idri, A. (2021). Automated methods for detection and classification pneumonia based on x-ray images using deep learning. *Artificial intelligence and blockchain for future cybersecurity applications* (pp. 257-284). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74575-2_14.
- Güner, H. R., Hasanoğlu, İ., & Aktaş, F. (2020). COVID-19: Prevention and control measures in community. *Turkish Journal of medical sciences*, 50(9), 571-577. <https://doi.org/10.3906/sag-2004-146>.
- Hajian-Tilaki, K. (2013). Receiver operating characteristic (ROC) curve analysis for medical diagnostic test evaluation. *Caspian journal of internal medicine*, 4(2), 627-635.
- Hemdan, E. E. D., Shouman, M. A., & Karar, M. E. (2020). Covidx-net: A framework of deep learning classifiers to diagnose covid-19 in x-ray images. *arXiv preprint arXiv:2003.11055*.
- Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., Zhang, L., Fan, G., Xu, J., Gu, X., Cheng, Z., Yu, T., Xia, J., Wei, Y., Wu, W., Xie, X., Yin, W., Li, H., Liu, M., Xiao, Y., Gao, H., Guo, L., Xie, J., Wang, G., Jiang, R., Gao, Z., Jin, Q., Wang, J., & Cao, B. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *The Lancet*, 395(10223), 497-506. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5).
- Howard, A.G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M., & Adam, H. (2017). Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. *arXiv preprint arXiv:1704.04861*.
- İnik, Ö., & Ülker, E. (2017). Deep learning and deep learning models used in image analysis. *Gaziosmanpasa Journal of Scientific Research*, 6(3), 85-104. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gbad/issue/31228/330663>.
- Khan, E., Rehman, M. Z. U., Ahmed, F., Alfouzan, F. A., Alzahrani, N. M., & Ahmad, J. (2022). Chest X-ray classification for the detection of COVID-19 using deep learning techniques. *Sensors*, 22(3), 1211. <https://doi.org/10.3390/s22031211>.
- Kim, M., Yun, J., Cho, Y., Shin, K., Jang, R., Bae, H. J., & Kim, N. (2019). Deep learning in medical imaging. *Neurospine*, 16(4), 657-668. <https://doi.org/10.14245/ns.1938396.198>.
- Kogilavani, S. V., Prabhu, J., Sandhiya, R., Kumar, M. S., Subramaniam, U., Karthick, A., Muhibbullah, M., & Imam, S. B. (2022). COVID-19 detection based on lung CT scan using deep learning techniques. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2022, 1-13. <https://doi.org/10.1155/2022/7672196>.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>.
- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>.
- Lei, J., Li, J., Li, X., & Qi, X. (2020). CT imaging of the 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pneumonia. *Radiology*, 295(1), 18-18. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020200236>.
- Luz, E., Silva, P., Silva, R., Silva, L., Guimarães, J., Miozzo, G., Moreira, G., & Menotti, D. (2022). Towards an effective and efficient deep learning model for COVID-19 patterns detection in X-ray images. *Research on Biomedical Engineering*, 38(1), 149-162. <https://doi.org/10.1007/s42600-021-00151-6>.
- Murugan, R., Goel, T., Mirjalili, S., & Chakrabarty, D. K. (2021). WOANet: Whale optimized deep neural network for the classification of COVID-19 from radiography images. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 41(4), 1702-1718. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2021.10.004>.
- Nasir, M. U., Roberts, J., Muller, N. L., Macri, F., Mohammed, M. F., Akhlaghpoor, S., Parker, W., Eftekhari, A., Rezaei, S., Mayo, J.,

- & Nicolaou, S. (2020). The role of emergency radiology in COVID-19: From preparedness to diagnosis. *Canadian Association of Radiologists Journal*, 71(3), 293-300. <https://doi.org/10.1177/0846537120916419>.
- Özyurt, F. (2020). Efficient deep feature selection for remote sensing image recognition with fused deep learning architectures. *The Journal of Supercomputing*, 76(11), 8413-8431. <https://doi.org/10.1007/s11227-019-03106-y>.
- Patnaik, S. K., Sidhu, M. S., Gehlot, Y., Sharma, B., & Muthu, P. (2018). Automated skin disease identification using deep learning algorithm. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 11(3), 1429-1436. <http://dx.doi.org/10.13005/bpj/1507>.
- Sae-Lim, W., Wettayaprasit, W., & Aiyarak, P. (2019). Convolutional neural networks using MobileNet for skin lesion classification. *2019 16th international joint conference on computer science and software engineering (JCSSE)* (pp. 242-247). IEEE. <https://doi.org/10.1109/JCSSE.2019.8864155>.
- Saeedi, A., Saeedi, M., & Maghsoudi, A. (2020). A novel and reliable deep learning web-based tool to detect covid-19 infection from chest ct-scan. *arXiv preprint arXiv:2006.14419*.
- Sarraf, S., & Tofighi, G. (2016). Classification of alzheimer's disease using fmri data and deep learning convolutional neural networks. *arXiv preprint arXiv:1603.08631*.
- Sejnowski, T. J., & Tesauro, G. (1989). The Hebb rule for synaptic plasticity: algorithms and implementations. In *Neural models of plasticity* (pp. 94-103). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-148955-7.50010-2>.
- Shi, H., Han, X., Jiang, N., Cao, Y., Alwalid, O., Gu, J., Fan, Y., & Zheng, C. (2020). Radiological findings from 81 patients with COVID-19 pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *The Lancet Infectious Diseases*, 20(4), 425-434. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30086-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30086-4).
- Shin, H. C., Roth, H. R., Gao, M., Lu, L., Xu, Z., Nogues, I., Yao, J., Mollura, D., & Summers, R. M. (2016). Deep Convolutional Neural Networks for Computer-Aided Detection: CNN architectures, dataset characteristics and transfer learning. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 35(5), 1285-1298. <https://doi.org/10.1109/TMI.2016.2528162>.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *arXiv preprint arXiv:1409.1556*.
- Song, Y., Zheng, S., Li, L., Zhang, X., Zhang, X., Huang, Z., Chen, J., Wang, R., Zhao, H., Chong, Y., Shen, J., Zha, Y., & Yang, Y. (2021). Deep learning enables accurate diagnosis of novel coronavirus (Covid-19) with ct images. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 18(6), 2775-2780. <https://doi.org/10.1109/tcbb.2021.3065361>.
- Swapna, G., Vinayakumar, R., & Soman, K. P. (2018). Diabetes detection using deep learning algorithms. *ICT express*, 4(4), 243-246. <https://doi.org/10.1016/j.ict.2018.10.005>.
- Wang, G., Li, W., Zuluaga, M. A., Pratt, R., Patel, P. A., Aertsen, M., Doel, T., David, A. L., Deprest, J., Ourselin, S., & Vercauteren, T. (2018). Interactive Medical image segmentation using deep learning with image-specific fine tuning. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 37(7), 1562-1573. <https://doi.org/10.1109/tmi.2018.2791721>.
- WHO-World Health Organization. (2021, 29 September) <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.
- Xu, J. X., Lin, T. C., Yu, T. C., Tai, T. C., & Chang, P. C. (2018). Acoustic scene classification using reduced MobileNet architecture. In *2018 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM)* (pp. 267-270). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISM.2018.00038>.
- Yan, Y., Chen, M., Sadiq, S., & Shyu, M. L. (2017). Efficient imbalanced multimedia concept retrieval by deep learning on spark clusters. *International Journal of Multimedia Data Engineering and Management (IJMDEM)*, 8(1), 1-20. <https://doi.org/10.4018/IJMDEM.2017010101>.
- Yang, X., He, X., Zhao, J., Zhang, Y., Zhang, S., & Xie, P. (2020). COVID-CT-dataset: a CT scan dataset about COVID-19. *arXiv preprint arXiv:2003.13865*.
- Zheng, C., Deng, X., Fu, Q., Zhou, Q., Feng, J., Ma, H., Liu, W., & Wang, X. (2020). Deep learning-based detection for COVID-19 from chest CT using weak label. *MedRxiv*, doi.org/10.1101/2020.03.12.20027185.

Investigation of the X-ray fluorescence parameters and valance electronic structure for Ni in Ni-B/hBN coating materials with doped TMAB and saccharine

Ni-B/hBN katkılı TMAB ve sakarinli kaplama malzemelerinde Ni için X-ışını floresans parametrelerinin ve valans elektronik yapısının incelenmesi

Oguz Kagan KOKSAL^{*1,2a} Ismail Hakki KARAHAN^{3b}

¹Adıyaman University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering, 02040, Adıyaman

²Karadeniz Technical University, Faculty of Science, Department of Physics, 61080, Trabzon

³Hatay Mustafa Kemal University, Faculty of Science Literature, Department of Physics, 31070, Hatay

• Geliş tarihi / Received: 29.11.2021

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 20.04.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 19.09.2022

Abstract

In this investigation, K shell valance electronic structure of Ni in Ni-B alloy coatings were studied by means of collecting the X-ray emission and XRD spectra. The data obtained were evaluated in terms of the K beta/K alpha X-ray intensity ratios and XRD data. The coated alloys were fabricated with using different concentrations of hexagonal boron nitride (hBN) for this study by electrochemical storage method. Besides saccharine and trimethylamine borane complex (TMAB) were added the current samples at constant concentration. The current specimens were excited by 59.5 keV photons from a 241Am annular radioactive source. K shell X-rays emitted by the specimens were detected by means of an Ultra-LEGe detector with a resolution of 150 eV at 5.9 keV. The K shell X-ray intensity ratios of Ni-B alloys are checked with pure Ni. Variations in the current outcomes were interpreted by the variation in valance electronic structures of Ni in Ni-B/hBN coating materials with doped TMAB and saccharine.

Keywords: Intensity ratio, K shell, XRD, XRF, Valance electronic structure

Öz

Bu araştırmada, Ni-B alaşımlı kaplamalarda Ni'nin K kabuğu değerlik elektronik yapısı, X-ışını emisyonu ve XRD spektrumları toplanarak incelenmiştir. Elde edilen veriler K beta/K alfa X-ışını yoğunluk oranları ve XRD verileri açısından değerlendirildi. Kaplanmış alaşımlar, bu çalışma için farklı konsantrasyonlarda altıgen bor nitrid (hBN) kullanılarak elektrokimyasal depolama yöntemiyle üretilmiştir. Mevcut örnekler sabit konsantrasyonda sakarin ve trimetilamin boran kompleksi (TMAB) ilave edildi. Mevcut örnekler, 241 Am halka şeklindeki radyoaktif kaynaktan gelen 59.5 keV fotonları tarafından uyarıldı. Örneklerden yayılan K kabuk X-ışınları, 5,9 keV'de 150 eV çözünürlüğe sahip bir Ultra-LEGe dedektörü vasıtasıyla tespit edildi. Ni-B alaşımlarının K kabuğu X-ışını yoğunluk oranları saf Ni ile kontrol edildi. Mevcut sonuçlardaki değişimler, katkılı TMAB ve sakarin içeren Ni-B/hBN kaplama malzemelerinde Ni'nin değerlik elektronik yapılarındaki değişim ile yorumlanmıştır.

Keywords: Şiddet oranı, K kabuğu, XRD, XRF, Değerlik elektron yapısı

*a Oguz Kagan KOKSAL; okoksak@ktu.edu.tr, Phone: 90 416 223 38 00 orcid.org/0000-0003-2671-6683

^b orcid.org/0000-0002-8297-3521

1. Introduction

1. Giriş

The XRF technique is a non-destructive spectroscopic technique that provides interaction between material and X-ray photons with a small amount of sample. In this sense, Energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) method is one of the most widely used techniques and the K-shell X-ray intensity ratios, which vary according to the chemical and physical facilities of the samples, present the knowledge regarding the valence electron structure of the 3d metals (Pawłowski et al., 2002). X-ray spectra provide us the important information on issues such as the vacancy transfer probabilities, production cross sections, estimation of the effects of the valence electron structure and chemical environment on the intensity ratio, as well as the element contents (Gójska et al., 2020). Therefore, the K shell X-ray intensity ratios of 3d metals have been investigated by many of investigators (Alm et al., 2016; Garmay et al., 2017; Gójska et al., 2020; Perişanoğlu & Demir, 2015; Perişanoğlu et al., 2020; Uğurlu et al., 2019; Uğurlu et al., 2017).

Transition metals have special uses mainly due to their hardness, high density, good thermal conductivity, high melting and boiling temperatures. Although some are lack of this feature, some have a very important place in our lives, like nickel (Uğurlu & Demir, 2020). Ni-B coatings; It is widely utilized in areas such as automotive, aerospace, petro chemistry, textile and electronics due to its high hardness, resistance to corrosion and strong resistance to abrasion. However, it is still being tried to improve its properties with various studies in order to be used in these areas (Chang et al., 2017; Matsui et al 2017; Matsui et al, 2018; Mirak & Akbari, 2018; Ogihara et al., 2012; Onoda et al., 1999; Sanyal et al., 2013; Shakoor et al., 2014a, 2014b; Tozar, 2020; Ünal & Karahan, 2018a, 2018b; Waware et al., 2018).

Although it has been revealed that saccharine does not have a positive effect on properties such as corrosion, abrasion and hardness, it has been revealed that the TMAB has an effect on the particle size. In addition, it has been shown that saccharine substance reduces the concentration value of the metal in the alloy (Bahramian, et al.,

2018; Ignatova & Marcheua, 2016; Sanyal et al., 2013; Sanyal & Jagirdar, 2012).

When looking at previous studies, it seems that the element Ni is coated with hBN by means of adding TMAB and saccharin at a constant rate (Ikram et al., 2020; Siegel et al., 2019; Smid et al., 2012; Tyagi et al., 2010; Yıldırım et al., 2019; Zhang et al., 2010). It has been revealed that TMAB adheres to the surface of Ni/B composite coatings and creates micro-caves on the surface due to electric charges (Sheu et al., 2021).

In this study, different concentrations of hBN coating material were added to the Ni-B alloy. TMAB and saccharine were also added at a constant concentration. The main goal of the current investigation is to interpret the valence electronic arrangement of Ni in Ni-B/hBN whether TMAB and saccharine substances added to improve some properties of the current alloys affect the valence electron structure with using the K shell intensity ratios.

2. Material and methods

2. Malzeme ve yöntem

2.1. Sampling

2.1. Numune

Ni-B/hBN alloy coatings were electrodeposited on St-37 low carbon mild steel substrate in Watts type nickel electrolyte and the bath contains nickel sulphate ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (240 g/l), boric acid (H_3BO_3) (30 g/l) and nickel chloride ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (45 g/l) as source of nickel, trimethylamine borane complex (TMAB) (5 g/l) gas source of boron, hBN (5,10,15 and 20 g/l) as reinforcing particles, saccharine as grain refining agent, sodium dodecyl sulphate (SDS) (0.5 g/l) as surfactant and saccharine at 2 g/l. Table 1 shows that production and bath facilities. The other parameters such as ultrasonic stirring, temperature, pH, preparing time, stirring speed and current density were adjusted as ; 30 minutes, 43°C, 4, 60 minutes, 500-600 rpm and 50 mA/cm²; respectively. The pure nickel and nickel-bor hBN coating composite material alloys used in this work are manufactured by (Ünal & Karahan, 2018b) and are tabulated in the Table 1 with their production facility. The concentration values in Table 1 are weight percentage values and the EDX result was obtained for these concentration values.

Table 1. Sample production process and concentration values**Tablo 1.** Numune üretme süreci ve konsantrasyon değerleri

Production Facilities	Pure Ni	A22	A24	A25
Ni %	100	85.74	84.7	87.2
B %	-	13.2	14.10	11.15
N %	-	1.05	1.19	1.58
H ₃ BO ₃ (g/l)	-		30	
NiSO ₄ (g/l)	-		240	
NiCl ₂ (g/l)	-		45	
TMAB (g/l)	-		3	
Saccharine (g/l)	-		2	
hBN (g/l)	-	5	15	20
SDS (g/l)	-		0.5	
Ultrasonic stirring (min.)	-		30	
Temparatute (°C)	-		43±1	
pH	-		4	
The duration of deposition (minute)	-		60	
The ratio of agitation(rpm)	-		500-600	
Current Density (mA/cm ²)	-		50	

2.2. EDXRF measurements

2.2. EDXRF ölçümleri

The experiment geometry consists of an Ultra Low Energy Germanium detector which has thickness

of 5mm and energy resolution 150 eV at 5.96 keV, radioactive source which emits 59.5 keV photons from 50 mCi ²⁴¹Am and the target are illustrated which is covered by a lead collimator in figure 1.

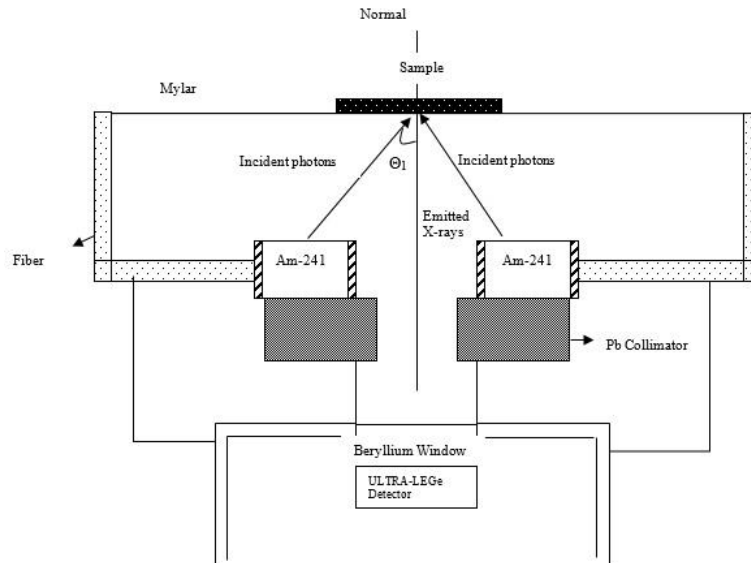


Figure 1. The current experimental geometry with 50 mCi ²⁴¹Am source with the angles
Şekil 1. 50 mCi ²⁴¹Am kaynaklı kullanılan deney geometrisi

The experimental set up was established so that the angle of emitted primary photon flux with the specimen surface was 45° and the X-ray fluorescence beam from the specimen was 90° with the specimen surface. In this experiment, the counting time was set to 10000 s for each sample. In the current investigation, the spectra analysis was made with using WinAxil Mitac 4.0 version program for the designation of the peak analysis. First of all required points subtracting as marking were removed thus background subtraction is done

and X ray peaks are fitted as Gaussian functions with using PFM (Peak Fitting Module) in this program.

2.3. XRD measurements

2.3. XRD ölçümleri

The X-ray diffraction pattern of Ni-B/hBN composite material was obtained with using Rigaku X-ray diffractometer performed for 40 kV potential and 30 mA current with Cu K_α photon.

2.4. Calculations

2.4. Hesaplamalar

(K_β/K_α) intensity ratio was calculated with the equation shown below:

$$\frac{I_{K\beta}}{I_{K\alpha}} = \frac{N_{K\beta}\beta_{K\alpha}\epsilon_{K\alpha}}{N_{K\alpha}\beta_{K\beta}\epsilon_{K\beta}} \quad (1)$$

where $N_{(K\alpha)}$ and $N_{(K\beta)}$ are the net photon numbers under the K_α and K_β peaks, $\epsilon_{(K\alpha)}$ and $\epsilon_{(K\beta)}$ are the detector efficiencies of K_α and K_β , $\beta_{(K\alpha)}$ and $\beta_{(K\beta)}$ are the self-absorption correction factors determined as following equation:

$$\beta = \frac{1 - \exp\left[-\left(\frac{\mu_{inc}}{\cos\theta_1} + \frac{\mu_{emt}}{\cos\theta_2}\right)t\right]}{\left(\frac{\mu_{inc}}{\cos\theta_1} + \frac{\mu_{emt}}{\cos\theta_2}\right)t} \quad (2)$$

where μ_{inc} and μ_{emt} are the mass attenuation coefficients (cm^2/g) of incident photons and emitted K X-rays respectively. θ_1 and θ_2 are the angles of incident photons and emitted X-rays with respect to the normal at the surface of the specimen in the current experimental geometry and t is the mass thickness of the specimen in g/cm^2 .

$I_0G\epsilon$ term which is consist of the primary photon beam, geometrical factor and the efficiency of the radiation detector, were gathered the K_α and K_β X-ray spectra K, Ca, Ti, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, As,

Se, Br, Y, Mo, Sn and Te in the same experimental set-up utilizing the following formula:

$$I_0G\epsilon_{Ki} = \frac{N_{Ki}}{\sigma_{Ki}\beta_{Ki}m} [i = \alpha, \beta] \quad (3)$$

Where the terms N_{Kx} and β_{Kx} are the net photon numbers under the K_x peak and $\beta_{(Ki)}$ is the self-absorption correction factors, respectively. m_i is the chemical composition (g/cm^2). σ_{Kx} X-ray production cross-section was determined with the help of the formula below:

$$\sigma_{Kx} = \sigma_K(E)\omega_KF_{Kx} \quad (x = \alpha \text{ and } \beta) \quad (4)$$

Where $\sigma_K(E)$ is the K-shell photoionization cross-section of the current element for the excitation energy E , ω_K is the K-shell fluorescence yield, and F_{Kx} is the emission rate of the fractional X-ray for K_α and K_β X-rays. The factor $I_0G\epsilon_{Kx}$ was plotted and fitted as a function of energy utilizing the polynomials:

$$I_0G\epsilon_{Kx} = A_0 + A_1E_i + A_2E_i^2 + A_3E_i^3 \text{ (1st part)} \quad (5)$$

$$I_0G\epsilon_{Kx} = B_0 + B_1E_i + A_2E_i^2 \text{ (2nd part)} \quad (6)$$

where E_i is the K_α or K_β X-ray energy. The deviation $I_0G\epsilon_{Kx}$ as a function of the K X-ray energy is illustrated in Figure 2. The formulas (5) and (6) correspond to the first and second parts of Figure 2, respectively.

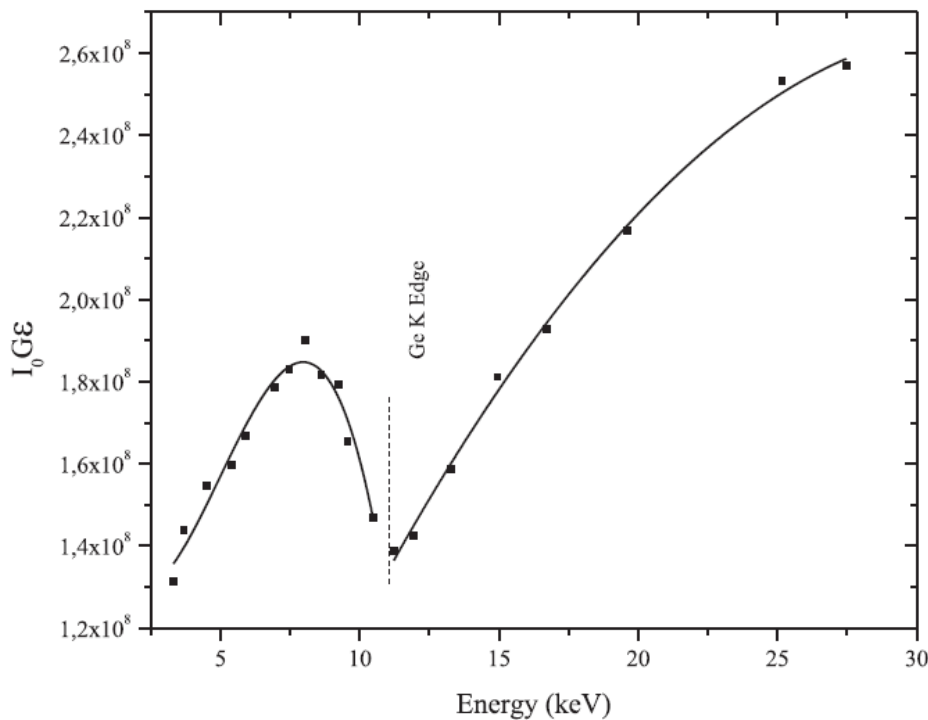


Figure 2. The variation of the factor $I_0G\epsilon$ as a function of the mean K X-ray energy for 50 mCi ^{241}Am source
Şekil 2. 50 mCi ^{241}Am için ortalama K X-Işını enerjisinin fonksiyonu olarak dedektör verim eğrisi

3. Results and discussions

3. Sonuçlar ve tartışma

The chemical environments of the elements that make up the alloy affect the chemical bond states, crystal structures, and characteristic X-ray emission and absorption probabilities in general. The K X-ray spectrum of Ni for specimen A25 is illustrated in the figure 3. The horizontal axis

represents the energy (keV) and the vertical axis represents the photon counts. The horizontal axis shows the angle and the vertical axis shows the intensity. When looking at the X-ray spectrum of the A 25 sample in the figure 3, it is seen that there is no shift in the energies corresponding to the peaks of the Ni K alpha and beta peaks. This demonstrates the reliability of the XRF system.

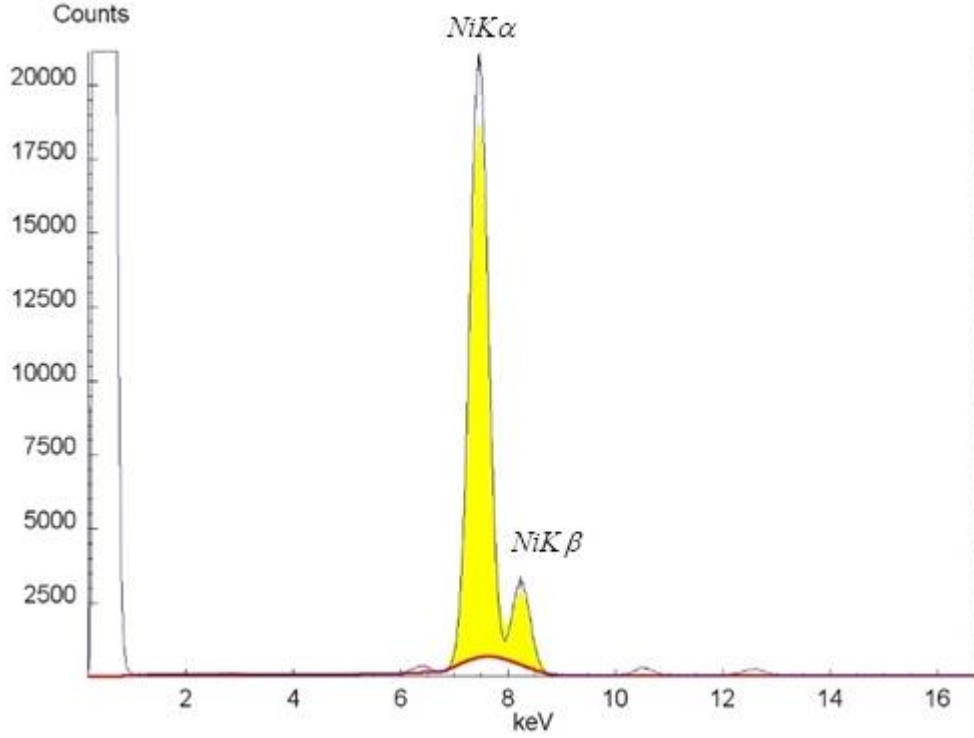


Figure 3. K X-ray spectra of Nickel measured with 50 mCi ^{241}Am
Şekil 3. Nikel elementine ait ölçülen K X-ışını spektrumu

The XRD spectra was shown as Figure 4. The added hBN, TMAB and saccharin substances while forming the alloy affected the 3d electron populations and as a result, the K shell X-ray intensity ratios is changed. Looking at the XRD peaks in the figure 4, it is seen that the Ni peaks change with the addition of hBN. Ni(111), Ni(200), Ni(220) and Ni(311) peak intensities in the XRD spectrum decrease as hBN is added. In the previous

studies, it has been reported that the concentration values change with the addition of saccharin and the particle size changes with the addition of TMAB. Such conditions affect the electron density and can change the K shell X-ray intensity ratios (Bahramian et al., 2018; Cengiz, Köksal, Apaydın, Karahan, & Ünal, 2019; Ignatova & Marcheva, 2016).

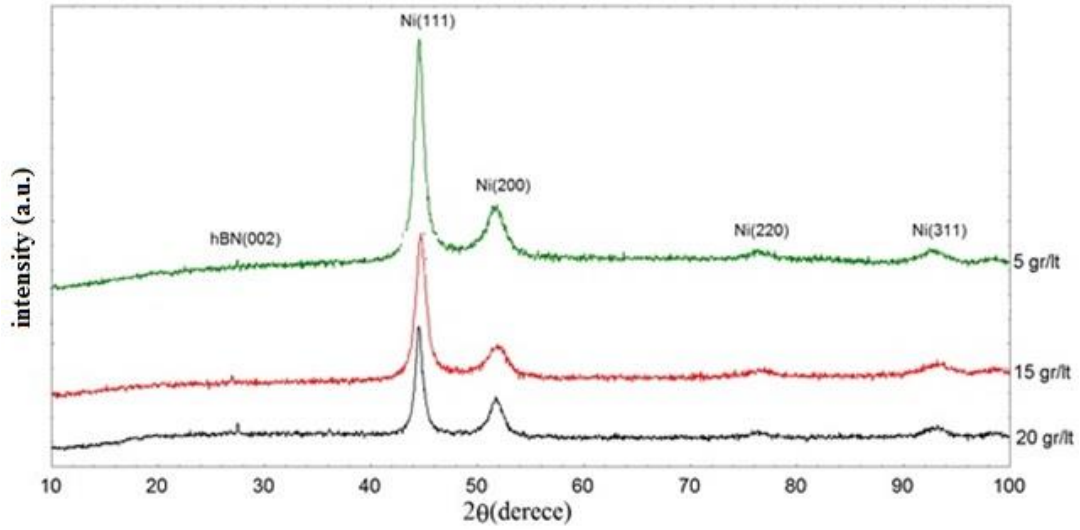


Figure 4. XRD Spectra
Şekil 4. XRD spektrumları

The SEM images were illustrated in the Figure 5 for the current samples.

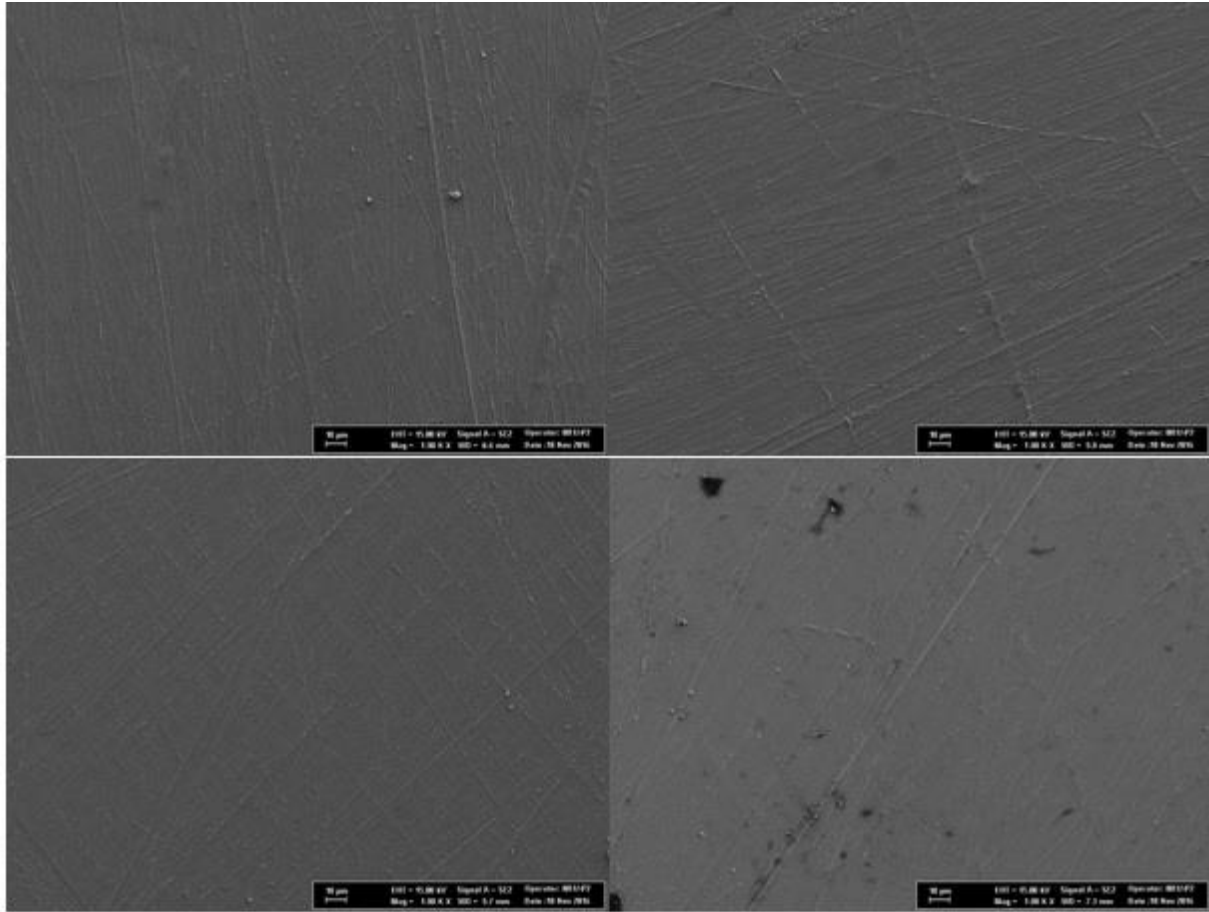


Figure 5. SEM Images (A7, A22, A24 and A25; respectively)
Şekil 5. SEM görüntüleri (sırasıyla, A7, A22, A24 and A25)

In this study, the experimental results are given for the $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ of Ni, B and N composite materials with doped TMAB and saccharin. When looking at the table 2, the intensity ratio for pure Ni is

tabulated Scofield, Coulomb and Babushin values. The current values are consistent with Scofield's theoretical value.

Table 2. Experimental K X-Ray Intensity Ratios of Ni in NiB alloy coatings ($I_{K\beta}/I_{K\alpha}$); Relative K X-Ray Intensity Ratios of Ni in NiB alloy coatings ($R_{K\beta}/R_{K\alpha}$) with respect to Pure Ni.

Tablo 2. Saf Ni elementine göre NiB alaşımının içindeki Ni için deneysel K X-ışını şiddet oranı ($I_{K\beta}/I_{K\alpha}$); NiB alaşımının içindeki Ni için görelî K X-ışını şiddet oranları ($R_{K\beta}/R_{K\alpha}$)

Specimen	Exp.		Theo.			
	$I_{K\beta}/I_{K\alpha}$	$R_{K\beta}/R_{K\alpha}$	Scofield 1974 (Scofield, 1974)		Coulomb gauge (Polasik, 1998)	Babuskin gauge
Pure Ni	0.1236±0.0074	1.0000	0.1227	$3d^84s^2$	0.1361	0.1374
				$3d^94s^1$	0.1333	0.1346
				$3d^{10}$	0.1313	0.1325
A22	0.1358±0.0081	1.3182±0.0079	---		---	---
A24	0.1413±0.0085	1.3717±0.0082	---		---	---
A25	0.1408±0.0084	1.3670±0.0082	---		---	---

However, when compared with the Coulomb and Babuskin gauges for all cases, it is seen that the K shell X-Ray intensity ratio is smaller for pure Nickel than Scofield theoretical value. It is seen that the K shell X-ray intensity ratios of the alloys are larger than pure Nickel and when considering the Babuskin and coulomb gauges. The alloying effect on the intensity ratio can be changed by the change of valence electron structure due to the altered shielding by the repositioning of the charges in the d orbital. This change is related to the rearrangement of electrons between 3d (4s, 4p). If the electron in the d orbital of one element is transferred to the d orbital of the other element, it is changed for different alloy compositions. Therefore, the intensity ratio depends on the alloy compositions. With the addition of saccharine, this composition changed and the intensity ratios changed compared to the saccharine-free Ni-B

alloys (Brunner, Nagel, Hartmann, & Arndt, 1982). The changes in the K-shell X-ray intensity ratios are thought to be due to the alloying effect. This significant difference is caused by the charge transfer and rearrangement processes. So the valence electron structure can be affected by this situation.

The overall error in the Table 3 is predicted as 6%. This error is the quadrature sum of the errors in the various parameters utilized to consider the K-shell fluorescence parameters, i.e. counting statistics (2%) ($N(K_i)$ ($i=\alpha, \beta$)), different parameters used to evaluate factor (2%) ($I_0G\epsilon_{K_i}$), Absorption coefficients correction at incident and emitted photon energies (1.5%) (β) and Weight and thickness of the samples (1%) (t).

Table 3. Uncertainties in the quantities used to determine the parameters
 Tablo 3. Deneysel paramaterelerin belirlenmesindeki hatalar

Quality	Reason for Error	Uncertainty (%)
$N(K_i)$ ($i=\alpha, \beta$)	Counting statistic	≤ 2
$I_0G\epsilon_{K_i}$	Different parameters used to evaluate factor	≤ 2
β	Absorption coefficients correction at incident and emitted photon energies	≤ 1.5
t	Weight and thickness of the samples	≤ 1

4. Conclusion
 4. Tartışma

In this investigation, the K-shell X-ray intensity ratios of nickel in pure Ni and TMAB and saccharine doped Ni-B alloy coatings were experimentally calculated. While the experimental K-shell X-ray intensity ratios of pure nickel are consistent with the theoretical values of Scofield, they are lower than the values of Coulomb and

Babuskin gauges. In previous studies, it has been stated that saccharin affects the element concentration values, while TMAB changes the grain size. It is seen that these changes can change the intensity ratios. In addition, it has been revealed that TMAB adheres to the surface of Ni/B composite coatings and creates micro-caves on the surface due to electric charges. Another reason for the decrease in the intensity ratio in the alloys used is the possibility of enhancement boron and

nitrogen by the characteristic K_{α} and K_{β} peaks of Nickel. It is thought that this situation will affect the valence electron structure. Therefore, this phenomenon, charge transfer and rearrangement processes also affect the valence electron structure of pure nickel.

Author contribution

Yazar katkısı

O.K. Koksal: Writing – original draft, Visualization, Validation, Supervision, Software, Resources, Project administration, Methodology, Investigation, Formal analysis, Data curation, Conceptualization; I.H. Karahan: Writing – review & editing, Supervision.

Declaration of ethical code

Etik beyanı

The authors of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee approval and/or legal-specific permission.

Conflicts of interest

Çıkar çatışması beyanı

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

Kaynaklar

- Alım, B., Han, İ., & Demir, L. (2016). Effect of external magnetic field on valence-electron structures of Fe and Ni in Invar, Permalloy and the other Fe–Ni alloys by using K_{β} -to- K_{α} X-ray intensity ratios. *Applied Radiation and Isotopes*, 112, 5-12.
- Bahramian, A., Eyraud, M., Vacandio, F., & Knauth, P. (2018). Improving the corrosion properties of amorphous Ni-P thin films using different additives. *Surface and Coatings Technology*, 345, 40-52.
- Brunner, G., Nagel, M., Hartmann, E., & Arndt, E. (1982). Chemical sensitivity of the K_{β} / K_{α} X-ray intensity ratio for 3d elements. *Journal of Physics B: Atomic and Molecular Physics*, 15(24), 4517.
- Cengiz, E., Köksal, O. K., Apaydın, G., Karahan, İ. H., & Ünal, E. (2019). Determination of valence electronic structure of Ni in Ni-B alloy coatings using K_{β} -to- K_{α} X-ray intensity ratios. *Applied Radiation and Isotopes*, 144, 24-28.
- Chang, C.-R., Hou, K.-H., Ger, M.-D., & Wang, J.-R. (2017). Characteristics of nickel boron coatings prepared by direct current electrodeposition technique. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 12, 2055-2069.
- Garmay, A., Oskolok, K., & Monogarova, O. (2017). The use of the ratios of intensities of spectral lines for X-ray fluorescence analysis of metal alloys and oxide materials. *Moscow University Chemistry Bulletin*, 72(1), 49-55.
- Gójska, A. M., Koziol, K., Mišta-Jakubowska, E. A., & Diduszko, R. (2020). Determination of the K_{β} / K_{α} intensity ratios of silver in Ag-Cu alloys. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 468, 65-70.
- Ignatova, K. N., & Marcheva, Y. S. (2016). Effect of saccharine on the properties of Ni-Co alloy coatings deposited in citrate electrolytes. Paper presented at the 2016 XXV International Scientific Conference Electronics (ET).
- Ikram, M., Hassan, J., Imran, M., Haider, J., Ul-Hamid, A., Shahzadi, I., . . . Ali, S. (2020). 2D chemically exfoliated hexagonal boron nitride (hBN) nanosheets doped with Ni: synthesis, properties and catalytic application for the treatment of industrial wastewater. *Applied Nanoscience*, 10, 3525-3528.
- Matsui, I., Li, M., & Omura, N. (2017). Fabricating Bulk Nanocrystalline Ni–W–B Alloys by Electrodeposition. *Materials Transactions*, 58(7), 1038-1041.
- Matsui, I., Omura, N., Yamamoto, T., & Takigawa, Y. (2018). Electrodeposition with intermittent addition of trimethylamine borane to produce ductile bulk nanocrystalline Ni–B alloys. *Surface and Coatings Technology*, 337, 411-417.
- Mirak, M., & Akbari, A. (2018). Microstructural characterization of electrodeposited and heat-treated Ni-B coatings. *Surface and Coatings Technology*, 349, 442-451.
- Ogihara, H., Udagawa, K., & Saji, T. (2012). Effect of boron content and crystalline structure on hardness in electrodeposited Ni–B alloy films. *Surface and Coatings Technology*, 206(11-12), 2933-2940.
- Onoda, M., Shimizu, K., Tateishi, Y., & Watanabe, T. (1999). Mechanism of boron codeposition in electrodeposited Ni-B alloy films and calculation of the amount of codeposited boron. *Transactions of the IMF*, 77(1), 44-48.
- Pawłowski, F., Polasik, M., Raj, S., Padhi, H., & Basa, D. (2002). Valence electronic structure of Ti, Cr, Fe and Co in some alloys from K_{β} -to- K_{α} X-ray

- intensity ratio studies. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 195(3-4), 367-373.
- Perişanoğlu, U., & Demir, L. (2015). A study of K shell X-ray intensity ratios of Ni_xCr_{1-x} alloys in external magnetic field and determination of effective atomic numbers of these alloys. Radiation Physics and Chemistry, 110, 119-125.
- Perişanoğlu, U., Kavaz, E., Urtekin, E., & Demir, L. (2020). Examining alloying effect on KX ray intensity ratios and chemical shifts of the Zn, Mn and mixed spinel ferrites. Applied Radiation and Isotopes, 156, 108980.
- Polasik, M. (1998). Influence of changes in the valence electronic configuration on the K beta-to-K alpha x-ray intensity ratios of the 3d transition metals. Physical Review A, 58(3), 1840-1845.
- Sanyal, U., Davis, D. T., & Jagirdar, B. R. (2013). Bimetallic core-shell nanocomposites using weak reducing agent and their transformation to alloy nanostructures. Dalton Transactions, 42(19), 7147-7157.
- Sanyal, U., & Jagirdar, B. R. (2012). Metal and alloy nanoparticles by amine-borane reduction of metal salts by solid-phase synthesis: atom economy and green process. Inorganic Chemistry, 51(23), 13023-13033.
- Scofield, J. H. (1974). Relativistic Hartree-Slater values for K and L X-ray emission rates. Atomic Data and Nuclear Data Tables, 14, 121-137.
- Shakoor, R., Kahraman, R., Waware, U. S., Wang, Y., & Gao, W. (2014a). Synthesis and properties of electrodeposited Ni-B-Zn ternary alloy coatings. Int. J. Electrochem. Sci, 9, 5520.
- Shakoor, R., Kahraman, R., Waware, U. S., Wang, Y., & Gao, W. (2014b). Synthesis and properties of electrodeposited Ni-B-CeO₂ composite coatings. Materials & Design, 59, 421-429.
- Sheu, H.-H., Wang, Q.-Y., Huang, P.-C., Cheng, A.-Y., Liu, Y.-M., Hou, K.-H., & Ger, M.-D. (2021). Effect of Trimethylamine Borane (TMAB) on the Corrosion Resistance and Mechanical Properties of Nickel-Based Composite Coatings. International Journal of Electrochemical Science, 16(4).
- Siegel, G., Gryzbowski, G., Hilton, A., Muratore, C., & Snure, M. (2019). Growth of Multi-Layer hBN on Ni (111) Substrates via MOCVD. Crystals, 9(7), 339.
- Smid, I., Segall, A., Walia, P., Aggarwal, G., Eden, T., & Potter, J. (2012). Cold-sprayed Ni-hBN self-lubricating coatings. Tribology transactions, 55(5), 599-605.
- Tozar, A. (2020). Investigating the hexadecylamine as a new nonionic surfactant candidate for electrodeposition of wear-resistant metal-matrix composites. Surface engineering, 36(9), 990-999.
- Tyagi, R., Xiong, D. S., Li, J., & Dai, J. (2010). Elevated temperature tribological behavior of Ni based composites containing nano-silver and hBN. Wear, 269(11-12), 884-890.
- Uğurlu, M., Alim, B., & Demir, L. (2019). The relationship between the external magnetic field and K X-ray intensity ratios of immiscible Mo_xAg_{1-x} alloys. Radiation Physics and Chemistry, 165, 108396.
- Uğurlu, M., Alim, B., Han, I., & Demir, L. (2017). Delocalization and charge transfer studies of PERMENDUR49, KOVAR and Ti50Co50 alloys from relative K X-ray intensity ratios. Journal of Alloys and Compounds, 695, 2619-2627.
- Uğurlu, M., & Demir, L. (2020). Relative K X-ray intensity ratios of the first and second transition elements in the magnetic field. Journal of Molecular Structure, 1203, 127458.
- Ünal, E., & Karahan, I. (2018a). Effects of ultrasonic agitation prior to deposition and additives in the bath on electrodeposited Ni-B/hBN composite coatings. Journal of Alloys and Compounds, 763, 329-341.
- Ünal, E., & Karahan, I. (2018b). Production and characterization of electrodeposited Ni-B/hBN composite coatings. Surface and Coatings Technology, 333, 125-137.
- Waware, U. S., Hamouda, A., & Wasekar, N. P. (2018). Mechanical properties, thermal stability and corrosion behavior of electrodeposited Ni-B/AlN nanocomposite coating. Surface and Coatings Technology, 337, 335-341.
- Yıldırım, Ç. V., Sankaya, M., Kıvak, T., & Şirin, Ş. (2019). The effect of addition of hBN nanoparticles to nanofluid-MQL on tool wear patterns, tool life, roughness and temperature in turning of Ni-based Inconel 625. Tribology International, 134, 443-456.
- Zhang, J., Tu, R., & Goto, T. (2010). Preparation of Ni-precipitated hBN powder by rotary chemical vapor deposition and its consolidation by spark plasma sintering. Journal of Alloys and Compounds, 502(2), 371-375.

Image retrieval with SNN-based multi-level thresholding

SNN tabanlı çok seviyeli eşikleme ile görüntü erişimi

Mürsel Ozan İNCETAŞ^{1,a}, Mahmut KILIÇASLAN^{*2,b}, Taymaz AKAN^{3,c}

¹ Alanya Alaaddin Üniversitesi, ALTSO Vocational School, Department of Electric and Energy, 07425, Antalya

² Ankara Üniversitesi, Nallıhan Vocational School, Department of Computer Technologies, 06135, Ankara

³ Ayyansaray Üniversitesi, Faculty of Engineering, Department of Software Engineering, 34217, İstanbul

• Geliş tarihi / Received: 30.09.2021

• Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 04.07.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 19.09.2022

Abstract

Image retrieval is defined as indexing similar or identical images in a digital image database. Various feature vectors obtained from the images are used while searching for a similar digital image. However, processing all pixels of the images requires costly algorithms. In addition, it is a possible issue that the images used in retrieval approaches are of different sizes. For this reason, pixel-level operations are insufficient when comparing images. Therefore, it requires vectorial structures that represent images. The process of obtaining these vectorial structures is called feature extraction, and it is one of the most important stages of content-based image retrieval. On the other hand, the histogram is the most basic feature vector that is independent of the dimensions of the image and can be easily calculated. In gray-level images, the size of the histogram is suitable for use as a feature vector. However, three different channels in color images contain too much data to be used as feature vectors. The data of 3 separate histograms are reduced using various thresholding processes and feature vectors are extracted. Therefore, reducing the vector size is an inevitable operation. In this study, a new multi-thresholding method based on the Spiking Neural Network model, inspired by the human visual system, is proposed. With the proposed model, 3 threshold values are determined for each of the RGB color channels, and each color channel is divided into 4 parts. Thus, the color palette of the image is quantized to 64 different colors and a feature vector with 64 elements is obtained. The proposed method was compared with the commonly used multilevel thresholding methods. The results obtained showed that the proposed method is quite successful.

Keywords: Color quantization, Content-based image retrieval, Multilevel thresholding, Spiking neural network

Öz

Görüntü erişimi, dijital bir görüntü veri tabanından benzer veya özdeş görüntülerin indekslenmesi olarak tanımlanır. Benzer bir dijital görüntü aranırken görüntülerden elde edilen çeşitli öznitelik vektörleri kullanılır. Çünkü görüntülerin pikselleri üzerinde işlem yapmak maliyetli algoritmalar gerektirir. Ayrıca, erişim yaklaşımlarında kullanılan görüntülerin farklı boyutlarda olması olası bir problemdir. Bu nedenle, görüntüleri karşılaştırırken piksel düzeyindeki işlemler yetersiz kalmaktadır. Görüntüleri temsil eden vektörel yapılar gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu vektörel yapıları elde etme sürecine özellik çıkarımı denir ve içerik tabanlı görüntü erişiminin en önemli aşamalarından biridir. Histogram ise görüntünün boyutlarından bağımsız ve kolaylıkla hesaplanabilen en temel öznitelik vektörüdür. Gri seviyeli görüntülerde histogramın boyutu öznitelik vektörü olarak kullanıma uygundur. Ancak, renkli görüntülerdeki üç farklı kanal, özellik vektörleri olarak kullanılmak için çok fazla veri içerir. Bu nedenle vektör boyutunu küçültmek kaçınılmaz bir işlemdir. Bu çalışmada, insan görsel sisteminden esinlenerek İğnecikli Sinir Ağı modeline dayalı yeni birçok-seviyeli eşikleme yöntemi önerilmiştir. Önerilen model ile RGB renk kanallarının her biri için 3 ayrı eşik değeri belirlenmiş ve her bir renk kanalı 4 parçaya bölünmüştür. Böylece elde edilen renk paleti ile renk uzayı 64 farklı renge indirgenir. Önerilen yöntem, görüntü erişimi için yaygın olarak kullanılan çok seviyeli eşikleme yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar önerilen yöntemin başarısını açıkça göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Renk niceleme, İçerik tabanlı görüntü erişimi, Çok seviyeli eşikleme, İğnecikli sinir ağı

^b Mahmut KILIÇASLAN; m.kilicaslan@ankara.edu.tr, Phone: 0312 785 6060, orcid.org/0000-0003-1117-7736

^a orcid.org/0000-0002-1016-1655

^c orcid.org/0000-0003-4070-1058

1. Introduction

1. Giriş

In recent years, with the development of science and technology, the use of digital images in many fields such as medicine, military, art, and education has led to the creation of large image databases. Retrieving the desired images in the aforementioned data sets has been a crucial issue. Early work for image retrieval was text-based. This approach, which is based on the indexing of each image with words, has the disadvantage that it is both insufficient and dependent on human perception in describing the images. Therefore, content-based image retrieval (CBIR) has become a field of computer vision that researchers have been interested in (Lai and Chen, 2011; Deveraj et al., 2020). CBIR systems are approaches that take into account the visual content of images such as color, shape, and texture. Commercial applications such as Qbic (Barber et al., 1994) VisualSEEK (Smith & Chang, 1997) and Virage (Gupta & Jain, 1997) are examples of typical CBIR. CBIR consists of two stages: feature extraction and similarity measurement. Feature extraction is the representation of the features of images by vectors. So it is a basic and important process of CBIR. An effective CBIR approach can be realized with the high representation ability of the feature vectors obtained. Color is a descriptor for feature extraction and it is commonly used in CBIR (Mojsilovic & Rogowitz, 2001) and the histogram is an important representation method that shows the frequency of colors. Also, the color histogram is one of the most commonly used feature vectors (Desealers, 2003; Long & Feng, 2003; Alamdar & Keyvanpour, 2011; Messing et al., 2001). Related vector is a powerful feature because it is easy to calculate, and is resistant to rotation and scaling. However, while the histogram is obtained with a single color channel in gray-level images, it is necessary to process three different color channels in color images. Moreover, there are 2^{24} different colors in the RGB color space. Processing on an image defined in RGB color space will be high computational complexity. Color reduction approaches have been developed to overcome the complexity and computational cost problem. The main purpose of color quantization approaches is to reduce the color diversity in the image by collecting similar colors under the same group.

There are several CBIR approaches based on histogram and color reduction in the literature. Smith and Chang developed an image retrieval approach using the distance between histograms (Smith & Chang, 1996). Küçükünç and Zamalieva

proposed a rule-based CBIR. They defined 26 rules in their work and created the histogram vector by obtaining 15 colors from the images (Kucukunc & Zamalieva, 2009). Konstantinidis et al. proposed a system with fuzzy logic based on 27 rules in the $L^*a^*b^*$ color space and calculates the similarity with the histogram intersection criterion. They represented images with 10 different colors in their approach (Konstantinidis et al., 2005). Islam et al. (2021) combined many feature vectors. In their approach using deep features, a novel feature vector was proposed by concatenating the histogram vector. Liu and Yang (2013) a novel feature vector developed which called color difference histograms. A conventional histogram only counts the number or frequency of pixels. However, the unique feature of the color difference histogram is that they count color differences between two points under different backgrounds in relation to colors and edge orientations. Some of the remarkable approaches in CBIR architectures are also based on neural networks. Neural network algorithms, which have become prominent in recent years, also attract attention in retrieval studies. However, there isn't any imaging study using the spiking neural network-based approach that models the human visual system.

Although the first psychophysical studies on HVS date back to the 1980s (Hilderth, 1983), the first HVS-based approach in the field of image processing was developed in 1993 using a double-layer network design for edge and boundary detection (Manjunath & Chellappa, 1993). Studies have shown that spiking neural networks (SNNs) very successfully simulate biological image processing in HVS (Ghosh-Dastidar & Adeli, 2009; Kunkle & Merrigan, 2002). There are many edge detection studies based on biological neural system models in the literature (Wu et al., 2007; Clogenson et al., 2011; Kerr et al., 2011a; Kerr et al., 2011b).

Since SNNs are known to be quite successful in detecting edges by modeling HVS, a new multi-thresholding method based on the bio-inspired Spiking Neural Network model is proposed in this study. With the proposed model, 3 different threshold values are determined for each of the RGB color channels in color images. In this way, each color channel is divided into 4 parts. Thus, the color palette of the image is reduced to 64 different colors and a feature vector of 64 elements is obtained. The proposed method was compared with the multilevel thresholding methods, which are widely used for CBIR, with the help of the Precision and Recall metrics.

2. Color quantization with multi-level thresholding

2. Çoklu eşikleme ile renk indirgeme

Multi-level thresholding is one of the methods used to segment images into homogeneous regions. These techniques are also preferred in color reduction approaches. Color reduction, in other words, vector quantization approaches are one of the frequently used methods in CBIR. Image process algorithms operate faster by combining similar colors in the extraction of low-level features. The capability of the reduced image to represent the original confirmations the performance of the reduction algorithm. These approaches take place in two stages. First, a color palette is created. Then, the output image is reconstructed with this color palette (Márquez-de-Silva et al., 2008).

LBG (Linde et al., 1980) is still one of the methods used for color reduction for CBIR (Chen, Chang, & Hsu, 2020). Approaches such as Otsu, Kapur, and the center of gravity of the Histogram (CoG) are preferred for multi-level thresholding. However, related techniques have also been used in color reduction. LBG algorithm takes an input vector set, which reduces its representation to a sub-vector set. Thus, a vector set with l elements is reduced to a vector set with k elements ($k < l$). Initially, randomly determined cluster centers are updated according to their distance from the pixel.

Otsu thresholding technique is based on the calculation of variance between classes. The mentioned optimization approach aims to determine the value that maximizes the variance between classes (Huang & Wen, 2021). Kapur, on the other hand, is a commonly used approach for segmentation. The method, also known as Kapur Entropy, estimates the threshold values that maximize local entropies on the gray level histogram (Satya, Kalyani & Sakthivel, 2021). Similarly, CoG is an approach that calculates the repetitive average over the probabilities of the colors. This approach uses the threshold values in which the centers of gravity of the histogram are determined as the critical points between the classes (Demirci & Okur, 2019).

Otsu, Kapur, and CoG are techniques that perform effective segmentation on gray level images.

Approaches used in multi-level thresholding are also included in the literature to segment the color space. Kılıçaslan et al. (2018, 2020) divided the color space into sub-cubes with related techniques in their studies. Afterward, they assigned a single color value to the remaining colors in the sub-prisms. Thus, for a colored RGB image, they combined the information from 3 color channels and represented them with a single color. As a result, a one-dimensional histogram is presented by the color reduction in the proposed approach.

3. Conductance-based integrate and fire neuron model

3. Kondüktans tabanlı topla ve ateşle nöron modeli

The structure of neurons was mathematically modeled for the first time in 1952 by Hodgkin and Huxley (HH) (Hodgkin & Huxley, 1952). The HH model consists of equations expressing the generation of action potentials (Nelson, 2004). Instead of the highly complex HH neuron model, Integrate and Fire (IF), FitzHugh-Nagumo (FHN), and Izhikevich models were proposed that minimize computational costs (Nagumo et al., 1962; Fitzhugh, 1969; Gerstner & Kistler, 2002; Izhikevich, 2003). The IF model stands out with its features such as simplicity, easy applicability, and low computational complexity (Vemuru, 2020). The variation of the membrane potential $v(t)$ of the Conductance based IF model used in this study is given below.

$$c_m \frac{dv(t)}{dt} = g_l (E_l - v(t)) + \frac{w_{ex} g_{ex}(t)}{A_{ex}} (E_{ex} - v(t)) \quad (1)$$

where c_m refers to membrane capacitance, g_l membrane conductivity, and E_l inverse potential of the membrane. E_{ex} is the reverse potential of excitatory synapses. w_{ex} indicates the weight of the synapse and A_{ex} is the membrane surface area of the synapse. The variable g_{ex} is the conductivity of the excitatory synapse. When the membrane potential $v(t)$ exceeds the threshold voltage, an action potential is generated and then $v(t+I)$ is reset to the initial value. Figure 1 shows the spikes formed by an output neuron with a spike train coming from the neuron to which it is synaptically connected.



Figure 1. Synaptic connection and spike trains of IF neuron model.

Şekil 1. Sinaptik bağlantı ve topla ve ateşle nöron modelinin iğnecik dizisi

4. Image retrieval with SNN based color quantization

4. SNN tabanlı renk indirgeme ile görüntü erişimi

In this study, a network model shown in Figure 2 is proposed for SNN-based vector quantization. The proposed SNN consists of three layers. The first layer is the receptive layer that contains as many receptors as the number of pixels in the image. Neurons in the intermediate layer produce spikes according to the gray level value coming from each pixel in the image. The output layer, to which each of the neurons in the intermediate layer is connected, also consists of output neurons. The firing number of each output neuron corresponds to the gray level value in the output image. All

synaptic connections of neurons within the SNN are excitatory.

If the gray level value of a pixel at (x, y) position is large enough, it will enable the $M_{x,y}$ neuron to produce spike(s). As the gray level value increases, the frequency of generating spikes will also increase. The resulting spike train is transmitted to the $O_{x,y}$ neuron in the Output layer via the excitatory synaptic connection. Depending on the number of excitatory spikes from the $M_{x,y}$ neuron, the increase in the membrane potential of the $O_{x,y}$ neuron will also cause spike generation at certain intervals. In the proposed model, (x, y) represents the coordinate of the receptor corresponding to each pixel in RF. The peak conductivity values of the receivers are calculated by equation (2) with the help of the $G_{x,y}$ gray level values of the pixels

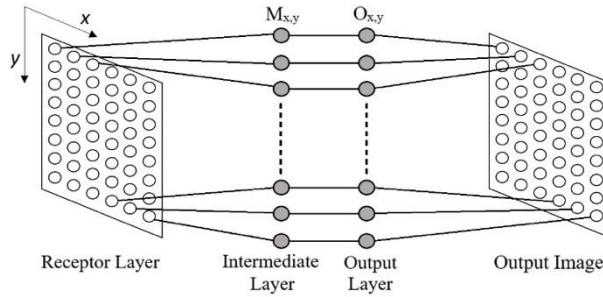


Figure 2. Proposed SNN structure
Şekil 2. Önerilen SNN modeli

$$q_{ex} = \alpha G_{x,y} \quad (2)$$

where $g_{x,y}$ is the gray level value of the pixel at (x, y) coordinate. The α coefficient ensures that the gray level value is between 0 and 1 and its value is accepted as 1/255 in this study. The spike train of each $M_{x,y}$ neuron in the intermediate layer is calculated with the help of the following equations.

$$\frac{g_{ex}(t)}{dt} = -\frac{1}{\tau_{ex}} g_{ex}(t) + \frac{w_{ex} q_{ex}}{A_{ex}} \quad (3)$$

where τ_{ex} is the time constants for all synapses. In the calculation of the time-dependent membrane potential of the neuron, the following equation, which is the analytical solution of equation (1), was used (Vemuru, 2020):

$$I_{ex} = -g_{ex} E_{ex} \quad I_l = g_l E_l \quad (4)$$

$$v_M = \left(\frac{1}{g_l}\right) \left\{ (-\exp\left(\frac{g_l t}{c_m}\right)) (I_{ex} + 70g_l + I_l) + I_{ex} + I_l \right\} \quad (5)$$

The spike is generated when the membrane potential of an $M_{x,y}$ neuron reaches the threshold

voltage, and then the neuron returns to its initial state. The Spike Train formed by these spikes is obtained by equation (6).

$$S_{M_{x,y}(t)} = \begin{cases} 1 & \text{if neuron } i \text{ fires a spike at time } t \\ 0 & \text{if there is no spike at time } t \end{cases} \quad (6)$$

In the output layer, there is one $O_{x,y}$ output neuron to which each $M_{x,y}$ neuron is excitatory synaptically connected. Equations (7), (8) and (9) are used for each $O_{x,y}$ neuron.

$$\frac{g_{out}(t)}{dt} = -\frac{1}{\tau_{out}} g_{out}(t) + \frac{S_{M_{x,y}}(t)}{A_{ex}} \quad (7)$$

$$I_{out} = -g_{out} E_{out} \quad (8)$$

$$v_O = \left(\frac{1}{g_l}\right) \left\{ (-\exp\left(\frac{g_l t}{c_m}\right)) (I_{out} + 70g_l + I_l) + I_{out} + I_l \right\} \quad (9)$$

where g_{out} is the time-varying conductivity, τ_{out} , the time constant. Spike trains for all $O_{x,y}$ neurons are also calculated using equation (6). The number

of spikes $F_{O_{x,y}}$ produced by neuron $O_{x,y}$ during T time in the output layer is found by equation (10).

$$F_{O_{x,y}} = \sum_{t=0}^T S_N(t) \quad (10)$$

In the tests, it is seen that the FN results for the gray level value between 0-255 appear in the range of 0-

3. Thus, by applying the same approach to three of the RGB channels of each pixel, each color channel is reduced to 4 levels and the image to 64 different color values. The RGB color space reduced to 64 colors is shown in Figure 3. Each color belongs to a different cluster of $C = \{C_0, C_1, C_2, \dots, C_{63}\}$. th is the thresholding value which calculated by SNN.

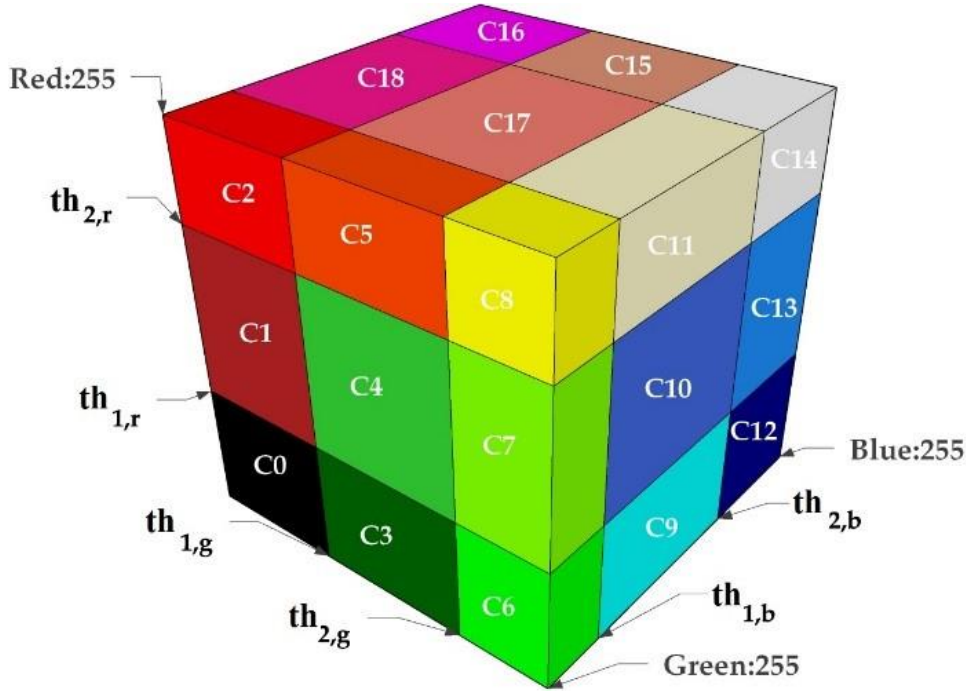


Figure 3. RGB color space reduced to 64 colors (Kılıçaslan et al., 2020; Rahkar Farshi et al., 2018)

Şekil 3. 64 renge indirgenmiş RGB renk uzayı (Kılıçaslan et al., 2020; Rahkar Farshi et al., 2018)

Table 1 demonstrates the quantized images obtained by different methods. Images in the table are randomly selected from the Corel 1K dataset. While the original images are included in the first

row of Table 1, the other rows contain the thresholding results obtained by LBG, Otsu, Kapur, CoG, and the proposed method, respectively.

Table 1. Quantized images with different algorithms
Tablo 1. Farklı algoritmalarla indirgenen görüntüler



Table 1. Continue
Tablo 1. Devamı



5. Experimental results and discussion

5. Deneysel sonuçlar ve tartışma

The proposed method is based on the multi-level thresholding technique. Therefore, the adaptation of the experiments has been examined by making comparisons with different thresholding techniques. The color space is segmented with all thresholding techniques. Then, feature vectors representing color images have been obtained. Related feature vectors are used for image retrieval. Corel 1K dataset has been used for the proposed retrieval approach. Corel 1K dataset is used frequently in CBIR studies. It consists of 10 different classes and each class has 100 images.

Proposed algorithm consists of two stages. In the first stage, the codebook is constructed with the proposed SNN model for color reduction. The developed network model was performed in MATLAB using the following parameters: $c_m = 1 \mu\text{F}/\text{mm}^2$, $E_l = -44.42 \text{ mV}$, $g_l = 0.003 \mu\text{S}/\text{mm}^2$, $\tau_{ex} = 4 \text{ ms}$, $E_{ex} = 36.78 \text{ mV}$, $v_{reset} = -70 \text{ mV}$, $A_{ex} = 0.0141 \text{ mm}^2$, $T = 100 \text{ ms}$, $dt = 0.1 \text{ ms}$, and $w_{ex} = 0.0025$. The weights of the synapses were approximately calculated according to (Wu et al., 2007). The other step is to perform CBIR with feature vectors extracted from SNN.

Image retrieval architecture consists of two basic stages. The first is feature extraction and the second is similarity measurement. The similarity

measurement phase is critical. The feature extracted by the proposed method is a one-dimensional histogram. For this reason, frequently used histogram similarity metrics such as Canberra, Chebyshev, Chi-Square, Cosine, Intersection, and L1 were used to measure similarity. The use of different metrics made the experiments more effective and consistent. The performances of the methods have been evaluated with Precision and Recall values. Equation 11 and Equation 12 show the formulas for the Precision and Recall metrics, respectively.

$$Precision = \frac{N_R}{N_T} \quad (11)$$

$$Recall = \frac{N_R}{N_C} \quad (12)$$

where N_R and N_T are the numbers of retrieved relevant images and all retrieved images for each query image, respectively. N_C is the number of images in each category of the dataset.

Precision values (%) of the proposed method according to different metrics are shown in Table 2. The highest precision values were obtained from the Canberra metric. For this reason, the Canberra similarity metric was used in comparisons with other methods. On the other hand, it was observed

that especially Intersection and L1 distance metrics produced very close results. When Table 2 is examined, the precision values decrease as the number of retrieved images increases. This situation is an expected result. In addition, the different performance of different similarity

metrics indicates that the similarity measurement step is crucial. In addition, the superior performance of the Canberra results showed that the feature vectors extracted with the developed approach were more compatible.

Table 2. Precision results (%) of proposed method
Tablo 2. Önerilen metodun kesinlik sonuçları (%)

Precision (%)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Canberra	70.03	63.18	59.06	55.97	53.36	51.13	49.19	47.59	46.11	44.67
Chebyshev	58.38	50.59	46.24	43.45	41.41	39.69	38.18	36.98	35.85	34.86
Chi-Square	64.23	57.15	52.79	49.60	47.06	44.99	43.15	41.63	40.31	39.03
Cosine	63.27	56.36	52.39	49.59	47.27	45.28	43.61	42.18	40.87	39.52
Intersection	68.79	61.60	57.46	54.26	51.72	49.46	47.65	45.98	44.55	43.16
L1	68.77	61.59	57.45	54.26	51.72	49.47	47.65	45.98	44.55	43.17

Table 3 shows the Precision and Recall values obtained for the top 10 images. According to the results obtained, the lowest values were obtained with LBG. The disadvantage of the LBG approach is that it reduces the color space with random initial values. This causes different feature vectors to be produced for the same image. Kapur and Otsu techniques produced similar results. In addition, both optimization methods were approximately 23% more successful than LBG. CoG is the most successful of the traditional methods. The method in question produced 28% superior results compared to LBG and approximately 5% superior

to Otsu and Kapur. The proposed method, on the other hand, left all the traditional methods behind. The developed algorithm is more powerful with a precision of 70%. In addition, experimental findings and results indicated that the proposed method produced feature vectors that represent images better than other methods. In Figure 4, the Precision (%) graph is given according to the number of images retrieved. Similar to the results in Table 3, although the number of retrieved images increased, the success order did not change. The proposed method gave more successful results than the traditional methods.

Table 3. Precision and recall results (%) of threshold methods for top 10 images
Tablo 3. İlk 10 görüntü için eşikleme metodlarının kesinlik ve hassasiyet değerleri

Method	LBG	Otsu	Kapur	CoG	Prop.
Precision(%)	41.16	64.86	63.89	69.30	70.03
Recall(%)	4.12	6.49	6.39	6.93	7.00

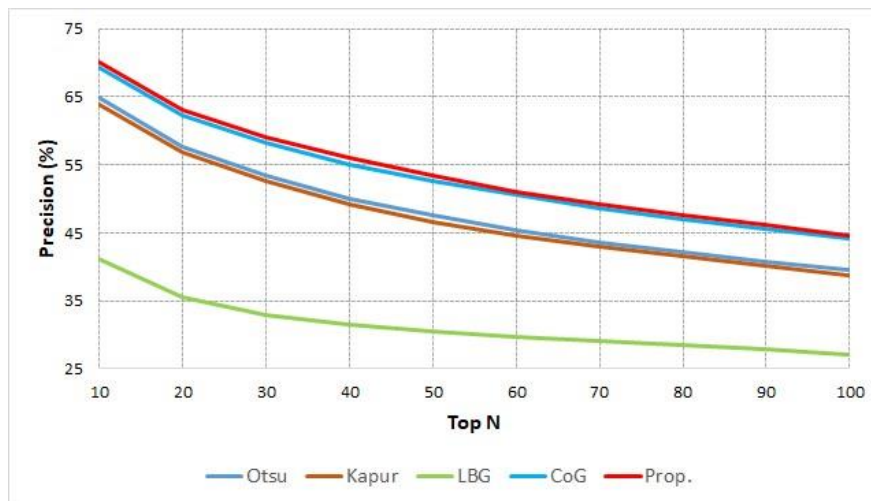


Figure 4. Average precision (%) performances of threshold methods
Şekil 4. Eşikleme tekniklerinin ortalama kesinlik performansları (%)

In Table 4, there are examples of retrieved images against various query images in the database. For example, there is a bus image among the images retrieved in response to the image in the first line in the Africans category. Similarly, 2 of the images corresponding to the bus image in the second row are quite irrelevant. For the horse image in the third

line, one of the retrieved images shows a sunbathing couple. In the food image in the 4th line, it is striking that all the first 7 images are related. The most important reason for this situation is that only reduced color information is used for retrieval.

Table 4. Query and retrieved image examples
Tablo 4. Sorgu görüntü ve getirilen görüntüler

Query Image	Retrieved Images									
										
										
										
										

With the proposed method, color quantization was made based on SNN simulating the human visual system. Although the success of the proposed method seems to be lower than many retrieval studies in the literature, it should be noted that only color reduction is used. All recently developed techniques use larger feature vectors (Yuan, & Liu, 2020; Kayhan, & Fekri-Ershad, 2021; Singhal, Agarwal, & Pachori, 2021) that combine edge, pattern, and color information. In addition, the calculation of the similarities between the obtained features through linear metrics is seen as one of the factors that reduce success. For this reason, it is predicted that the success of the proposed method will increase by calculating the similarities of the feature vectors to be obtained by using edge and color information together with the help of machine learning techniques.

6. Conclusion

6. Sonuç

In this study, a new multi-thresholding method is proposed. The proposed method is based on the SNN model and is used to threshold the color channels of the images. Each color channel is divided into 4 parts and a vector with 64 elements is produced by reducing the colors of the image. This feature vector generated was used for CBIR. The proposed method was compared with the commonly used multilevel thresholding methods. The results showed that the proposed method can

be used for CBIR. In the future, it is planned to carry out studies to increase the success of CBIR by using the proposed method with different features to be extracted from the images.

Author contribution

Yazar katkısı

İncetaş and Kılıçaslan formed the structure, experiments and core concept of the article. Akan has coded optimization techniques.

Declaration of ethical code

Etik beyanı

The authors declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee approval and/or legal-specific permission.

Conflicts of interest

Çıkar çatışması beyanı

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

Kaynaklar

Alamdar, F. & Keyvanpour, M. (2011). A new color feature extraction method based on QuadHistogram. *Procedia Environmental*

- Sciences*, 10, 777-783.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.126>
- Barber, R., Flickner, M., Hafner, J., Niblack, W., Petkovic, D., Equitz, W. & Faloutsos, C. (1994). Efficient and effective querying by image content. *Journal of Intelligent Information Systems*, 3(3-4), 231-262.
<https://doi.org/10.1007/BF00962238>
- Cambroner, J., Stanley-Marbell, P. & Rinard, M. (2018). Incremental color quantization for color-vision-deficient observers using mobile gaming data. *arXiv preprint arXiv:1803.08420*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1803.08420>
- Clogenson, M., Kerr, D., McGinnity, T. M., Coleman, S. A. & Wu, Q. (2011). Biologically inspired edge detection using spiking neural networks and hexagonal images. In *International Conference on Neural Computation Theory and Applications* (pp. 381-384). SciTePress. <https://doi.org/10.5220/0003682103810384>
- Chen, Y. H., Chang, C. C., & Hsu, C. Y. (2020). Content-based image retrieval using block truncation coding based on edge quantization. *Connection Science*, 32(4), 431-448.
<https://doi.org/10.1080/09540091.2020.1753174>
- Deselaers, T. (2003). Features for image retrieval. [Master's thesis, University of Rhine-Westphalia Alsiche Technical University of Aachen].
- Demirci, R., & Ümit, O. (2019). Renkli Görüntülerin Ortalama Tabanlı Çok Seviyeli Eşiklenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 664-676.
<https://doi.org/10.29130/dubited.471040>
- Devaraj, A. F. S., Murugaboopathi, G., Elhoseny, M., Shankar, K., Min, K., Moon, H. & Joshi, G. P. (2020). An Efficient Framework for Secure Image Archival and Retrieval System Using Multiple Secret Share Creation Scheme. *IEEE Access*, 8, 144310-144320.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3014346>
- FitzHugh, R. (1969). Mathematical models of excitation and propagation in nerve. *Biological Engineering*, 1-85.
- Gerstner, W. & Kistler, W. M. (2002). *Spiking neuron models: Single neurons, populations, plasticity*. Cambridge University Press.
- Gervautz, M., Purgathofer, W. (1988). *A Simple method for color quantization: octree quantization*. *New Trends in Computer Graphics*. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-83492-9_20
- Ghosh-Dastidar, S. & Adeli, H. (2009). Spiking neural networks. *International Journal of Neural Systems*, 19(04), 295-308.
<https://doi.org/10.1142/S0129065709002002>
- Gupta, A. & Jain, R. (1997). Visual information retrieval. *Communications of the ACM*, 40(5), 70-79. <https://doi.org/10.1145/253769.253798>
- Heckbert, P. (1982). Color Image Quantization for Frame Buffer Display. *Computer Graphics*, 16(2), 297-307.
<https://doi.org/10.1145/965145.801294>
- Hildreth, E. C. (1983). The detection of intensity changes by computer and biological vision systems. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 22(1), 1-27.
[https://doi.org/10.1016/0734-189X\(83\)90093-2](https://doi.org/10.1016/0734-189X(83)90093-2)
- Hodgkin, A. L. & Huxley, A. F. (1952). A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *The Journal of physiology*, 117(4), 500-544.
- Huang, C. Li X. & Wen, Y. (2021). AN OTSU image segmentation based on fruitfly optimization algorithm. *Alexandria Engineering Journal*, 60(1), 183-188.
<https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.06.054>
- Islam, S.M., Joardar, S., Dogra, D.P. (2021) Ornament Image Retrieval Using Multimodal Fusion. *SN COMPUT. SCI*, 2, 336.
<https://doi.org/10.1007/s42979-021-00734-1>
- Izhikevich, E. M. (2003). Simple model of spiking neurons. *IEEE Transactions on neural networks*, 14(6), 1569-1572.
<https://doi.org/10.1109/TNN.2003.820440>
- Kayhan, N., & Fekri-Ershad, S. (2021). Content based image retrieval based on weighted fusion of texture and color features derived from modified local binary patterns and local neighborhood difference patterns. *Multimedia Tools and Applications*, 80(21), 32763-32790.
<https://doi.org/10.1007/s11042-021-11217-z>
- Kerr, D., Coleman, S., McGinnity, M., Wu, Q. & Clogenson, M. (2011a, November). Biologically inspired edge detection. In *2011 11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications* (pp. 802-807). IEEE.
- Kerr, D., McGinnity, M., Coleman, S., Wu, Q. & Clogenson, M., (2011b, January) Spiking hierarchical neural network for corner detection, NCTA 2011 - *Proceedings of the International Conference on Neural Computation Theory and Applications*, pp. 230-235.
- Kilicaslan, M., Tanyeri, U. & Demirci, R. (2020). Image Retrieval using One-Dimensional Color Histogram Created with Entropy. *Advances in*

- Electrical and Computer Engineering*, 20(2), 79-88. <https://doi.org/10.4316/AECE.2020.02010>
- Kılıçaslan, M., Tanyeri, U., & Demirci, R. (2020). Tekrarlı Ortalama Yardımıyla Renk İndirgeme ve Görüntü Erişimi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 1042-1057. <https://doi.org/10.29130/dubited.643351>
- Kılıçaslan, M., Tanyeri, U., & Demirci, R. (2018). Renkli Görüntüler İçin Tek Boyutlu Histogram. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(4), 1094-1107. <https://doi.org/10.29130/dubited.413822>
- Konstantinidis, K., Gasteratos, A. & Andreadis, I. (2005). Image retrieval based on fuzzy color histogram processing. *Optics Communications*, 248(4-6), 375-386. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2004.12.029>
- Kucuktunc, O. & Zamalieva, D. (2009). Fuzzy color histogram-based CBIR system. *Proceedings of 1st International Fuzzy Systems Symposium*, (pp.231-234).
- Kunkle, D. R. & Merrigan C, (2002). *Pulsed Neural Networks and Their Application*. Computer Science Department, College of Computing and Information Sciences, Rochester Institute of Technology.
- Lai, C. C. & Chen, Y. C. (2011). A user-oriented image retrieval system based on interactive genetic algorithm. *IEEE transactions on instrumentation and measurement*, 60(10), 3318-3325. <https://doi.org/10.1109/TIM.2011.2135010>
- Linde, Y., Buzo, A. & Gray, R. (1980). An algorithm for vector quantizer design. *IEEE Transactions on communications*, 28(1), 84-95. <https://doi.org/10.1109/TCOM.1980.1094577>
- Liu, G. H. & Yang J. Y. (2013) Content-based image retrieval using color difference histogram. *Pattern Recognition* 46(1), 188–198. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2012.06.001>
- Liu, S., Wei, G., Song, Y. & Ding, D. (2017). Set-membership state estimation subject to uniform quantization effects and communication constraints. *Journal of the Franklin Institute*, 354(15), 7012-7027. <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2017.08.012>
- Long, F., Zhang, H. & Feng, D. D. (2003). Fundamentals of content-based image retrieval. *In Multimedia information retrieval and management* (pp. 1-26). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Manjunath, B. S. & Chellappa, R. (1993). A unified approach to boundary perception: edges, textures and illusory contours. *IEEE Transactions on neural networks*, 4(1), 96-108. <https://doi.org/10.1109/72.182699>
- Márquez-de-Silva, S., Felipe-Riverón, E. & Fernández, L. P. S. (2008, September). A simple and effective method of color image quantization. *In Iberoamerican Congress on Pattern Recognition* (pp. 749-757). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Messing, D. S., Van Beek, P. & Errico, J. H. (2001, October). The mpeg-7 colour structure descriptor: Image description using colour and local spatial information. *In Proceedings 2001 International Conference on Image Processing (Cat. No. 01CH37205) (Vol. 1, pp. 670-673)*. IEEE.
- Mojsilovic, A. & Rogowitz, B. (2001, October). Capturing image semantics with low-level descriptors. *In Proceedings 2001 International Conference on Image Processing (Cat. No. 01CH37205) 1*, (pp. 18-21). IEEE.
- Nagumo, J., Arimoto, S. & Yoshizawa, S. (1962). An active pulse transmission line simulating nerve axon. *Proceedings of the IRE*, 50(10), 2061-2070.
- Nelson, M. E. (2004). Electrophysiological models. *Databasing the brain: from data to knowledge*, 285-301.
- Patanè, G. & Russo, M. (2001). The enhanced LBG algorithm. *Neural networks*, 14(9), 1219-1237. [https://doi.org/10.1016/S0893-6080\(01\)00104-6](https://doi.org/10.1016/S0893-6080(01)00104-6)
- Rahkar Farshi, T., Demirci R. & Mohammad-Reza F. (2018). Image clustering with optimization algorithms and color space. *Entropy*, 20(4), 296-314. <https://doi.org/10.3390/e20040296>
- Sathya, P.D., Kalyani, R., & Sakthivel, V.P. (2021). Color image segmentation using Kapur, Otsu and minimum cross entropy functions based on exchange market algorithm. *Expert Systems with Applications*, 172, 114636. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114636>
- Singhal, A., Agarwal, M., & Pachori, R. B. (2021). Directional local ternary co-occurrence pattern for natural image retrieval. *Multimedia Tools and Applications*, 80(10), 15901-15920. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10319-4>
- Smith, J. R. & Chang, S.F. (1996) Tools and techniques for color image retrieval, *Proceedings of SPIE 2670. Storage and Retrieval for Still Image and Video Databases IV*. (pp. 426-437). <https://doi.org/10.1117/12.234781>.
- Smith, J. R. & Chang, S. F. (1997). VisualSEEK: a fully automated content-based image query system. *Proceedings of the fourth ACM international conference on Multimedia* (pp. 87-98).

- Vemuru, K. V. (2020). Image Edge Detector with Gabor Type Filters Using a Spiking Neural Network of Biologically Inspired Neurons. *Algorithms*, 13(7), 165. <https://doi.org/10.3390/a13070165>
- Yuan, B. H., & Liu, G. H. (2020). Image retrieval based on gradient-structures histogram. *Neural Computing and Applications*, 32(15), 11717-11727. <https://doi.org/10.1007/s00521-019-04657-0>
- Wu, Q., McGinnity, M., Maguire, L., Belatreche, A. & Glackin, B. (2007, August). Edge detection based on spiking neural network model. *In International Conference on Intelligent Computing* (pp. 26-34). Springer, Berlin, Heidelberg.

A comparative decision-making for electronic product purchases during a pandemic

Salgın sırasındaki elektronik ürün alımlarında karşılaştırmalı bir karar verme

Ali KÖSEOĞLU*^{1,a}

¹ Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, 53100, Rize

• Geliş tarihi / Received: 29.09.2021

• Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 16.09.2022

• Kabul tarihi / Accepted: 19.09.2022

Abstract

During the Covid-19 pandemic, almost all courses from elementary education to universities are being modified for online education. Accordingly, the need for electronic products shows an increase in this pandemic condition. When students want to buy electronic products, i.e., tablets, laptops etc., they are faced with many different possible choices that vary in quality, features, and price. Multi-criteria decision-making methods are very usable tools for choosing the best possible alternative among many others in such situations. Therefore, in this work, two well-known method is taken into consideration so that students can choose the best possible electronic product to use them in online classes.

Keywords: Multicriteria decision making, Pandemic, TODIM, TOPSIS

Öz

Covid-19 salgını sürecinde ilköğretimden üniversitelere kadar neredeyse tüm dersler online eğitime dönüştürülmektedir. Dolayısıyla, bu salgın koşullarında elektronik ürünlere olan ihtiyaç artış göstermektedir. Öğrenciler elektronik ürünler, yani tabletler, dizüstü bilgisayarlar vb. satın almak istediklerinde kalite, özellik ve fiyat bakımından farklılık gösteren birçok farklı olası seçenekle karşı karşıya kalmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, bu gibi durumlarda birçok alternatif arasından mümkün olan en iyi alternatifini seçmek için çok faydalı araçlardır. Bu nedenle, bu çalışmada, öğrencilerin çevrimiçi derslerde kullanmak üzere mümkün olan en iyi elektronik ürünü seçebilmeleri için iyi bilinen iki ÇKKV yöntemi ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Çok kriterli karar verme, Salgın, TODIM, TOPSIS

*a Ali KÖSEOĞLU; ali.koseoglu@erdogan.edu.tr, Phone: (0464) 223 62 06, orcid.org/ 0000-0002-2131-7141

1. Introduction

1. Giriş

Decision making is one of the most important fields in operation research which is based on mostly Churchman's studies (Churchman et al., 1957). Numerous works have been conducted since then, and very precious research have put a new complexion on literature. A MCDM problem contains a finite number of alternatives that is expressed with a finite number of criteria. To choose the best possible option, alternatives are evaluated under criteria using mathematical and computational tools. These tools are called MCDM methods. Mostly, these methods divide the problem data into smaller pieces, then process them with mathematical tools and finally give an output that can be ordered. Among the numerous MCDM methods, the most well-known ones are TOPSIS (Hwang & Yoon, 1981) and TODIM (Gomes & Lima, 1991).

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method is known for its absence of complication and has drawn more attention compared to other well-known classical MCDM methods. The reason behind this situation is the easy implementation of the large number of criteria and alternatives to this method. It focuses on the distances from positive ideal solution and negative ideal solution to alternatives. The positive ideal solution maximizes the benefit criteria and minimizes the cost criteria, whereas the negative ideal solution maximizes the cost criteria and minimizes the benefit criteria (Behzadian et al., 2012). This method has been applied in many areas such as supply chain management and logistics (Araz et al., 2008; Boran et al., 2009; Celik, 2010; Kahraman et al., 2007; Köseoğlu & Şahin, 2019), design, engineering and manufacturing systems (Chakravorty et al., 2013; C.-W. Chang, 2012; Zhang et al., 2010), health, safety and environment (Berger, 2006; Tzeng et al., 2005). Nevertheless, the application of this method continues today without any decrease. Looking at even only the last 3 years, it is seen that TOPSIS continues to be applied in supply chain management (Junaid et al., 2020; Ortiz-Barrios et al., 2020; Zulqarnain et al., 2021), manufacturing (Chatterjee & Stević, 2019; Jasiulewicz-Kaczmarek et al., 2021; Mathew et al., 2020), and health and safety (Hezer et al., 2021; Rajak & Shaw, 2019).

TODIM (Portuguese acronym for interactive and multicriteria decision-making) method is a discrete multicriteria method known with prospect theory (Kahneman & Tversky, 1979). It offers a solution

that considers the behavioural expectations of an investor by considering this theory which was awarded the Nobel Prize for Economics in 2002. The main advantage of TODIM is that it includes the psychological character of the decision maker and can take into account the limited rationality of the decision makers. Moreover, this method contains an attenuation factor that can be changed during the decision-making process. TODIM method can be considered as an optimal method when a decision-making problem includes risk factors or when decision makers have different opinions while assessing the variables. TODIM method is applied to various real-life problems such as personnel selection (Ji et al., 2018), portfolio allocation (Alali & Tolga, 2019; Wu et al., 2022), supply chain (Abdel-Basset et al., 2020; Du et al., 2020; Kaur et al., 2022; Köseoğlu, 2022; Köseoğlu et al., 2020), and most commonly the risk management problems (Junaid et al., 2020; Mathew et al., 2020; Ortiz-Barrios et al., 2020; Wang et al., 2021).

During the pandemic, most face-to-face classes have been modified for online education from elementary education to universities. Therefore, students have a need for items such as laptops, tablets while teachers have a need for products like cameras and laptops. As a natural consequence, demand of electronic goods has seen an incredible increase. Moreover, electronic brands turn this situation into an opportunity and offer their customers multi-choice products. Although most brands used to have a specific range of products, a sharp increase was observed in product variability during the pandemic. People who need these products but do not know much about their parts have difficulty in these choices. Under these circumstances, it has become a necessity to choose the best electronic product suitable for the person. Multi-criteria decision-making methods are very useful tools in such situations. There are numerous valuable works for selection in electronics (T. W. Chang et al., 2021; Gao et al., 2020; Hsu et al., 2014; Loganathan & Mani, 2018; Rani & Mishra, 2020), but they are mostly about supplier selection problems. In the literature review, no study related to people's direct choice of electronic goods has been spotted.

In this study, TOPSIS and TODIM methods are selected for an electronic selection problem to choose the best possible product for a student, as students are most affected by this situation. TOPSIS method is an easily applicable method in situations involving large amounts of problem data. Since product selection problems can include many

alternatives and criteria, it is very convenient to use this method. Of course, like any choice, the choice of these products also involves some risks. TODIM method is perfect for dealing with such risky situations where the behaviour of the decision maker can change according to the risk. Therefore, the problem for the selection of electronic products is conducted from the features that anyone can easily see in online shopping sites or technology stores using TOPSIS and TODIM methods. Finally, the results of these two methods are compared in detail.

2. Multicriteria decision making methods
 2. Çok kriterli karar verme metotları

All MCDM methods are based on choosing the best possible alternative by taking into consideration the criteria. For convenience in next sections, let $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ be a set of alternatives, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ be a set of criteria and $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ be a weight vector with respect to criteria where $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ and $w_j \geq 0$. Then a decision matrix A is constructed as

$$A = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ A_2 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m & a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{matrix} \quad (1)$$

2.1. TOPSIS method
 2.1. TOPSIS metodu

TOPSIS (the technique for order performance by similarity to ideal solution) is one of the most well-known classical MCDM methods proposed by Hwang & Yoon (1981). TOPSIS method is based on choosing alternatives that simultaneously have the smallest distance from the positive ideal solution and the longest distance from the negative-ideal solution. Steps of TOPSIS method are given as follows:

Step 1. Normalize the decision-making matrix A by

$$R_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

and obtain the normalized matrix R :

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

where $r_{ij} \in [0,1]$.

Step 2. Obtain weighted normalized decision matrix V :

$$V_{mn} = R_{mn} \otimes w_n = \begin{bmatrix} r_{11}w_1 & \dots & r_{1n}w_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1}w_1 & \dots & r_{mn}w_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

where $w_i = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ is the weight vector and $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

Step 3. Determine positive-ideal solution and negative ideal solution:

Let J_1 be a benefit criteria set and J_2 be a cost criteria set, then A^+ is the positive ideal solution and A^- is the negative ideal solution which are formulated as $A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+)$ and $A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-)$ where

$$v_j^+ = \begin{cases} \max_i v_{ij}, & j \in J^+ \\ \min_i v_{ij}, & j \in J^- \end{cases} \quad (5)$$

$$v_j^- = \begin{cases} \min_i v_{ij}, & j \in J^+ \\ \max_i v_{ij}, & j \in J^- \end{cases}$$

Step 4. Calculate the separation measures:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (6)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

Step 5. Calculate the relative closeness coefficient to ideal solution:

$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad \text{where } 0 \leq C_i \leq 1. \quad (7)$$

Step 6. Rank the alternatives:

After the relative closeness coefficient of each alternative is determined, alternatives are ranked according to descending order of C_i . Note that, the use of benefit and cost criteria in TOPSIS method

is in the third step while calculating the positive and negative ideal solution. Therefore, normalizing process is different from the TODIM method.

2.2. TODIM method

2.2. TODIM metodu

TODIM method (an acronym in Portuguese of Interactive and Multi-criteria Decision Making) is a discrete multi-criteria decision-making method

$$\begin{cases} x_{ij} = \frac{a_{ij} - \min(a_{ij})}{\max(a_{ij}) - \min(a_{ij})} & (i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n), \text{ if } C_j \text{ is benefit criteria} \\ x_{ij} = \frac{\max(a_{ij}) - a_{ij}}{\max(a_{ij}) - \min(a_{ij})} & (i = 1,2, \dots, m; j = 1,2, \dots, n), \text{ if } C_j \text{ is loss criteria} \end{cases} \quad (8)$$

Step 2: Calculate the relative weight w_{cr} of criterion C_c according to the expression $w_{cr} = \frac{w_c}{w_r}$ where $w_r = \max\{w_c | c = 1,2, \dots, n\}$

Step 1: Normalize the decision matrix $A = (a_{ij})_{m \times n}$ into a matrix $X = (x_{ij})_{m \times n}$ using:

$$\delta(A_i, A_j) = \sum_{c=1}^n \Phi_c(A_i, A_j) \quad (9)$$

Step 3: Calculate the dominance of each alternative A_i over each alternative A_j using the following expression:

where:

$$\Phi_c(A_i, A_j) = \begin{cases} \sqrt{\frac{w_{cr}}{\sum_{c=1}^m w_{cr}} \cdot d(x_{ic}, x_{jc})}, & \text{if } x_{ic} > x_{jc} \\ 0, & \text{if } x_{ic} = x_{jc} \\ \frac{-1}{\theta} \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^m w_{cr}}{w_{cr}} \cdot d(x_{jc}, x_{ic})}, & \text{if } x_{ic} < x_{jc} \end{cases} \quad (10)$$

Here, θ is the attenuation factor given by the decision maker. Although the optimal value of the attenuation factor of losses θ should be approximately 2.25 according to [Qin et al. \(2017\)](#),

it is seen in many studies that the change of θ affects the results in terms of ranking.

Step 4: Calculate the global value of the alternative i by normalizing the final matrix of dominance according to the following expression:

$$\xi_i = \frac{\sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j) - \min_i(\sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j))}{\max_i(\sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j)) - \min_i(\sum_{j=1}^n \delta(A_i, A_j))} \quad (11)$$

Ordering the values ξ_i provides the rank of each alternative. The higher the ξ_i is, the better the alternative is.

3. Numerical application and results

3. Sayısal uygulama ve sonuçlar

Due to the Covid-19 pandemic, the educational systems of both Turkey and the most countries in the world have moved to online education. But still, most of the students and the teachers are not ready to embrace the online system due to lack of

equipment such as laptops. Although this situation affects everyone in the world, considering the economic situation of the students, it would be more appropriate to consider an example for them. Therefore, let us consider a multicriteria decision making problem that determines the most suitable laptop for a student.

Suppose a student needs a laptop for online classes and is not good with computers. The most salient parts of a laptop to be used in online courses are usually its screen size and price. However, these

laptops offered for sale have many different parts and features such as processor, ram, and operating system. Many criteria can be discussed here, but to reduce confusion and not spoil the main idea of the research, let's consider the 9 most frequently viewed criteria. Let C_j shows the criteria for $j = 1, 2, \dots, 9$ and A_i shows the alternatives to buy for $i = 1, 2, \dots, 6$.

- C_1 : Size of the monitor (Inches). The bigger is the better.
- C_2 : Processor type (Intel). It is ordered as i3, i5 and i7.
- C_3 : Ram size (GB). The bigger is the better.
- C_4 : Hard drive (MB). The bigger is the better.
- C_5 : Graphic Processor (GeForce). The bigger is the better.
- C_6 : Price (₺)
- C_7 : Brand credibility (1-5). 1 is the lowest and 5 is the highest.
- C_8 : Estimated failure rate (1-5). 1 is the best and 5 is the worst.
- C_9 : Estimated service repair time (1-5). 1 is the best and 5 is the worst.

The student who will choose among these alternatives according to the criteria should rate which criteria are important to him or not. He assigns a higher value to whichever criterion is more important to him, and a lower value to whichever criterion is less important to him. Scoring the criteria so that they add up to 100 and then dividing these values by 100 is an easy way to determine the criteria weights. Let the student determines the criteria weights as $w = [0.13 \ 0.09 \ 0.08 \ 0.08 \ 0.10 \ 0.20 \ 0.09 \ 0.11 \ 0.12]$. Here, price is the most important criteria for a student when compared to others. Similarly, ram size or hard drive size are less important ones when compared to others. In addition, whether a criterion is a benefit or loss criterion is also important when using decision-making methods. For example, the price criterion is a loss criterion because it causes us a loss in terms of money. For this problem, C_6, C_8 and C_9 are the loss criteria. The decision matrix A is constructed as Table 1 according to the student's preferences with respect to criteria.

Table 1. Decision matrix A
Tablo 1. A karar matrisi

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
A_1	15.6	5	8	512	1650	10000	4	2	1
A_2	17	7	16	1000	1660	13000	5	3	2
A_3	14	3	12	512	250	12500	3	5	3
A_4	13.3	3	8	256	250	9500	3	5	3
A_5	15.6	7	16	1000	2060	14500	5	4	2
A_6	17	5	8	512	2070	15250	4	5	4

3.1. Decision making with TOPSIS

3.1. TOPSIS ile karar verme

Using the student's preferences from Table 1, the steps of TOPSIS method are performed in

MATLAB. First, the decision matrix A is normalized using the Eq. (2) and (4) together. The weighted normalized matrix V is obtained as:

$$V = \begin{bmatrix} 0.0535 & 0.0349 & 0.0220 & 0.0243 & 0.0439 & 0.0646 & 0.0360 & 0.0216 & 0.0183 \\ 0.0583 & 0.0489 & 0.0440 & 0.0474 & 0.0442 & 0.0840 & 0.0450 & 0.0324 & 0.0366 \\ 0.0480 & 0.0210 & 0.0330 & 0.0243 & 0.0067 & 0.0808 & 0.0270 & 0.0539 & 0.0549 \\ 0.0456 & 0.0210 & 0.0220 & 0.0121 & 0.0067 & 0.0614 & 0.0270 & 0.0539 & 0.0549 \\ 0.0535 & 0.0489 & 0.0440 & 0.0474 & 0.0548 & 0.0937 & 0.0450 & 0.0431 & 0.0366 \\ 0.0583 & 0.0349 & 0.0220 & 0.0243 & 0.0551 & 0.0985 & 0.0360 & 0.0539 & 0.0732 \end{bmatrix}$$

The positive-ideal solution and negative ideal solution are obtained using the Eq. (5) as:

$$v_j^+ = [0.0583 \ 0.0489 \ 0.0440 \ 0.0474 \ 0.0551 \ 0.0614 \ 0.0450 \ 0.0216 \ 0.0183]$$

$$v_j^- = [0.0456 \ 0.0210 \ 0.0220 \ 0.0121 \ 0.0067 \ 0.0985 \ 0.0270 \ 0.0539 \ 0.0732]$$

From the Eq. (6), separation measures are calculated as:

$$S_i^+ = [0.0381 \quad 0.0329 \quad 0.0835 \quad 0.0879 \quad 0.0432 \quad 0.0821]$$

$$S_i^- = [0.0842 \quad 0.0801 \quad 0.0304 \quad 0.0414 \quad 0.0818 \quad 0.0541]$$

Finally, using the Eq. (7) the relative closeness coefficient to ideal solution is calculated as:

$$C_i = [0.6884 \quad 0.7089 \quad 0.2669 \quad 0.3203 \quad 0.6543 \quad 0.3974]$$

According to relative closeness coefficient, the alternatives are ordered as

$$A_2 > A_1 > A_5 > A_6 > A_4 > A_3.$$

According to this order, A_2 is a good option for a student to buy a laptop.

3.2. Decision making with TODIM

3.2. TODIM ile karar verme

MATLAB. First, the decision matrix A is normalized using the Eq.(8). The normalized matrix X is obtained as:

Using the student’s preferences from Table 1, the steps of TODIM method are also performed in

$$X = \begin{bmatrix} 0.6216 & 0.5000 & 0.0000 & 0.3441 & 0.7692 & 0.9130 & 0.5000 & 1.0000 & 1.0000 \\ 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.7747 & 0.3913 & 1.0000 & 0.6667 & 0.6667 \\ 0.1892 & 0.0000 & 0.5000 & 0.3441 & 0.0000 & 0.4783 & 0.0000 & 0.0000 & 0.3333 \\ 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 1.0000 & 0.0000 & 0.0000 & 0.3333 \\ 0.6216 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9945 & 0.1304 & 1.0000 & 0.3333 & 0.6667 \\ 1.0000 & 0.5000 & 0.0000 & 0.3441 & 1.0000 & 0.0000 & 0.5000 & 0.0000 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

Then, relative weight w_{cr} is calculated as:

$$w_{cr} = [0.6500 \quad 0.4500 \quad 0.4000 \quad 0.4000 \quad 0.5000 \quad 1.0000 \quad 0.4500 \quad 0.5500 \quad 0.6000]$$

Taking $\theta = 2.25$, the dominance of each alternative A_i over each alternative A_j is evaluated using Eq. (9) and (10) as

$$\delta(A_i, A_j) = \begin{bmatrix} 0 & -5.0870 & 0.7370 & 1.4732 & -4.7397 & -0.3280 \\ -1.0509 & 0 & 1.8098 & 1.5000 & -0.0172 & 1.1025 \\ -6.9813 & -9.3967 & 0 & -0.1951 & -8.8095 & -3.9013 \\ -7.4771 & -10.0614 & -2.2460 & 0 & -9.5765 & -5.0078 \\ -1.6278 & -1.8913 & 1.3869 & 1.2301 & 0 & 0.7096 \\ -3.1990 & -7.5524 & -1.4740 & -0.4676 & -6.8740 & 0 \end{bmatrix}$$

Since the distance between two same alternatives is 0 according to Eq. (10), each $\Phi_c(A_i, A_i) = 0$ and thus the diagonal of matrix $\delta(A_i, A_j)$ is 0.

Finally, using the Eq. (11), global values of the alternatives are obtained as:

$$\xi_i = [0.7007 \quad 1.0000 \quad 0.1348 \quad 0 \quad 0.9062 \quad 0.3925]$$

According to global values of the alternatives, the alternatives are ordered as $A_2 > A_5 > A_1 > A_6 >$

$A_3 > A_4$. Then, A_2 is also the appropriate alternative for the student to purchase.

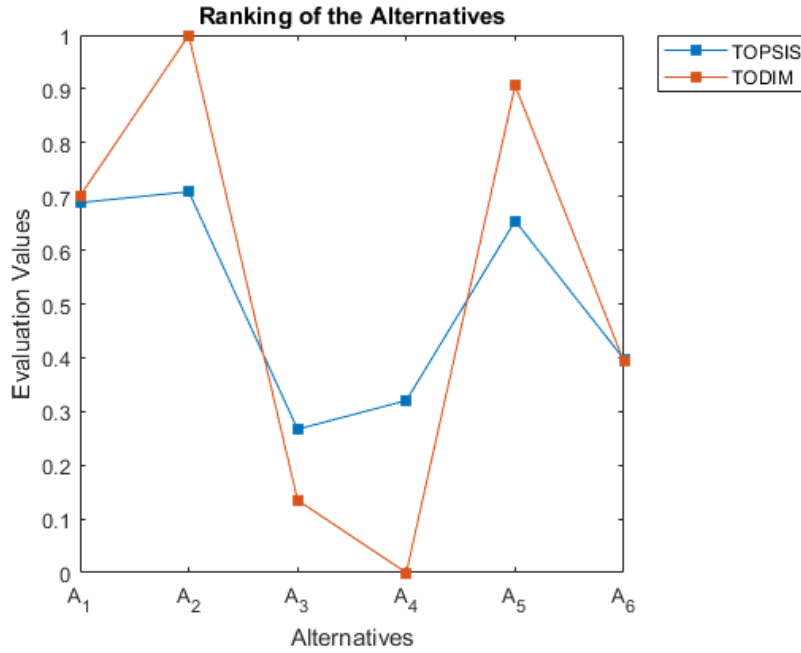


Figure 1. Ranking comparison of the alternatives with TOPSIS and TODIM

Şekil 1. TOPSIS ve TODIM ile alternatiflerin sıralamalarının karşılaştırılması

When both methods are compared, rankings and evaluation values are close to each other except slight differences as can be seen in Figure 1 and Table 2. One of the reasons of these differences is, although the evaluation values of both methods are in the [0,1] interval, TODIM’s values are certain values such as the best one is 1 and worst one is 0. The other reason is the change of the ranking order. The order of A₁ and A₅, and A₄ and A₃ changes when different methods are used. The reason

behind this is of course that TOPSIS and TODIM are two different methods. They have their own advantages and disadvantages. If the information in the problem is too much, it is more advantageous to use the TOPSIS method. However, if the problem includes risk factors, it may be more advantageous to use the TODIM method. So, it is almost impossible to say that one method is the best compared to the others. Moreover, these methods give a consistent result, except for minor differences that we can see from the ranking.

Table 2. Comparison of rankings

Tablo 2. Sıralamaların karşılaştırılması

Methods	Rankings
TOPSIS	$A_2 > A_1 > A_5 > A_6 > A_4 > A_3$
TODIM	$A_2 > A_5 > A_1 > A_6 > A_3 > A_4$

4. Conclusion

4. Sonuç

In this paper, TOPSIS method and TODIM method are taken into consideration for a decision-making problem regarding all students worldwide. The case of increasing electronic sales is picked for numerical example. Especially the need for laptop purchases is addressed during the pandemic. Six laptop alternatives are selected with respect to nine criteria. First, a decision matrix is created in accordance with a student’s necessities and the importance of each criterion is identified. Then, the

best possible alternative is acquired with TOPSIS method. Using same inputs, the decision matrix is put into process with TODIM method. The quite similar results are obtained, and these results also show the consistency of the MCDM methods. Thus, a student can use one of these methods to buy not only laptops but also different kinds of electronics if required. However, each method has its own advantages. It should be noted that the best alternative may vary with slight differences, although the rankings may look similar when different methods are used.

In future studies, this problem can be adapted to other MCDM methods such as MABAC, ELECTREE, and COPRAS. Furthermore, fuzzy, intuitionistic fuzzy and neutrosophic extensions of these MCDM methods can also be used to solve this kind of problems.

Author contribution

Yazar katkısı

All authors contributed equally to the study.

Declaration of ethical code

Etik beyanı

The authors of this article declare that the materials and methods used in this study do not require any ethical committee approval and/or legal-specific permission.

Conflicts of interest

Çıkar çatışması beyanı

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

Kaynaklar

- Abdel-Basset, M., Mohamed, R., Sallam, K., & Elhoseny, M. (2020). A novel decision-making model for sustainable supply chain finance under uncertainty environment. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122324. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122324>
- Alali, F., & Tolga, A. C. (2019). Portfolio allocation with the TODIM method. *Expert Systems with Applications*, 124, 341–348. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.01.054>
- Araz, O. U., Eski, O., & Araz, C. (2008). Determining the parameters of dual-card kanban system: An integrated multicriteria and artificial neural network methodology. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 38(9–10), 965–977. <https://doi.org/10.1007/s00170-007-1138-1>
- Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051–13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- Berger, P. A. (2006). Generating agricultural landscapes for alternative futures analysis: A multiple attribute decision-making model. *Transactions in GIS*, 10(1), 103–120. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2006.00246.x>
- Boran, F. E., Genç, S., Kurt, M., & Akay, D. (2009). A multi-criteria intuitionistic fuzzy group decision making for supplier selection with TOPSIS method. *Expert Systems with Applications*, 36(8), 11363–11368. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2009.03.039>
- Celik, M. (2010). A key decision-making process on logistic support to merchant ships based on operational requirements: Marine supplier selection. *Naval Engineers Journal*, 122(1), 125–135. <https://doi.org/10.1111/j.1559-3584.2010.00235.x>
- Chakravorty, R., Gauri, S. K., & Chakraborty, S. (2013). Optimization of multiple responses of ultrasonic machining (USM) process: A comparative study. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4(2), 285–296. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2012.012.001>
- Chang, C.-W. (2012). Collaborative decision making algorithm for selection of optimal wire saw in photovoltaic wafer manufacture. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 533–539. <https://doi.org/10.1007/s10845-010-0391-6>
- Chang, T. W., Pai, C. J., Lo, H. W., & Hu, S. K. (2021). A hybrid decision-making model for sustainable supplier evaluation in electronics manufacturing. *Computers and Industrial Engineering*, 156, 107283. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107283>
- Chatterjee, P., & Stević, Ž. (2019). A two-phase fuzzy AHP-fuzzy TOPSIS model for supplier evaluation in manufacturing environment. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 2(1), 72–90. <https://doi.org/10.31181/oresta1901060c>
- Churchman, C. W., Ackoff, R. L., & Arnoff, E. L. (1957). *Introduction to operations research*. Wiley.
- Du, Y., Zhang, D., & Zou, Y. (2020). Sustainable supplier evaluation and selection of fresh agricultural products based on IFAHP-TODIM model. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/4792679>
- Gao, H., Ju, Y., Santibanez Gonzalez, E. D. R., & Zhang, W. (2020). Green supplier selection in electronics manufacturing: An approach based on consensus decision making. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118781. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118781>
- Gomes, L. F. A. M., & Lima, M. M. P. P. (1991). Todim: Basic and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts.

Foundations of Computing and Decision Sciences, 16(4), 113–127.

- Hezer, S., Gelmez, E., & Özceylan, E. (2021). Comparative analysis of TOPSIS, VIKOR and COPRAS methods for the COVID-19 Regional Safety Assessment. *Journal of Infection and Public Health*, 14(6), 775–786. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.03.003>
- Hsu, C. W., Kuo, R. J., & Chiou, C. Y. (2014). A multi-criteria decision-making approach for evaluating carbon performance of suppliers in the electronics industry. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(3), 775–784. <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0265-5>
- Hwang, C.-L., & Yoon, K. (1981). Methods for Multiple Attribute Decision Making. In M. Beckmann, & H. P. Künzi (Eds.), *Multiple Attribute Decision Making. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* (pp. 58–191). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9_3
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M., Antosz, K., Wyczólkowski, R., Mazurkiewicz, D., Sun, B., Qian, C., & Ren, Y. (2021). Application of micmac, fuzzy ahp, and fuzzy topsis for evaluation of the maintenance factors affecting sustainable manufacturing. *Energies*, 14(5), 1436. <https://doi.org/10.3390/en14051436>
- Ji, P., Zhang, H. yu, & Wang, J. qiang. (2018). A projection-based TODIM method under multi-valued neutrosophic environments and its application in personnel selection. *Neural Computing and Applications*, 29(1), 221–234. <https://doi.org/10.1007/s00521-016-2436-z>
- Junaid, M., Xue, Y., Syed, M. W., Li, J. Z., & Ziaullah, M. (2020). A neutrosophic ahp and topsis framework for supply chain risk assessment in automotive industry of Pakistan. *Sustainability (Switzerland)*, 12(1), 154. <https://doi.org/10.3390/SU12010154>
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263–292).
- Kahraman, C., Büyüközkan, G., & Ateş, N. Y. (2007). A two phase multi-attribute decision-making approach for new product introduction. *Information Sciences*, 177(7), 1567–1582. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2006.09.008>
- Kaur, P., Pradhan, B. L., & Priya, A. (2022). TODIM approach for selection of inventory policy in supply chain. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5959116>
- Köseoğlu, A. (2022). Intuitionistic multiplicative set approach for green supplier selection problem using TODIM method. *Journal of Universal Mathematics*, 5(2), 149–158. <https://doi.org/10.33773/jum.1134398>
- Köseoğlu, A., & Şahin, R. (2019). An intuitionistic multiplicative TOPSIS method for a supplier selection problem. *3rd International Conference on Advanced Engineering Technologies* (pp. 1076–1082), Bayburt.
- Köseoğlu, A., Şahin, R., & Merdan, M. (2020). A simplified neutrosophic multiplicative set-based TODIM using water-filling algorithm for the determination of weights. *Expert Systems*, 37(4), e12515. <https://doi.org/10.1111/exsy.12515>
- Loganathan, A., & Mani, I. (2018). A fuzzy based hybrid multi criteria decision making methodology for phase change material selection in electronics cooling system. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 2943–2950. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.11.005>
- Mathew, M., Chakraborty, R. K., & Ryan, M. J. (2020). A novel approach integrating AHP and TOPSIS under spherical fuzzy sets for advanced manufacturing system selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 96, 103988. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103988>
- Ortiz-Barrios, M., Miranda-De la Hoz, C., López-Meza, P., Petrillo, A., & De Felice, F. (2020). A case of food supply chain management with AHP, DEMATEL, and TOPSIS. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 27(1–2), 104–128. <https://doi.org/10.1002/mcda.1693>
- Qin, Q., Liang, F., Li, L., Chen, Y. W., & Yu, G. F. (2017). A TODIM-based multi-criteria group decision making with triangular intuitionistic fuzzy numbers. *Applied Soft Computing Journal*, 55, 93–107. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.01.041>
- Rajak, M., & Shaw, K. (2019). Evaluation and selection of mobile health (mHealth) applications using AHP and fuzzy TOPSIS. *Technology in Society*, 59, 101186. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2019.101186>
- Rani, P., & Mishra, A. R. (2020). Novel single-valued neutrosophic combined compromise solution approach for sustainable waste electrical and electronics equipment recycling partner selection. *IEEE Transactions on Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.3033121>
- Tzeng, G. H., Lin, C. W., & Opricovic, S. (2005). Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. *Energy Policy*, 33(11),

1373–1383.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.12.014>

- Wang, X. Kang, Zhang, H. Yu, Wang, J. Qiang, Li, J. Bo, & Li, L. (2021). Extended TODIM-PROMETHEE II method with hesitant probabilistic information for solving potential risk evaluation problems of water resource carrying capacity. *Expert Systems*, 38(4), e12681. <https://doi.org/10.1111/exsy.12681>
- Wu, Q., Liu, X., Qin, J., Zhou, L., Mardani, A., & Deveci, M. (2022). An integrated generalized TODIM model for portfolio selection based on financial performance of firms. *Knowledge-Based Systems*, 249, 108794. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.108794>

Zhang, L., Gao, L., Shao, X., Wen, L., & Zhi, J. (2010). A PSO-Fuzzy group decision-making support system in vehicle performance evaluation. *Mathematical and Computer Modelling*, 52(11–12), 1921–1931. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.03.042>

Zulqarnain, R. M., Xin, X. L., Siddique, I., Asghar Khan, W., & Yousif, M. A. (2021). TOPSIS method based on correlation coefficient under pythagorean fuzzy soft environment and its application towards green supply chain management. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su13041642>

YAZAR REHBERİ

1. KAPSAM ve GENEL BİLGİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi (GUFBD), Gümüşhane Üniversitesi'nin yayın organıdır. Dergi kapsamında bütün Fen, Teknoloji, Mühendislik, Tarım ve Mimarlık Alanlarında daha önce başka yerlerde yayınlanmamış, özgün, araştırma makaleleri, derlemeler ve editöre mektuplar yayınlanır (Anket çalışmaları dergimizin konu kapsamına uygun değildir).

Dergi bilimsel ve hakemli bir dergi olup, Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarında olmak üzere yılda dört kez çevrimiçi ortamda yayımlanır.

Derginin amacı araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin bilimsel yayına dönüştürülmesi, ulusal ve uluslararası indekslere girerek evrensel bilime katkı sağlamaktır.

2. YAYIN DİLİ ve ANLATIM

Dergide yayınlanacak tüm yazılar için yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Anahtar kelimeler alfabetik sıralamaya uygun olarak verilir. İngilizce anahtar kelimeler (Keywords) ise yine bu sıralama dikkate alınarak yazılır.

Makale içerisinde yazar tarafından gerçekleştirilen çalışmalara yönelik (Deneysel çalışmalar, analizler vb) anlatımlarda üçüncü şahıs kullanılmaya özen gösterilmelidir.

3. ELEKTRONİK ORTAMDA BAŞVURU

Dergi ile ilgili tüm yazışmalarda DergiPark tarafından sağlanan arayüz kullanılmalıdır. Dergi yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış makaleler, basılı kopyaya gerek olmaksızın, Ulakbim Dergipark üzerinden <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gumusfenbil/> adresi kullanılarak gönderilmelidir. Dergiye makale göndermek isteyen yazarların yazım kuralları ile birlikte "Gönderi Kontrol Listesi"ndeki her maddeyi de kontrol etmeleri gerekmektedir. Makaledeki bilgilerin doğruluğunun sorumluluğu yazar(lar)a aittir.

Yayınlanacak makalelerde, araştırma ve yayın etiğine uygunluk esastır. "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" doldurulup bütün yazarlar tarafından imzalanmalıdır. Yayın ile ilgili işlemler bu formun tesliminden sonra başlar. Bu formun farklı kopyaları başka şehirlerde yaşayan yazar(lar) tarafından ayrı ayrı imzalanıp gönderilebilir. Dergi ana sayfasında yer alan "Etik İlkeler ve Yayın Politikası" yazarlar tarafından önemle dikkate alınmalıdır.

Hayvanların veya zararlı maddelerin kullanıldığı araştırmalarda "Etik Kurul İzin Belgesi"nin makaleye eklenmesi gerekir. İnsanların denek olarak kullanıldığı araştırma sonuçlarını içeren makalelerde yazar(lar), "insan denemeleri üzerinde yetkili kurul" etik standartlarına ve gözden geçirilmiş Helsinki bildirgesi 1983'e uygunluğunu belgelemeleri gerekir.

4. DEĞERLENDİRME SÜRECİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi'ne iletilen yazılar öncelikle dergi baş editörünün yönlendireceği alan editörü tarafından konu başlığı ve anahtar kelimelere dayanılarak biçimsel açıdan değerlendirilir. Ön kontrol aşamasında öncelikle intihal tespit yazılımları kullanılarak benzerlik raporları oluşturulur. Aday yayının benzerlik raporu toplamda %20 den az olmalı ve tek bir kaynaktan ise %4 oranından fazla olmamalıdır. Daha sonra incelenecek yayının dergi formatına uygun olup olmadığına karar verilir. "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" olmayan veya eksik olan aday yayınlar ile benzerlik oranı sınırlarını aşan aday yayınlar ön incelemeye alınmaz. Ön inceleme aşamasını geçen yazılar dergi baş editörü tarafından inceleme sürecinin gerçekleştirilmesi için ilgili alan editörüne yönlendirilir.

Alan editörü bilimsel içerik bakımından değerlendirilmek üzere aday yayını, konusuna uygun olarak en az üç hakeme yönlendirir. Hakem seçiminde öncelikle konu ile ilgili dergi yayın danışma kurulu üyelerinden ya da alanında uzman başka bir bilim insanından yararlanılır. Hakemler değerlendirmeleri sonucunda, uygun, düzeltilerek yayınlanabilir, düzeltildikten sonra tekrar görmek isterim, istediğim düzeltmelerin kontrolünü derginin uzman bilimsel ekibi tarafından yapılması uygundur veya yayınlanamaz şeklinde kararları verebilirler.

Düzeltilme istenen yazılarla ilgili olarak yazar gerekli düzeltmeleri yapar. Ayrıca katılmadığı hususlarla ilgili olarak gerekçeli yazısını dergiye gönderir.

Hakem kurulu tarafından farklı türde değerlendirilen yazılar için alan editörü kendi görüşünü de ekleyerek değerlendirmenin sonuçlandırılması için baş editöre iletir. Değerlendirmede son karar baş editöre aittir. Baş editör gerekli görürse yeni bir hakem tayin eder veya yazı ile ilgili kararını sonuçlandırır.

Tüm değerlendirmeler sonucunda kabul ya da red kararı gerekçeleri ile birlikte DergiPark üzerinden yazışmadan sorumlu yazara iletir.

Değerlendirme sonucu kabul kararı verilecek makaleler yazım ve dil editörüne yönlendirilerek ilgili makalenin yazım ve dil yönünden incelemesi ile dergi yazım kuralları açısından uygunluğu sağlanır. Kabul edilen makaleler dergi sekreteryası tarafından esasa bağlı kalınarak yayına uygun formata dönüştürülür.

Dergide yayımlanan makaleler başka hiç bir yerde yayımlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz. Kısmen veya tamamen yayımlanan makaleler kaynak gösterilmeden hiçbir yerde kullanılamaz. Dergiye gönderilen makalelerin içerikleri özgün, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Değerlendirmeye sunulacak çalışmaların bir başka dergiye gönderilmediği veya basılmadığı ön yazı ile belirtilmelidir.

Makale basım için kabul edilmezse “Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu” nun yasal bir önemi kalmaz ve hükümsüz olarak kabul edilir. Bu formun imzalanması ile yazarlar, makalenin “Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi” dergisi ve web sayfasında yayınlamasına ilaveten makalenin tamamı veya bir kısmının yasal olarak çoğaltılması ve dağıtılması hakkını Gümüşhane Üniversitesi’ne devrederek, kendi haklarından feragat etmektedirler.

5. MAKALE TÜRLERİ

Dergide yayınlanan farklı yayın formatları ile ilgili bilgiler ve yazı türlerine göre yazarların dikkat etmeleri gereken hususlar şu şekildedir:

5.1 Araştırma Makaleleri: Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Öz, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Öz, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Amaç, Gereç ve Yöntem, Bulgular, Tartışma ve Sonuçlar, gerekli ise Etik konular, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolarla ilgili açıklamalar içermelidir. Makale konunun uzmanları tarafından tekrarlanabilecek şekilde yeterli bilgiyi içermelidir. Bu tür makalelerde ana metin 3500-4000 kelime arası olmalı, kaynak sayısı 40’ı aşmamalıdır.

5.2 Derlemeler: Yazar(lar)ın uzmanlık alanında yapılmış eski araştırmaların derlenip eleştirel bir şekilde yorumlanıp ortaya yeni bir görüş ileri süren çalışmaları kapsmalıdır. Bu tür makale öneren yazar(lar)ın en az 10 SCI-Expanded makalesi bulunmalı ve bunların en az 5 tanesi derleme yaptığı alanda olmalıdır. Derlemeler, Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Öz, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Öz, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Ana Bölümler, Alt Bölümler, Sonuç, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolarla ilgili açıklamalar içermelidir. Ana metin en fazla 5000 kelime olup kaynak sayısında bir kısıtlama yoktur. Bu tür çalışmalar literatürle ilgili geniş bir tartışma ortaya koymalı ve kaynak sayısı en az 40 olmalıdır.

5.3 Editöre Mektup: Dergide yayınlanmış makaleler hakkında veya ilgili diğer konularda soru sormak, görüş bildirmek isteyenlerin yazıları bu türde değerlendirilir. Bu tür yazılarda kapsam ve etik kavramlar göz önünde bulundurulur. Ana metin en fazla 1000 kelime olup kaynak sayısı 10’u geçmemelidir.

6. MAKALENİN HAZIRLANMASI

Dergiye değerlendirilmek üzere yayın gönderecek yazarların GUFBD makale şablonu dosyasını dikkate alarak yayınlarını hazırlamaları ve gerekli olan diğer belgelerle birlikte sisteme yüklemeleri gerekmektedir.