



# KAFKAS ÜNİVERSİTESİ

## FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

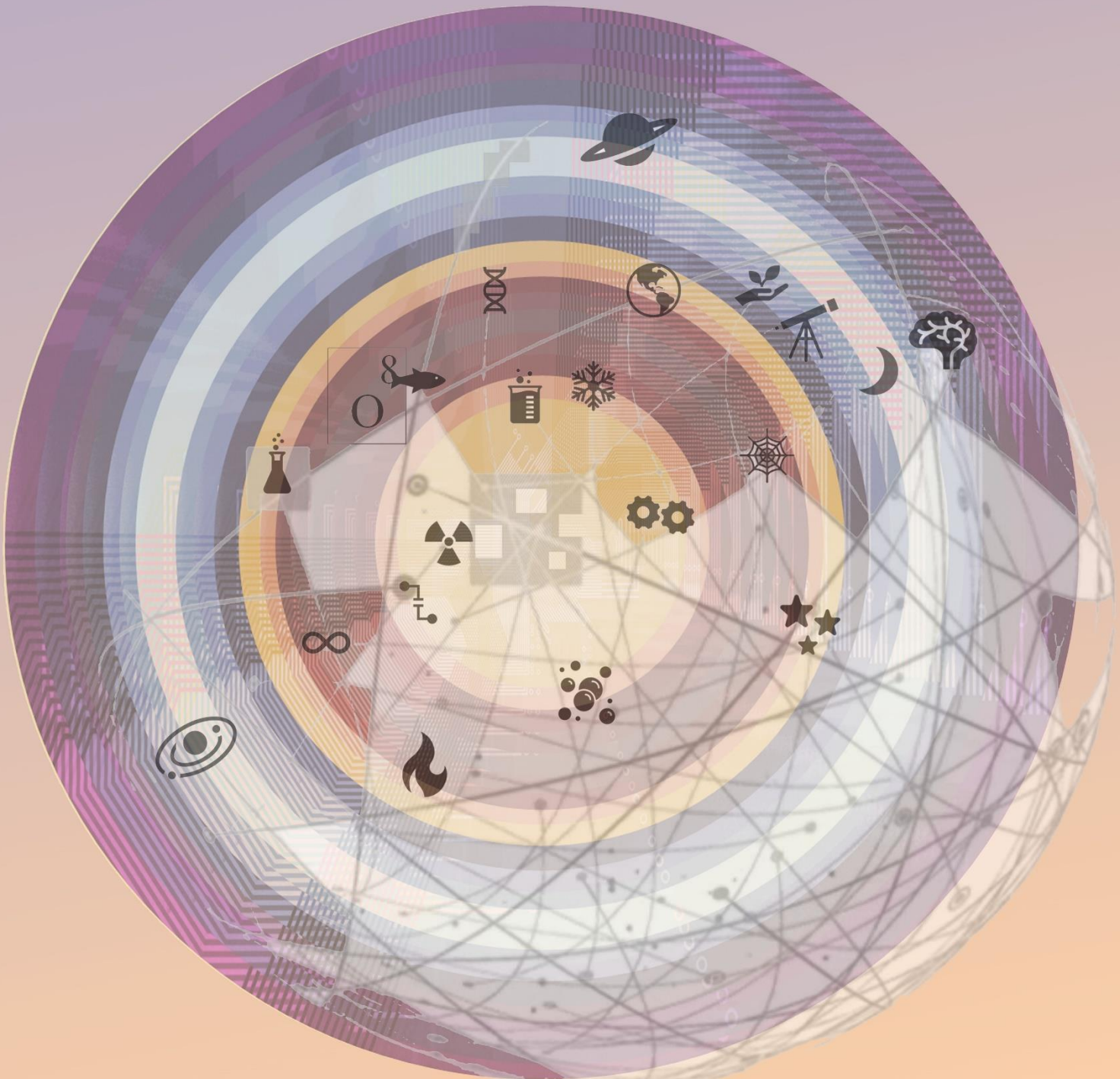


**KAFKAS UNIVERSITY**

**INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL**

**Cilt:15 Sayı:2**  
**2022 Aralık**

**Volume:15 Issue:2**  
**2022 December**



e-ISSN: 2587-2398

E-Mail: [kaufbed@kafkas.edu.tr](mailto:kaufbed@kafkas.edu.tr)

<http://www.kafkas.edu.tr/fbedergi>



**KAFKAS ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ**

**KAFKAS UNIVERSITY**  
**INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL**

**Cilt: 15**

**Sayı: 2**

**Aralık 2022**

**Volume: 15**

**Number: 2**

**December 2022**

**e-ISSN: 2587-2389**

Kafkas Üniv. Fen Bil. Enst. Derg (Kafkas Univ. Inst. of Nat. and Appl. Sci. J.)

Cilt: 15 Sayı: 2, Aralık 2022 (Volume: 15 Number: 2, December 2022)

<http://www.kafkas.edu.tr/fbedergi>

<http://dergipark.gov.tr/kujs>

**Sorumlu Müdür / Director**

Prof. Dr. Fikret AKDENİZ

**Editör / Editor**

Dr. Öğr. Üyesi Ümit YILDIKO

**Editör Yardımcıları / Associate Editors**

Doç. Dr. Vedat ADIGÜZEL	Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Doç. Dr. Ezgi Pelin YILDIZ	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal ALTUNOĞLU	Biyoloji Anabilim Dalı

**Dil Editörleri / Language Editors**

Doç. Dr. Özkan ÖZDEN	Biyomühendislik Anabilim Dalı
Doç. Dr. Ezgi Pelin YILDIZ	Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı

**Mizanpaj ve Teknik Editörler / Layout and Technical Editors**

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Kemal ALTUNOĞLU	Biyoloji Anabilim Dalı
Doktora Aslıhan Aycan Tanrıverdi	Fizikokimya Anabilim Dalı

## Yayın Kurulu

### ANABİLİM DALI

### KURUMU

#### Bilişim Teknolojileri Eğitimi

Okutman Ramiz Musallam SALAMA

Name Near East University

#### Biyoloji Anabilim Dalı

Doç. Dr. Mustafa CENGİZ

Siirt Üniversitesi

Doç. Dr. Fatma GÜR

Atatürk Üniversitesi

#### Biyomühendislik Anabilim Dalı

Doç. Dr. Evren KOÇ

Kafkas Üniversitesi

Doç. Dr. Özkan ÖZDEN

Kafkas Üniversitesi

#### Cevre Bilimleri ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Can Bülent KARAKUŞ

#### Fizik Anabilim Dalı

Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

#### Gıda Bilimleri ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Cemil AYDOĞAN

Bingöl Üniversitesi

#### İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Doç. Dr. Emre TOPÇU

Kafkas Üniversitesi

#### Kimya Anabilim Dalı

Doç. Dr. Bahri GÜR

Iğdır Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Turan TEKEŞ

Kafkas Üniversitesi

Doç. Dr. Melahat GÖKTAŞ

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

Doç. Dr. Mustafa Zahritin KAZANCIOĞLU

Kilis 7 Aralık Üniversitesi

Dr. Öğr. Görevlisi Abdülmelik ARAS

Iğdır Üniversitesi

#### Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Arslan OMAR

Kafkas Üniversitesi

#### Matematik Anabilim Dalı

Prof. Dr. Nizami MUSTAFA

Kafkas Üniversitesi

Doç. Dr. Veysel NEZİR

Kafkas Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Lokman BİLEN

Iğdır Üniversitesi

#### Ziraat Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Ramazan GÜRBÜZ

Iğdır Üniversitesi

## Yazışma Adresi

### (Address for Correspondence)

Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

36100-Kars/ Türkiye

Phone: +90 474 2128850

Fax: +90 474 2123867

E-mail: kaufbed@kafkas.edu.tr

**Bu dergi Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından Ocak-Haziran ve Temmuz-Aralık dönemlerinde olmak üzere yılda iki kez yayımlanır.  
This journal is published biannually, in January-June and July-December, by the Institute of Science Institute, University of Kafkas**

**Önemli Not:**

- Dergimizin adı, ilk sayısı (Cilt:1, Sayı:1) “Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi”; İkinci sayısı (Cilt:1, Sayı:2) “Fen Bilimleri Dergisi” ve üçüncü sayıdan itibaren (Cilt:2, Sayı:1) ise “Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi” olarak değiştirilmiştir.
- Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergimiz Cilt 10, Sayı 1’den itibaren e-ISSN numarası 2587-2389 alınmış olup Cilt 10, Sayı 1’den itibaren elektronik ortamda basılacaktır.

**Danışma Kurulu  
(Advisor Board)**

Prof. Dr. Abdullah HASBENLİ, Gazi Üniversitesi, Ankara  
Prof. Dr. Adem BIÇAKÇI, Uludağ Üniversitesi, Bursa  
Prof. Dr. Ahmet AKSOY, Akdeniz Üniversitesi, Antalya  
Prof. Dr. Ahmet ALTINDAĞ, Ankara Üniversitesi, Ankara  
Prof. Dr. Atilla YILDIZ, Ankara Üniversitesi, Ankara  
Prof. Dr. David. W. STANLEY, Agricultural Research Service, USA  
Prof. Dr. Hüseyin UZUNBOYLU, Near East University, KKTC  
Prof. Dr. Erhan DENİZ, Kafkas Üniversitesi, Kars  
Prof. Dr. Esabi Başaran KURBANOĞLU, Atatürk Üniversitesi, Erzurum  
Prof. Dr. Fikret AKDENİZ, Kafkas Üniversitesi, Kars  
Prof. Dr. Halit ORHAN, Atatürk Üniversitesi, Erzurum  
Prof. Dr. Yücel ÖZMEN, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon  
Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK, Kafkas Üniversitesi, Kars  
Prof. Dr. Fezile ÖZDAMLI, Near East University, KKTC  
Prof. Dr. Ali SINAĞ, Ankara Üniversitesi, Ankara  
Prof. Dr. Kamil KOÇ, Celal Bayar Üniversitesi, Manisa  
Prof. Dr. Kemal BÜYÜKGÜZEL, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak  
Prof. Dr. Mehmet Ali KIRPIK, Kafkas Üniversitesi, Kars  
Prof. Dr. Muhitdin YILMAZ, Sinop Üniversitesi, Sinop  
Prof. Dr. Mustafa SÖZEN, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak  
Prof. Dr. Mustafa YÜKSEK, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay  
Prof. Dr. Ö. Köksal ERMAN, Atatürk Üniversitesi, Erzurum  
Prof. Dr. Ömür DEVECİ, Kafkas Üniversitesi, Kars

Prof. Dr. Ramazan SEVER, ODTÜ, Ankara  
Prof. Dr. Refiğ SOLTAN, Selçuk Üniversitesi, Konya  
Prof. Dr. Serap AKSOY, Yale University, USA  
Prof. Dr. Ten FEIZI, Imperial College of science, UK  
Prof. Dr. Vaqif FERZELİYEV, Azərbaycan Milli Bilimler Akademisi, Bakü  
Prof. Dr. Yaşar ÖNEL, University of Iowa, USA  
Prof. Dr. Yüksel KELEŞ, Mersin Üniversitesi, Mersin  
Prof. Dr. Murat TEZER, Near East University, KKTC  
Prof. Dr. Aycan TOSUNOĞLU, Uludağ Üniversitesi, Bursa  
Doç. Dr. Fikret TÜRKAN, Iğdır Üniversitesi, Iğdır  
Doç. Dr. Ferruh AŞÇI, Afyonkocatepe Üniversitesi, Afyon  
Doç. Dr. Gökhan NUR, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep  
Doç. Dr. Hüseyin ERTAP, Kafkas Üniversitesi, Kars  
Assoc. Prof. Dr. Antonin LOJEK, Academy of Sciences, Czech Republic  
Assoc. Prof. Dr. Pavel HYRSL, Masaryk University Czech Republic  
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin KAPLAN, Niğde Üniversitesi, Niğde  
Asistant Prof. Dr. Greg GOSS University of Alberta, Department of Biological  
Science, Canada

## İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

## Sayfalar/Pages

- Araştırma Makalesi
- 1** [AAS ve Bulanık AAS Yöntemleri ve Bir Uygulama](#) Sayfa: 47-59
- Zeynep GÖKKUŞ Nizami MUSTAFA
- PDF
- Araştırma Makalesi
- 2** [Optimization with Taguchi Method of Laser Parameters Necessary for Smooth Groove Bottom in ZAMAK 5](#) Sayfa: 60-64
- Timur CANEL İrem BAĞLAN
- PDF
- Derleme
- 3** [Likenlerde Ağır Metal Alınma Mekanizmaları](#) Sayfa: 65-71
- Volkan IŞIK Atila YILDIZ
- PDF
- Araştırma Makalesi
- 4** [The Fekete-Szegö Problem for a Certain class of Analytic Functions](#) Sayfa: 72-76
- Nizami MUSTAFA Semra KORKMAZ
- PDF
- Araştırma Makalesi
- 5** [Using the Linked List Algorithm to Create a Learning Environment for Online Students](#) Sayfa: 77-85
- Ramiz Musallam SALAMA
- PDF





## Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

## AAS ve Bulanık AAS Yöntemleri ve Bir Uygulama

Zeynep GÖKKUŞ<sup>1\*</sup>, Nizami MUSTAFA<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Kastamonu Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojisi Bölümü, Kastamonu, Türkiye

<sup>2</sup> Kafkas Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Kars, Türkiye

(İlk Gönderim / Received: 23. 07. 2022, Kabul / Accepted: 20. 11. 2022, Online Yayın / Published Online: 31. 03. 2023)

**Anahtar Kelimeler:**  
Çok kriterli karar verme,  
AAS,  
Bulanık AAS.

**Özet:** Geniş uygulama alanı ve popülerliği olan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AAS ve Bulanık AAS açıklanmış ve deneysel bir veriye uygulanmıştır. Uygulama sonuçları, her iki yöntemin de benzer sonuçlar verdiğini ve deneysel araştırmalarda kullanılabileceğini göstermektedir.

## ANP and Fuzzy ANP Methods and an Application

**Keywords:**  
Multi-criteria decision making,  
ANP,  
Fuzzy ANP.

**Abstract:** ANP and Fuzzy ANP, which are among the Multi-Criteria Decision Making Methods with wide application area and popularity, are explained and applied to an experimental data. The application results show that both methods give similar results and can be used in experimental research.

### 1. GİRİŞ

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri, seçim ve sıralama problemlerindeki belirsizlik ve kararsızlık durumlarının giderilmesi için geliştirilmiştir (İlbahar vd., 2022). Bu yöntemlerin amacı birtakım kriterler açısından seçenekleri sıralamak veya aralarından en iyisini seçmektir. Bu seçim işlemi karar vericilerin kriterleri ve seçenekleri değerlendirmeleri ile başlamaktadır (Atalık&Şentürk, 2019).

Son on yıldır özellikle bulanık ÇKKV yöntemleri hemen her bilim dalında popüler biçimde uygulanmaktadır. Bunların başında bilgisayar bilimleri, yapay zeka, kontrol sistemleri, üretim, mühendislik vb. sayılabilir (Stojčić vd., 2019; Kutlu Gündoğdu&Kahraman, 2020).

Literatürde yirminin üstünde ÇKKV yöntemi mevcuttur (Seker&Kahraman, 2021). Bu yöntemlerin hemen her birinin farklı bulanık sayı tiplerinde uyarlandığı çok sayıda yaklaşım da mevcuttur (Atalık&Şentürk, 2019; Kutlu Gündoğdu&Kahraman, 2020; Seker&Kahraman, 2021; Bakır&Atalık, 2021).

Bu çalışmada ÇKKV yöntemlerinden klasik Analitik Network Süreci (AAS) ve uygulama kolaylığı açısından üçgen sayılar için Bulanık Analitik Network Süreci (BAAS) çalışılmıştır. Öncelikle söz konusu iki yöntem açıklanmıştır. Ardından bir proje verisine her iki yöntem uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

ÇKKV yöntemleri genellikle gözleme dayalı verilere uygulanmaktadır. Bu çalışmada ise deneysel bir veriye ÇKKV yöntemleri uygulanarak literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

### 2. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 2.1. AAS

Thomas L. Saaty'nin (1977) karmaşık problemlerin çözümü için geliştirdiği Analitik Hiyerarşi Süreci-Analitic Hierarchy Process (AHS-AHP) yöntemi, literatürde en yaygın uygulanan çok kriterli karar verme yöntemidir (Özbek&Eren, 2013; Kubler vd., 2016). AHS yöntemi, her bir seviyesi en az bir elemandan oluşan, en az üç hiyerarşik



seviyeli bir yapıya sahiptir (Özbek, 2017). Altındaki bir elemanın üstteki bir elemanı etkilediği varsayımına dayanarak ikili karşılaştırmalar yapılır ve hiyerarşik olarak alt düzeyde bulunan elemanların bir üst düzeydeki elemana göre nispi önemleri belirlenir. AHS yapısının en üstünde amaç bulunur. Bir alt seviyede (ana) kriterler ve varsa onun da altında alt kriterler yer alır. En alt basamakta ise karar seçeneklerine yer verilir (Ecer&Küçük, 2008).

Analitik Ağ Süreci-Analitic Network Process (AAS-ANP) ise AHS'nin geliştirilmesi ile elde edilmiş bir yöntemdir (Saaty, 1996). AAS yönteminde, AHS'den farklı olarak karar verme sürecinde, elemanlar arasındaki etkileşim hesaba katılır ve hiyerarşi zorunluluğu ortadan kalkar. AAS, bir karar verme problemini, elemanlar arasındaki ilişkileri ve bunların yönlerini tanımlayarak bir ağ biçiminde ele alır. Böylece, doğrudan ilişkilendirilmemiş elemanlar arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geri bildirimler dikkate alınır (Saaty, 1996; Özbek, 2017).

AAS yöntemiyle bir karar verme probleminin çözümünde, kontrol hiyerarşisi oluşturulacaksa, kontrol kriterinin altında bir ağ yapısı olması gerekir (Peter&Zelewski, 2008). Kontrol hiyerarşisi, karar verme probleminin amaç, kriter ve ağ biçimindeki alt kriterlerden oluşan bir yapıdır. Bu ağ yapısında, kriterler arasında

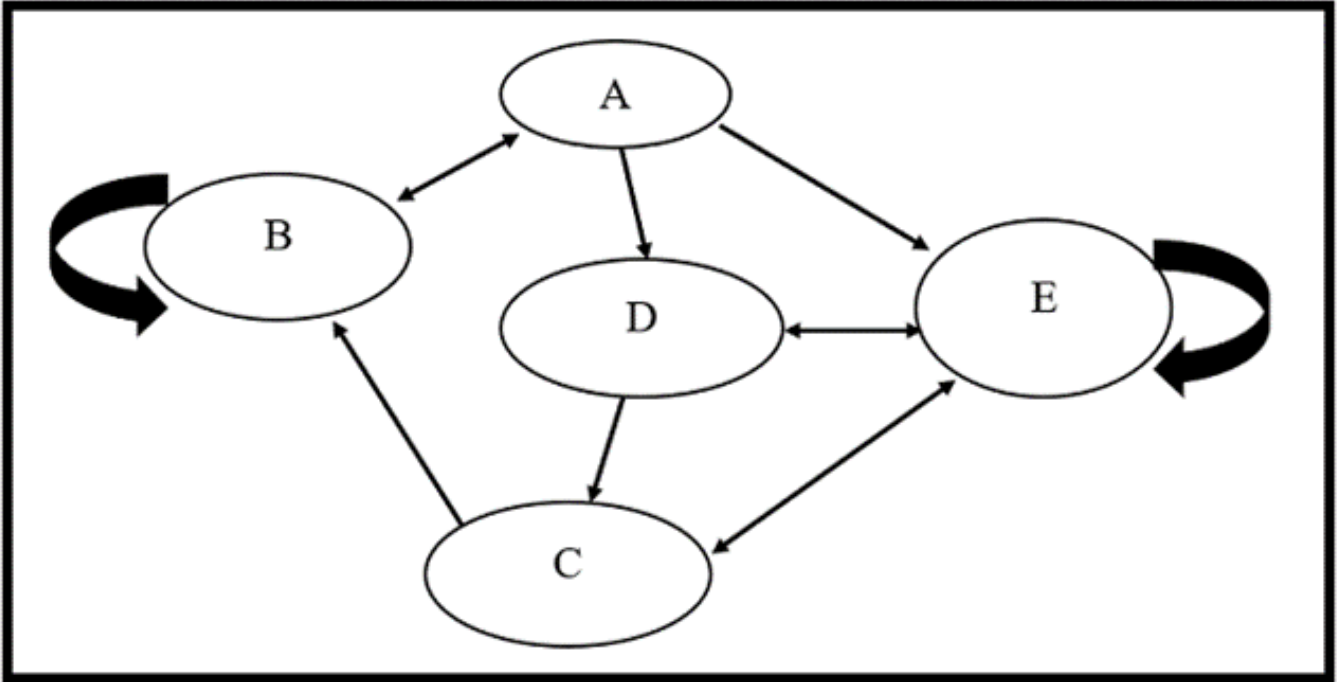
karşılıklı bir bağımlılık veya geri besleme ilişkisi olabilir. Bu durumda bu yapıya kontrol (veya karar) ağı denir.

En basit AAS yapısı tek ağdan oluşmaktadır. En karmaşık halde ise, her bir seçeneğin ortaya çıkarabileceği fayda (benefit), fırsat (opportunity), risk (risk) ve maliyet (cost) olmak üzere (BORC) dört kontrol kriteri vasıtasıyla dört ayrı yöntemle analiz edilmektedir (Saaty, 2001; Peters&Zelewski, 2008; Göze, 2008; Özbek, 2017).

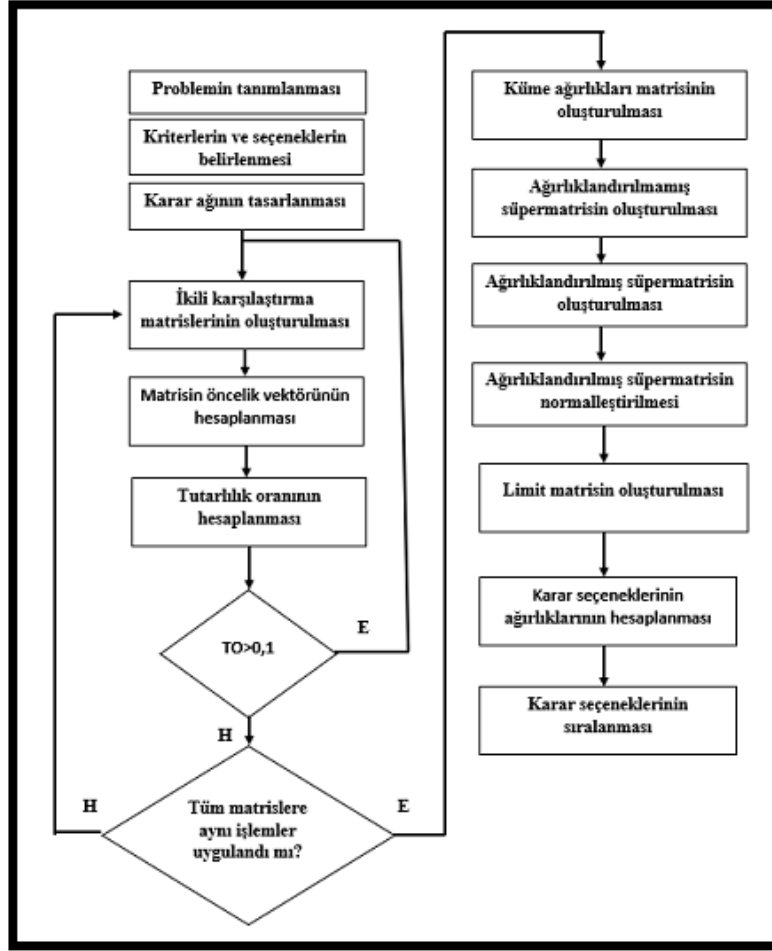
Bir karar ağı, kümeler, elemanlar ve etkiler veya bağımlılıklardan meydana gelmektedir. Her bir kümede en az bir eleman bulunur. Eleman ise kriter veya karar seçeneğidir (Saaty, 2001; Peters&Zelewski, 2008). Şekil 2.1'de örnek bir karar ağ yapısı bulunmaktadır.

Şekil 2.1'de A kümesi D ve E, D kümesi C ve C kümesi de B kümesinden etkilenmektedir (kümeler arası etkileşim veya dış bağımlılık). A ile B ve C ile D kümelerinin en az birer elemanı birbirinden etkilenmektedir (geri besleme). Son olarak B ve E kümelerinin kendi içindeki elemanlarla etkileşimdedir (küme içi etkileşim veya iç bağımlılık).

Bir karar verme probleminin AAS yöntemiyle çözümü için gerekli işlem adımları Şekil 2.2 ile temsil edilmiş ve ardından sıralanmıştır (Özbek, 2017).



Şekil 2.1. Karar ağı yapısı (Peters&Zelewski, 2008).



Şekil 2.2. AAS işlem adımları

Adım 1: Karar verme problemi tanımlanır. Amaç, kriterler ve karar seçenekleri belirlenir ve karar ağı tasarlanır.

Tablo 2.1. Karşılaştırma Ölçeği (Saaty, 2008)

Önem değeri	Önem değerinin tersi	Tanım
1	1	Eşit derecede önemli
3	1/3	Orta derecede önemli
5	1/5	Kuvvetli derecede önemli
7	1/7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	1/9	Mutlak derecede önemli
2, 4, 6, 8	1/2, 1/4, 1/6, 1/8	Ara değerler

Adım 2: Karar verici (ler) Tablo 2.1 ile verilen ölçeği kullanarak, her bir ikili karşılaştırma için, Tablo 2.2 ile temsil edildiği gibi, birer ikili karşılaştırma matrisi oluşturur.

Tablo 2.2. İkili karşılaştırma matrisi (Wind &amp; Saaty, 1980)

A	Kriter 1	Kriter 2	Kriter 3	...	Kriter n
Kriter 1	1	$a_{12}$	$a_{13}$	...	$a_{1n}$
Kriter 2	$a_{21} = 1/a_{12}$	1	$a_{23}$	...	$a_{2n}$
Kriter 3	$a_{31} = 1/a_{13}$	$a_{32} = 1/a_{23}$	1	...	$a_{3n}$
...	...	...	...	...	...
Kriter n	$a_{n1} = 1/a_{1n}$	$a_{n2} = 1/a_{2n}$	$a_{n3} = 1/a_{3n}$	...	1

İkili karşılaştırma matrisleri normalize edilir. Bu normalizasyon işlemi matristeki her elemana Eşitlik (1)'in uygulanmasıyla elde edilir.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Adım 3: Her bir sütununun toplamı 1 olan normalize edilmiş matrisin her bir satır toplamı, Eşitlik (2) ile, matris boyutuna bölünerek ortalaması alınır ve her bir kriter için önem ağırlıkları hesaplanır. Bu ağırlıklara öncelik vektörü denir.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^n a'_{ij}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Adım 4: Takipteki işlemlerin sonunda tutarlılık oranı hesaplanır (Millet&Saaty, 2000; Özbek&Eren, 2013; Souissi vd., 2020).

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right] \quad (\text{Özdeğer}) \quad (3)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (\text{Tutarlılık indeksi}) \quad (4)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (\text{Tutarlılık oranı}) \quad (5)$$

CR<0,10 olan matrislerin tutarlı olduğu kanaatine varılır. Burada RI "Random Index" değeridir. Boyutu en çok 15 olan matrisler için hesaplanmıştır. Bir karar verme probleminde kriter sayısı çok fazla ise tüm kriterlerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda tutarlı sonuç elde etme olasılığı zayıflamaktadır (Kwiesielewicz&Van Uden, 2004). Tablo 2.3 ile ikili karşılaştırma matrisleri için RI değerleri verilmiştir.

Adım 5: Amaca göre kümelerin kendi aralarındaki etkileri değerlendirilerek öncelik vektörleri oluşturulur. Öncelik vektörleri Eşitlik (6) ile verilen bir matrisle bir araya getirilerek B boyutunda bir küme ağırlıkları matrisi veya karar matrisi (Q) elde edilir (Özbek, 2017).

$$Q = \begin{bmatrix} q_{1.1} & \dots & q_{1.i} & \dots & q_{1.B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{i.1} & \dots & q_{i.j} & \dots & q_{i.B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{B.1} & \dots & q_{B.j} & \dots & q_{B.B} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Adım 6: AAS yönteminde, karar ağında bulunan tüm kümeler, elemanlar ve bunlar arasındaki her türlü etkileşim, öncelik vektörlerinden oluşan süpermatriste gösterilir (Saaty, 2001). Parçalı bir matris olan süpermatrisin her bir bölümü, bir sistemdeki iki faktör arasında olan ilişkiyi temsil eder.

Bir kümedeki elemanların herhangi biri başka bir kümenin elemanlarını etkilemiyorsa, ağırlıklandırılmamış süpermatriste ilgili yerlere sıfır yazılır. Ağırlıklandırılmamış süpermatrisin her bir  $W_{ij}$  bloğu Eşitlik (7) ile verilen bir matris yapısına sahiptir (Peters&Zelewski, 2008).

$$W_{i,j} = \begin{bmatrix} W_{i_1j_1} & W_{i_1j_2} & \dots & W_{i_1j_{s_j}} \\ W_{i_2j_1} & W_{i_2j_2} & \dots & W_{i_2j_{s_j}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{i_{s_i}j_1} & W_{i_{s_i}j_2} & \dots & W_{i_{s_i}j_{s_j}} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Adım 7: Hiyerarşik bir yapıda ağırlıklandırılmış ve ağırlıklandırılmamış süpermatrisler birbirine eşittir (Saaty, 2004). Bu nedenle karar ağı hiyerarşik bir yapıda olmadığında, Eşitlik (8)'deki işlemle ağırlıklandırılmış süper matris oluşturulur. Bu matris stokastik olmalı ve normalize edilmelidir (Niemira&Saaty, 2004; Peters&Zelewski, 2008; Özbek, 2012).

$$U^{un} = \begin{bmatrix} W_{1.1} * q_{1.1} & W_{1.2} * q_{1.2} & \dots & W_{1.B} * q_{1.B} \\ W_{2.1} * q_{2.1} & W_{2.2} * q_{2.2} & \dots & W_{2.B} * q_{2.B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{B.1} * q_{B.1} & W_{B.2} * q_{B.2} & \dots & W_{B.B} * q_{B.B} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Adım 8: Kriterlerin ve karar seçeneklerinin önceliklerini belirlemek için limit süpermatris hesaplanır. Bunun için, matrisin satırları durağanlaşacak kadar büyük bir n sayısı belirlenerek, ağırlıklandırılmış süpermatrisin n.inci dereceden kuvveti alınır (Saaty, 2001; Özbek, 2017).

Adım 9: Limit süpermatristeki karar seçeneklerine ait öncelikler azalan sırayla dizilir ve en iyi seçenek belirlenmiş olur (Peters&Zelewski, 2008).

## 2.1. Bulanık AAS

AAS yönteminde karar vericiler, karar seçeneklerini değerlendirirken belirsizlik ve kararsızlık ile karşılaşabilirler. Bu belirsizlik ve kararsızlığın bulanık bir ortamda çözümlenebilmesi için bulanık AAS yöntemi geliştirilmiştir.

**Tablo 2.3.** İkili karşılaştırma matrisleri için RI değerleri (Özbek, 2017)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

**Tablo 2.4.** Bulanık karşılaştırma ölçeği (Laarhoven&Pedrycz, 1983)

Dilsel değişken	FAHS (üçgen bulanık sayı tipi için)	
	Ölçek	Karşıtlı ölçek
Eşit derecede önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Orta derecede önemli	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)
Kuvvetli derecede önemli	(4, 5, 6)	(1/6, 1/5, 1/4)
Çok kuvvetli derecede önemli	(6, 7, 8)	(1/8, 1/7, 1/6)
Mutlak derecede önemli	(9, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/9)
Ara değerler	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)
	(3, 4, 5)	(1/5, 1/4, 1/3)
	(5, 6, 7)	(1/7, 1/6, 1/5)
	(7, 8, 9)	(1/9, 1/8, 1/7)

AAS yönteminde önce tüm dış bağımlılıklar, iç bağımlılıklar ve geri beslemeler göz önüne alınarak karar ağının yapısı oluşturulur (Paksoy vd., 2013). Ardından, karar verme problemine ilişkin ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler, karar vericiler tarafından değerlendirilerek ikili karşılaştırmalar yapılır (Bakır&Atalık, 2021). Bu karşılaştırmalar için, Tablo 2.1 üçgen bulanık sayılara uyarlanarak kullanılmaktadır. Bu ölçek Tablo 2.3'te verilmiştir

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  nesnel kümesi ve  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  amaçlar kümesi olmak üzere, her bir nesneye her bir amaç ( $g_i$ ) için genişletme analizi uygulanır. Genişletme ifadesi ile bu nesnenin amacı ne kadar gerçekleştirdiği ifade edilmektedir. Sonuçta, her bir nesne için  $m$  tane genişletme analizi değeri  $M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, i = 1, 2, \dots, n$  elde edilir.  $M_{g_i}^j, j = 1, 2, \dots, m$  değerlerinin hepsi üçgen bulanık sayıdır ve  $M_{g_i} = (a_i, b_i, c_i)$  biçiminde temsil edilir. Chang (1996)'in genişletme analizi yöntemi aşağıdaki işlem adımları ile gerçekleştirilir.

Adım 1:  $i$ . amaca göre bulanık sentetik genişletme değeri Eşitlik 9 ile elde edilir.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (9)$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$  değerini bulmak için  $m$  tane genişletme analizine sırasıyla Eşitlik 10, 11 ve 12 ile verilen işlemler gerçekleştirilir.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m a_j, \sum_{j=1}^m b_j, \sum_{j=1}^m c_j \right) \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m a_j, \sum_{j=1}^m b_j, \sum_{j=1}^m c_j \right) \quad (11)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{j=1}^m c_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^m b_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^m a_j} \right) \quad (12)$$

Bulanık sayıların karşılaştırılması için, bulanık sentetik değerlerin kullanılmasıyla hiyerarşinin her bir seviyesindeki elemanların ağırlık vektörleri elde edilir (Paksoy vd., 2013).

Adım 2:  $M_2 = (a_2, b_2, c_2) \geq M_1 = (a_1, b_1, c_1)$  'in olabilirlik derecesi Eşitlik 13 ile elde edilir.

$$\begin{aligned} V(M_2 \geq M_1) &= \sup_{y \geq x} \left[ \min \left( \mu_{M_1(x)}, \mu_{M_2(y)} \right) \right] \\ &= \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2(d)} \\ &= \begin{cases} 1, & b_2 \geq b_1 \\ 0, & a_1 \geq c_2 \\ \frac{(a_1 - c_2)}{(b_2 - c_2) - (b_1 - a_1)}, & \text{diğer.} \end{cases} \quad (13) \end{aligned}$$

Burada  $d, \mu_{M_1}$  ve  $\mu_{M_2}$  arasındaki en yüksek kesişim noktası olan  $D$ 'nin ordinatıdır.  $M_1$  ve  $M_2$ 'yi karşılaştırmak için hem  $V(M_2 \geq M_1)$  hem de  $V(M_1 \geq M_2)$  hesaplanmalıdır. Bu adıma ilişkin işlemler Şekil 2.3 ile gösterilmiştir (Chang, 1996).

Adım 3: Konveks bir  $M$  bulanık sayısının  $k$  tane  $M_i (i = 1, 2, \dots, k)$  bulanık sayıdan büyük olabilirliğinin derecesi Eşitlik 14 ile hesaplanır.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k \quad (14)$$

Burada,  $k = 1, 2, \dots, n; i \neq k$  olmak üzere  $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$  varsayımı yapılarak Eşitlik 15'te verilen bulanık olmayan ağırlık vektörü elde edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (15)$$

Ağırlık vektörü normalize edilerek Eşitlik 16 elde edilir (Karakuş vd., 2019).

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (16)$$

Adım 4: İlk üç adım tüm (ana ve alt) kriterlerin ve her bir alternatifin her bir alt kritere göre değerlendirildiği ikili karşılaştırma matrislerinden yararlanarak, alternatiflerin ağırlıklarını belirlemek için tekrarlanır.

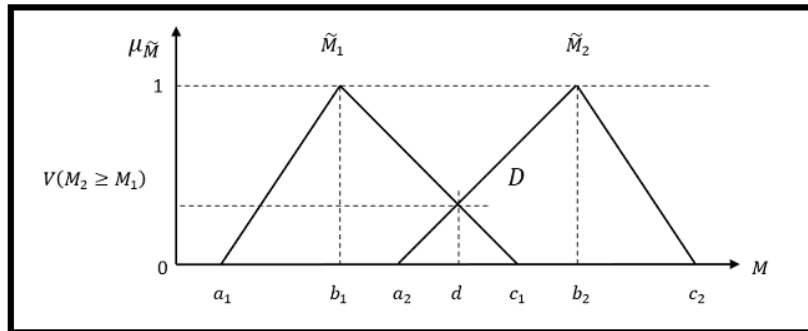
Adım 5: Karar ağında birbirini etkilediği belirlenen tüm kriterler için ilk üç adım uygulanır.

Adım 6: Adım 4 ve 5'ten elde edilen ağırlıklar kullanılarak ağırlıklandırılmış ve limit süper matrisler sırasıyla Eşitlik 7 ve 8'deki gibi elde edilir. Her bir karar seçeneğinin önceliği belirlenir. Öncelikler azalan sırayla yazılır ve en iyi karar seçeneği belirlenir (Karaşan&Kahraman, 2019).

### 3. UYGULAMA

#### 3.1. Veriler

En önemli yenilenebilir doğal kaynaklarımızdan biri meralarımızdır (Altın vd., 2011). Meralarımızın sosyal, ekonomik ve çevresel faydalarını ortaya koymak için vejetasyon etütleri vasıtasıyla meraları sınıflamak ve mera sınıflarına uygun ıslah ve yönetim modelleri oluşturmak için TAGEM koordinatörlüğünde birçok çalışma yürütülmüştür (Gökkuş vd., 2011; Aydoğdu vd., 2020).



Şekil 2.3.  $\tilde{M}_1$  ve  $\tilde{M}_2$  kesişimi

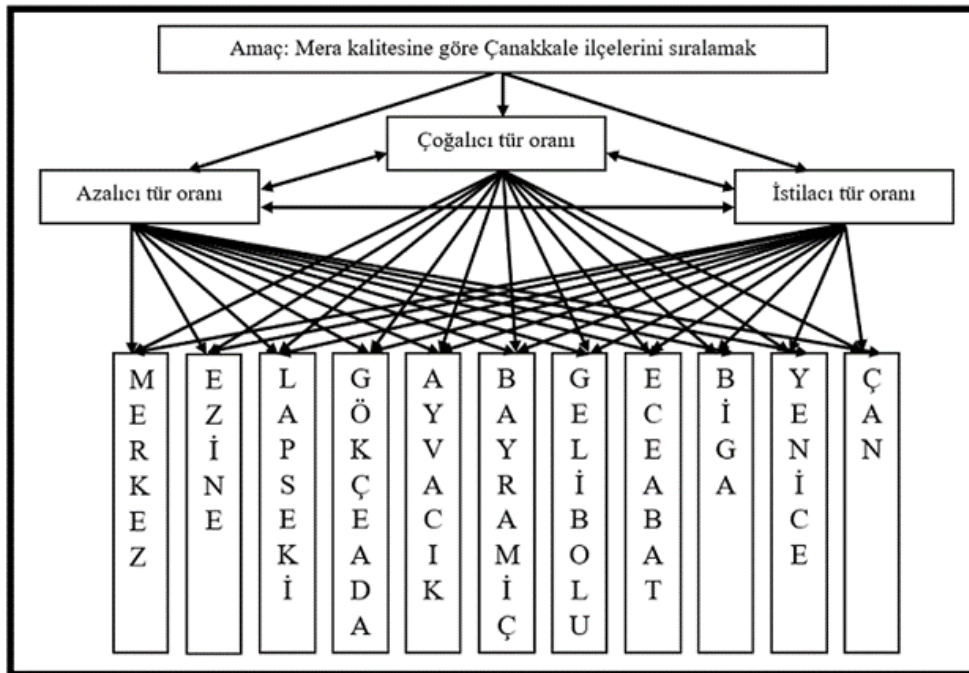
Bu çalışmanın uygulama verisi de yine TAGEM koordinatörlüğünde yürütülen “Mera Varlığının ve Mera Durum Sınıflarının Belirlenmesi Projesi” isimli projeden elde edilmiştir (Aydoğdu vd., 2020). Çanakkale’ye bağlı 11 ilçenin her birinden dört vejetasyon örnekleme yapılmıştır. Örnekleme sonuçlarının (birim alanda görülen tür oranı) aritmetik ortalamaları alınarak Tablo 3.1 oluşturulmuştur.

Tablo 2.1’in son iki sütununda sırasıyla doruk tür oranı ve mera durum sınıfları bulunmaktadır. Mera durum sınıfları, vejetasyon verilerine göre meraların durumunu belirtir (Gökkuş vd., 2011). Mera durum sınıflarının belirlenmesinde kullanılan birkaç yöntem mevcuttur. Bunlardan biri de vejetasyon verilerine göre doruk tür (klimaks) oranı hesaplanarak meraların sınıflanmasıdır. Bu yöntemde, botanik kompozisyonda yer alan azalıcı ve çoğalıcı tür oranları (gözlenen ot sayısı değil tür sayısı) toplanarak

(çoğalıcı tür oranı %20’den fazla ise hesaplama %20 olarak dahil edilir) doruk tür oranı belirlenir. Mera, eğer doruk tür oranı %25’ten küçükse zayıf, %26-50 aralığındaysa orta, %51-75 aralığındaysa iyi ve %76-100 aralığındaysa çok iyi durum sınıfındadır (Altın vd., 2011). Azalıcı ve çoğalıcı tür oranlarının mera durum sınıfı üzerinde olumlu, istilacı tür oranının ise olumsuz bir etkisi vardır (Aydoğdu vd., 2020). Bu çalışmada azalıcı ve çoğalıcı tür oranları fayda, istilacı tür oranı da maliyet yönlü kriterler ve ilçeler de karar seçenekleri olarak ele alınmıştır. Azalıcı, çoğalıcı ve istilacı tür oranlarının toplamı her bir ilçe için 1’e eşittir. Yani bu üç kriterin herhangi birindeki değişim diğerlerini etkilemektedir. Dolayısıyla bu çalışmada AAS ve bulanık AAS yöntemlerinin kullanılması uygundur (Rahiminezhad Galankashi vd., 2020). Bu karar verme probleminin ağ yapısı Şekil 3.1 ile verilmiştir.

**Tablo 3.1.** Mera durum sınıflarını etkileyen faktörlerin ilçelere göre dağılımı

İlçe	Azalıcı Tür (%)	Çoğalıcı Tür (%)	İstilacı Tür (%)	Klimaks	M.D.S.
Merkez	24.29575	7.1235	68.58075	31.41925	Orta
Ezine	8.9135	18.8345	72.2525	27.748	Orta
Lapseki	9.7615	4.8715	85.367	14.633	Zayıf
Gökçeada	6.25575	8.59325	85.151	14.849	Zayıf
Ayvacık	8.698	17.704	73.598	26.402	Orta
Bayramiç	10.12425	9.4665	80.40925	19.59075	Zayıf
Gelibolu	6.5305	20.311	73.1585	26.5305	Orta
Eceabat	7.41325	8.06575	84.521	15.479	Zayıf
Biga	18.2735	16.89775	64.82875	35.17125	Orta
Yenice	9.305	13.0095	77.6855	22.3145	Zayıf
Çan	12.57475	5.67175	81.753	18.2465	Zayıf



**Şekil 3.1.** Karar verme probleminin ağ yapısı

### 3.2. Problemin AAS ile çözümü

Anlatımın kısa olması adına sadece kriterlerin ve azalıcı tür oranı kriteri için karar seçeneklerinin ikili karşılaştırma matrislerine yer verilmiştir. İkili karşılaştırma matrislerinin normalleştirilmesi ve tutarlılık işlemlerinin ayrıntılarına yer verilmemiştir. Araştırmacı grup (tek karar verici) görüşü ile kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 3.2 oluşturulmuştur. Kriterlerin her biri için karar seçeneklerinin ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 3.1'in Tablo 2.1'e uyarlanması ile elde edilmiştir.

Tutarlılık oranı hesaplanırken, Tablo 3.2 üç ve Tablo 3.3 on bir boyutlu matrisler olduğundan, RI değerleri Tablo 2.3'ten sırasıyla 0,58 ve 1,51 olarak alınmıştır. Hem kriterlerin hem de kriterler için karar seçeneklerinin ikili karşılaştırma matrisleri tutarlı bulunmuştur ( $CR < 0,10$ ). Eşitlik 6 ile tanımlanan karar matrisi Tablo 3.4 ile verilmiştir.

Hiyerarşik bir ağ yapısı olmadığından, ağırlıklandırılmamış normalize süpermatris Tablo 3.5'te yer almaktadır. Ağırlıklandırılmamış normalize süpermatrisin 101.inci dereceden kuvveti alınarak elde edilen limit süpermatris Tablo 3.6'da yer almaktadır. Kalite sütununda yer alan koyu yazılmış öncelikler büyükten küçüğe sıralanarak aranan AAS sıralaması elde edilir.

### 3.3. Problemin Bulanık AAS ile Çözümü

(a, b, c) üçgen bulanık sayıyı temsil etmek üzere, Tablo 3.2'nin Tablo 2.3'e uyarlanmasıyla kriterlerin bulanık ikili karşılaştırma matrisleri ve bulanık olmayan (durulaştırılmış) kriter ağırlıkları takipte verilmiştir. Metnin sadeliği açısından bulanık ikili karşılaştırma işlemlerindeki sentetik değerlerin hesabı ve bu değerler üzerinden durulaştırılmış olasılıkların elde edilmesi işlemlerine yer verilmemiştir.

**Tablo 3.2.** Kriterlerin ikili karşılaştırılması

	Azalıcı tür	Çoğalıcı tür	İstilacı tür	Ağırlık (W)
Azalıcı tür	1	3	5	0.647947
Çoğalıcı tür	1/3	1	2	0.229871
İstilacı tür	1/5	1/2	1	0.122182

**Tablo 3.3.** Azalıcı tür kriterine göre seçeneklerin ikili karşılaştırılması

	Merke	Ezin	Lapsek	Gökçeada	Ayvacık	Bayram	Gelibolu	Eceabat	Biga	Yenice	Çan	Ağır
Merkez	1	4	4	5	4	3	5	5	1	4	2	0.21
Ezine	1/4	1	1	2	1	1/2	2	2	1/4	1	1/3	0.05
Lapseki	1/4	1	1	2	1	1/2	2	2	1/4	1	1/3	0.05
Gökçeada	1/5	1/2	1/2	1	1/2	1/3	1	1	1/5	1/2	1/4	0.03
Ayvacık	1/4	1	1	2	1	1/2	2	2	1/4	1	1/3	0.05
Bayram	1/3	2	2	3	2	1	3	3	1/3	2	1/2	0.09
Gelibolu	1/5	1/2	1/2	1	1/2	1/3	1	1	1/5	1/2	1/4	0.03
Eceabat	1/5	1/2	1/2	1	1/2	1/3	1	1	1/5	1/2	1/4	0.03
Biga	1	4	4	5	4	3	5	5	1	4	2	0.21
Yenice	1/4	1	1	2	1	1/2	2	2	1/4	1	1/3	0.05
Çan	1/2	3	3	4	3	2	4	4	1/2	3	1	0.14

**Tablo 3.4.** Karar matrisi

	Azalıcı	Çoğalıcı	İstilacı
Merkez	0.21504029	0.032198472	0.013587204
Ezine	0.05717333	0.183122613	0.023713473
Lapseki	0.05717333	0.015778356	0.192385201
Gökçeada	0.03329285	0.032198472	0.192385201
Ayvacık	0.05717333	0.183122613	0.034610651
Bayram	0.09577312	0.049023195	0.093681525
Gelibolu	0.03329285	0.258338777	0.034610651
Eceabat	0.03329285	0.032198472	0.192385201
Biga	0.21504029	0.09618181	0.023713473
Yenice	0.05717333	0.09618181	0.067952047
Çan	0.14557444	0.021655408	0.130975374

Tabloya göre çoğaltıcı tür oranının ağırlığı sıfır ve istilacı tür oranının ağırlığı da sıfıra yakındır. Dolayısıyla burada azaltıcı tür oranı üzerinden öncelikler belirlenebilir. Ancak yine de her üç kriter için de ilçelerin bulanık ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Azaltıcı tür oranı kriteri için ilçelerin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 3.8 ile verilmiştir. Diğer ikili karşılaştırmalara yer verilmemiştir.

Problemin hiyerarşik bir ağ yapısı olmadığından, bulanık AAS için ağırlıklandırılmamış normalize süpermatris Tablo 3.9'da ve onun 101.inci dereceden kuvveti alınarak elde edilen limit süpermatris Tablo 3.10'da yer almaktadır

#### 4. SONUÇ

Çalışmada klasik ve bulanık AAS yöntemleri açıklanmış ve sayısal bir örnek üzerinden uygulanmıştır.

Uygulamada Çanakkale'nin on bir ilçesi mera kalitesi bakımından 11 vejetasyon faktörü göz önüne alınarak AAS ve bulanık AAS yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Her iki yöntemde elde edilen sıralamalar Tablo 3.11'dedir.

**Tablo 3.11.** AAS ve Bulanık AAS yöntemleri için elde edilen nihai sıralamalar

Sıra	AAS	Bulanık AAS
1	Biga	Biga
2	Merkez	Merkez
3	Çan	Çan
4	Ayvacık	Bayramiç
5	Gelibolu	Eceabat
6	Bayramiç	Lapseki
7	Ezine	Gökçeada
8	Yenice	Yenice
9	Lapseki	Ayvacık
10	Eceabat	Gelibolu
11	Gökçeada	Ezine

Tablo 3.1'e göre, her iki yöntemle de elde edilen ilk üç sıra aynıdır. Biga'nın en iyi mera kalitesine sahip ilçe olması, Merkez ve Çan'ın mera kalitesinin ise diğer ilçelere göre daha iyi olması örneklemeyi yapan araştırmacı ekibin beklentisi ile aynıdır (Aydoğdu vd., 2020). Diğer ilçelerin sıralamaları değişmektedir. Tablo 3.6 ve 3.10 da verilen koyu renkli öncelikler incelendiğinde, ilk üç sıranın dışındaki ilçelerin öncelik değerlerinin birbirine yakın olmakla birlikte düşük değerler oldukları görülmektedir. Dolayısıyla iki yöntemle ilişkin sonuçların, ilk üç sıra haricindekilerin farklı bulunmalarının nedeni, mera kalitelerinin birbirine yakın ve zayıf olmaları olduğu kanısına varılmıştır. Yine de her bir ilçede örnekleme yapılan istasyon sayısı dolayısıyla vejetasyon örneği sayısı artırılırsa sıralamaların birbirine daha çok benzeyeceği tahmin edilmektedir.

Tablo 3.1'de verilen mera durum sınıfları ile bu çalışmada elde edilen sıralamalar incelendiğinde bazı ilçelerin mera durumlarının daha ayrıntılı ele alınması gerektiği görülmektedir. Birim alandaki ot verimine değil gözlenen tür sayısına göre belirlenen mera durum sınıfları tek başına

değerlendirildiğinde, Çan ilçesinin mera durum sınıfı *zayıf* olarak belirlenmiştir. Oysa hem AAS ve bulanık AAS sıralamaları hem de Gökkuş vd. (2011) ve Aydoğdu et al. (2020) Çan'ın sıralamada üstlerde olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle bu çalışma ile, benzer araştırmaların (mera durum sınıflarının belirlenmesi) ÇKKV yöntemleri ile desteklenmesi önerilmektedir.

Bulanık AAS'nin AAS'ye nazaran avantajlı olduğu durumlar söz konusu olabilmektedir. Bunların başında da bulanık AAS yönteminin ikili karşılaştırma sürecinde ortaya çıkabilecek belirsizlik ve kesin olmama hallerini daha iyi modelleyebilmesi gelmektedir (Muşdal, 2007). Ancak, bu çalışma için hem klasik hem de bulanık AAS yöntemi ile elde edilen sıralamaların kullanılması uygun görülmektedir.

Bu çalışma ile, deneysel verilere de ÇKKV yöntemlerinin uygulanabilirliği ve iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bundan sonraki çalışmalarda farklı ÇKKV yöntemlerinin benzer deneysel verilere uygulanması planlanmaktadır.



**Tablo 3.5.** AAS için Ağırlıklandırılmamış normalize süpermatris

	Kalite	Azalıcı	Çoğalıcı	İstilaçlı	Merkez	Ezine	Lapseki	Gökçeada	Ayvacak	Bayramiç	Gelibolu	Eceabat	Biga	Yenice	Çan
Kalite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azalıcı	0.648	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çoğalıcı	0.230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstilaçlı	0.120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez	0	0.215	0.032	0.014	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ezine	0	0.057	0.183	0.024	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lapseki	0	0.057	0.016	0.192	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gökçeada	0	0.033	0.032	0.192	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ayvacak	0	0.057	0.183	0.035	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bayramiç	0	0.096	0.049	0.094	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Gelibolu	0	0.033	0.258	0.035	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Eceabat	0	0.033	0.032	0.192	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Biga	0	0.215	0.096	0.024	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Yenice	0	0.057	0.096	0.068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Çan	0	0.146	0.022	0.131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

**Tablo 3.6.** AAS için limit süpermatris

	Kalite	Azalıcı	Çoğalıcı	İstilaçlı	Merkez	Ezine	Lapseki	Gökçeada	Ayvacak	Bayramiç	Gelibolu	Eceabat	Biga	Yenice	Çan
Kalite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azalıcı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çoğalıcı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstilaçlı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez	<b>0.148</b>	0.215	0.032	0.014	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ezine	<b>0.082</b>	0.057	0.183	0.024	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lapseki	<b>0.064</b>	0.057	0.016	0.192	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gökçeada	<b>0.052</b>	0.033	0.032	0.192	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ayvacak	<b>0.083</b>	0.057	0.183	0.035	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bayramiç	<b>0.085</b>	0.096	0.049	0.094	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Gelibolu	<b>0.085</b>	0.033	0.258	0.035	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Eceabat	<b>0.052</b>	0.033	0.032	0.192	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Biga	<b>0.164</b>	0.215	0.096	0.024	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Yenice	<b>0.067</b>	0.057	0.096	0.068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Çan	<b>0.115</b>	0.146	0.022	0.131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

**Tablo 3.7.** Kriterlerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

	Azalıcı tür			Çoğalıcı tür			İstilacı tür			Ağırlık (W)
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
Azalıcı tür	1	1	1	2	3	4	4	5	6	0.9976
Çoğalıcı tür	1/4	1/3	1/2	1	1	1	1/3	1/2	1	0.0000
İstilacı tür	1/6	1/5	1/4	1	2	3	1	1	1	0.0024

**Tablo 3.8.** Azalıcı tür alt kriterine göre seçeneklerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlıkları

	Merkez	Ezine	Lapseki	Gökçeada	Ayvacak	Bayramiç	Gelibolu	Eceabat	Biga	Yenice	Çan	W
Merkez	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)	(3, 4, 5)	(4, 5, 6)	(3, 4, 5)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)	(1, 2, 3)	0.315
Ezine	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1, 2, 3)	(1, 2, 3)	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	0
Lapseki	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1, 2, 3)	(1, 2, 3)	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	0
Gökçeada	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/3, 1/2, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/3, 1/2, 1)	(1/5, 1/4, 1/3)	0
Ayvacak	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1, 2, 3)	(1, 2, 3)	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	0
Bayramiç	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 2, 3)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 2, 3)	(1/3, 1/2, 1)	0.138
Gelibolu	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/3, 1/2, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/3, 1/2, 1)	(1/5, 1/4, 1/3)	0
Eceabat	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/3, 1/2, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1/6, 1/5, 1/4)	(1/3, 1/2, 1)	(1/5, 1/4, 1/3)	0
Biga	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)	(3, 4, 5)	(4, 5, 6)	(3, 4, 5)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)	(1, 2, 3)	0.315
Yenice	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)	(1/3, 1/2, 1)	(1, 2, 3)	(1, 2, 3)	(1/5, 1/4, 1/3)	(1, 1, 1)	(1/4, 1/3, 1/2)	0
Çan	(1/3, 1/2, 1)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(3, 4, 5)	(2, 3, 4)	(1, 2, 3)	(3, 4, 5)	(3, 4, 5)	(1/3, 1/2, 1)	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)	0.233

**Tablo 3.9.** Bulanık AAS için ağırlıklandırılmamış süpermatris

	Kalite	Azalıcı	Çoğalıcı	İstilacı	Merkez	Ezine	Lapseki	Gökçeada	Ayvacak	Bayramiç	Gelibolu	Eceabat	Biga	Yenice	Çan
Kalite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azalıcı	0.9976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çoğalıcı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstilacı	0.0024	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez	0	0.3149	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ezine	0	0	0.2666	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lapseki	0	0	0	0.2398	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gökçeada	0	0	0	0.2398	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ayvacak	0	0	0.2666	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bayramiç	0	0.1376	0	0.0951	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Gelibolu	0	0	0.3619	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Eceabat	0	0	0	0.2398	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Biga	0	0.3149	0.0525	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Yenice	0	0	0.0525	0.0154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Çan	0	0.2326	0	0.1701	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tablo 3.10. Bulanık AAS için limit süpermatris

	Kalite	Azalıcı	Çoğalıcı	İstilacı	Merkez	Ezine	Lapseki	Gökçeada	Ayvacak	Bayramiç	Gelibolu	Eceabat	Biga	Yenice	Çan
Kalite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Azalıcı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Çoğalıcı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstilacı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Merkez	<b>0.3142</b>	0.3149	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ezine	0	0.2666	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lapseki	<b>0.0006</b>	0	0.2398	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gökçeada	<b>0.0006</b>	0	0.2398	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Ayvacak	0	0.2666	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Bayramiç	<b>0.1375</b>	0.1376	0	0.0951	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Gelibolu	0	0.3619	0	0.2398	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Eceabat	<b>0.0006</b>	0	0.0525	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Biga	<b>0.3142</b>	0.3149	0.0525	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Yenice	<b>4,00E-05</b>	0	0.0525	0.0154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Çan	<b>0.2324</b>	0.2326	0	0.1701	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Kalite sütununda yer alan koyu yazılmış öncelikler büyükten küçüğe sıralanarak aranan bulanık AAS sıralaması elde edilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın verilerine erişimizi sağlayan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Öğretim Üyeleri Ahmet GÖKKUŞ ve Fırat ALATÜRK'e içten teşekkürlerimizi sunarız.

## 5. KAYNAKLAR

- Altın, M., A. Gökkuş & A. Koç. (2011). Çayır ve Mera Yönetimi (2. Cilt). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Atalık, G., & Senturk, S. (2019, July). A New Ranking Method for Triangular Intuitionistic Fuzzy Numbers. In International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems (pp. 33-38). Springer, Cham.
- Aydoğdu, M., H. Yıldız, E. Ünal, K.A. Özaydın, F. Dedeoğlu, S. Ataker, & V.Ö. Kuz, (2020). Mera Varlığının ve Mera Durum Sınıflarının Belirlenmesi. Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM, Tarla Bitkileri Merkez Araş. Enst., Proje Sonuç Raporu.
- Fatih, E., & Küçük, O. (2008). Tedarikçi seçiminde analitik hiyerarşi yöntemi ve bir uygulama. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11(1), 355-369.
- Bakır, M., & Atalık, Ö. (2021). Application of fuzzy AHP and fuzzy MARCOS approach for the evaluation of e-service quality in the airline industry. Decision Making: Applications in Management and Engineering, 4(1), 127-152.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European journal of operational research, 95(3), 649-655.
- Ecer, F., & Küçük, O. (2008). Tedarikçi seçiminde analitik hiyerarşi yöntemi ve bir uygulama. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11(1), 355-369.
- Gökkuş, A., Alaturk, F., & Özasan Parlak, A. (2011). Çanakkale'de otlatma alanlarının hayvancılıktaki önemi. Çanakkale Tarımı Sempozyumu (Dünü, Bugünü ve Geleceği).
- Göze, E. A. (2008). Analitik ağ süreci ile sürdürülebilir bir üçüncü parti lojistik servis sağlayıcısı seçimi.
- İlbar, E., Kahraman, C., & Cebi, S. (2022). Risk assessment of renewable energy investments: A modified failure mode and effect analysis based on prospect theory and intuitionistic fuzzy AHP. Energy, 239, 121907.
- Karakuş, K., Yeşilyurt, B., & Tamer, E. (2019). Sağlık sektöründe IoT uygulamalarının analitik ağ süreci yöntemi ile değerlendirilmesi. Samsun Sağlık Bilimleri Dergisi, 4(2), 86-92.
- Karışan, A., & Kahraman, C. (2019). A novel intuitionistic fuzzy DEMATEL-ANP-TOPSIS integrated methodology for freight village location selection. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 36(2), 1335-1352.
- Kubler, S., Robert, J., Derigent, W., Voisin, A., & Le Traon, Y. (2016). A state-of the-art survey&testbed of fuzzy AHP (FAHP) applications. Expert Systems with Applications, 65, 398-422.
- Kutlu Gündoğdu, F., & Kahraman, C. (2020). A novel spherical fuzzy analytic hierarchy process and its renewable energy application. Soft Computing, 24(6), 4607-4621.
- Kwiesielewicz, M., & Van Uden, E. (2004). Inconsistent and contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP. Computers&Operations Research, 31(5), 713-719.
- Millet, I., & Saaty, T. L. (2000). On the relativity of relative measures-accommodating both rank preservation and rank reversals in the AHP. European Journal of Operational Research, 121(1), 205-212.
- Muşdal, H. (2007). Tıbbi atıkları işleme ve bertaraf etme teknolojisi seçme problemine bulanık analitik hiyerarşi prosesi ve bulanık analitik ağ prosesi yaklaşımı.
- Niemira, M. P., & Saaty, T. L. (2004). An analytic network process model for financial-crisis forecasting. International journal of forecasting, 20(4), 573-587.
- Özbek, A. (2012). Küçük Ölçekli İşletme İçin Analitik Ağ Süreci ile Ticari Araç Seçimi. Mesleki Bilimler Dergisi (MBD), 1(4).
- Özbek, A., & Eren, T. (2013). Multiple criteria decision making methods for selecting third party logistics firms: A literatur review. Sigma, 31, 178-202.
- Özbek, A. (2017). Çok kriterli karar verme yöntemleri ve excel ile problem çözümü. Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Paksoy, T., Güngör, A., Özceylan, E., & Hancılar, A. (2013). Mixed model disassembly line balancing problem with fuzzy goals. International Journal of Production Research, 51(20), 6082-6096.
- Peters, M., & Zelewski, S. (2008). Pitfalls in the application of analytic hierarchy process to performance measurement. Management Decision.
- Rahiminezhad Galankashi, M., Mokhtab Rafiei, F., & Ghezelbash, M. (2020). Portfolio selection: a fuzzy-ANP approach. Financial Innovation, 6(1), 1-34.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of mathematical psychology, 15(3), 234-281.

- Saaty, T. L. (1996). Decision making with dependence and feedback: The analytic network process (Vol. 4922, No. 2). Pittsburgh: RWS publications.
- Saaty, T. L. (2001). Fundamentals of the analytic hierarchy process. In *The analytic hierarchy process in natural resource and environmental decision making* (pp. 15-35). Springer, Dordrecht.
- Saaty, T. L. (2004). Decision making the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP). *Journal of systems science and systems engineering*, 13(1), 1-35.
- Seker, S., & Kahraman, C. (2021). Socio-economic evaluation model for sustainable solar PV panels using a novel integrated MCDM methodology: A case in Turkey. *Socio-Economic Planning Sciences*, 77, 100998.
- Souissi, D., Zouhri, L., Hammami, S., Msaddek, M. H., Zghibi, A., & Dlala, M. (2020). GIS-based MCDM–AHP modeling for flood susceptibility mapping of arid areas, southeastern Tunisia. *Geocarto International*, 35(9), 991-1017.
- Stojčić, M., Zavadskas, E. K., Pamučar, D., Stević, Ž., & Mardani, A. (2019). Application of MCDM methods in sustainability engineering: A literature review 2008–2018. *Symmetry*, 11(3), 350.
- Van Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy sets and Systems*, 11(1-3), 229-241.
- Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management science*, 26(7), 641-658.



**Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**  
**Institute of Natural and Applied Science Journal**

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

## Optimization with Taguchi Method of Laser Parameters Necessary for Smooth Groove Bottom in ZAMAK 5

Timur CANEL<sup>1\*</sup> , İrem BAĞLAN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Kocaeli University, Faculty of arts and Science, Physics Department, Umuttepe-İzmit-Kocaeli-Türkiye

<sup>2</sup> Kocaeli University, Faculty of arts and Science, Mathematics Department, Umuttepe-İzmit-Kocaeli-Türkiye

(İlk Gönderim / Received: 16. 11. 2022, Kabul / Accepted: 20. 01. 2023, Online Yayın / Published Online: 31. 03. 2023)

### Keywords:

Laser machining,  
ZAMAK5,  
Nd: YAG Laser,  
Optimization,  
Laser Ablation,  
Taguchi Method.

**Abstract:** In this study, groove-shaped cavities were created with Nd: YAG laser on ZAMAK 5 plates, which have been used frequently in the industry for many years. The necessary laser parameters have been optimized so that the created cavity floor has a homogeneous depth. The effects of the beam diameter, laser energy, shielding gas type, and duration of the single pulse of Nd: YAG laser used on the roughness in the cavity were tried to be optimized. It was used for optimization. According to the ANOVA table, the optimum parameters are “580µm, 7J, Nitrogen, 7 ms for spot diameter of spot, the energy of single spot, type of ambient gas and a spot of single pulse respectively. The Taguchi method also indicates how effective the laser parameters used are in obtaining the desired surface. It has been concluded that the ambient gas used is the most important parameter in this study. The effect rate was obtained as 74.90 %. Then, laser spot diameter and pulse energy and lastly pulse duration are fewer effective parameters respectively.

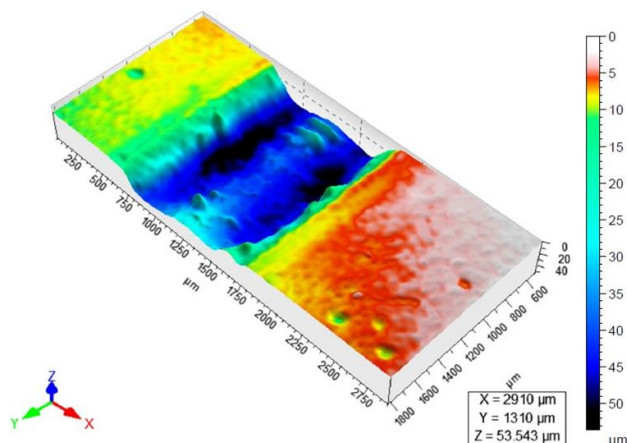
## ZAMAK 5'te Pürüzsüz Oluk Tabanı İçin Gerekli Lazer Parametrelerinin Taguchi Yöntemi ile Optimizasyonu

### Anahtar Kelimeler:

Lazer işleme,  
ZAMAK5,  
Nd:YAG Lazer,  
Optimizasyon,  
Lazer Ablasyon,  
Taguchi Metodu

**Özet:** Bu çalışmada uzun yıllardır sektörde sıklıkla kullanılan ZAMAK 5 plakalar üzerinde Nd: YAG lazer ile oluk şeklinde kavite oluşturulmuştur. Oluşturulan kavite tabanının homojen bir derinliğe sahip olması için gerekli lazer parametreleri optimize edilmiştir. Kullanılan Nd: YAG lazerin ışın çapı, lazer enerjisi, koruyucu gaz tipi ve tek atım süresinin kavite pürüzlülüğü üzerindeki etkileri optimize edilmeye çalışılmıştır. ANOVA tablosuna göre, spot çapı, tek spot enerjisi, ortam gazı türü ve tek darbe spotu için optimum parametreler sırasıyla “580µm, 7J, Nitrogen, 7 ms'dir. Taguchi yöntemi, kullanılan lazer parametrelerinin istenilen yüzeyin elde edilmesinde ne kadar etkili olduğunu da göstermektedir. Kullanılan ortam gazının bu çalışmada en önemli parametre olduğu sonucuna varılmıştır. Etki oranı %74.90 olarak elde edilmiştir. Daha sonra sırasıyla lazer spot çapı ve atım enerjisi ve son olarak atım süresi daha az etkili parametrelerdir.

## Graphical Abstract



## 1. INTRODUCTION

Considering its density and durability, Zinc (Zn), which is superior to polymers, also comes to the fore with its durability. Zn alloys have been widely preferred by application in marine, aerospace, and especially automotive industries due to their superior properties (Zhang et al., 2019). Zamak is used in various places in the car, from seat belts, airbags, engine covers, gearbox parts, and control groups to brackets and carriers. Aluminum and copper content in the ZnAl4Cu1 (Zamak 5) alloy improves mechanical strengthening (Vojtech et al., 2011). Among Zn alloys, Zamak is used in many small parts of automobiles during the casting process since Zamak can be easily shaped, electroplated, wet painted, and chromate conversion coated well. Besides Zamak is used in various places in the car such as seat belts, airbags, engine covers, gearbox parts, control groups, brackets, and carriers, it is also used in door hinges and locks, door handle bodies, various garden equipment, refrigerator door handle, and shelf brackets, washing machine hinges, various parts of gas and electrical appliances, etc. Some properties of materials such as bonding, joining, and friction can be improved by treating their surface (Etsion, 2005). Creating patterns on a surface such as a groove, dimple, etc. can be improved on the surface of the unmachining material. The properties of the surfaces can be changed by manipulating the surface roughness in accordance with the purpose such as the wettability (Kubiak et al., 2011; Holmberg et al., 1998; Perveen and Feng, 2017; Raeesi et al., 2013), friction (Kubiak et al., 2011; Menezes et al., 2009; Kubiak and Mathia, 2009), joining and bonding (Somekaw and Higashi, 2003; Hirose et al., 2006; Cardella et al., 2004; Chen et al., 2014, Yılbaş, 1987), etc. The joining and bonding properties of the surfaces are very tightly dependent on the roughness of the surface (Somekaw and Higashi, 2003). Hirose et al demonstrated the effect of surface roughness on the bonding of surfaces with their studies (Hirose et al., 2006). Similarly, Cardella et al also numerically demonstrated the effects of roughness on HIP bonding (Cardella et al., 2004). For some functional or aesthetic reasons, it is necessary to make the alloy surface with the desired properties before processes such as chroming or varnishing. The surface of Zinc and its alloys are treated with different kinds of techniques. Although the materials and their surfaces can be processed with various methods, two important

features such the precision of the processed surface and the cost of surface treatment, bring LST to the fore in the processing of surfaces with Laser Surface Texturing (LST) (Etsion, 2005). Since the laser parameters can be controlled very widely, the laser parameters can be adjusted appropriately to avoid undesirable situations such as heat deformation when processing with Surface Texturing (LST). In material processing using laser, many parameters affect the result at different rates. Both the parameter selection and the effect of the selected parameters on the result have a great role in the product obtained. For this reason, this study has two main aims. The first is to find out which levels of the selected parameters will give the best results. The second aim is to determine the effect ratios of the selected parameters. Determining the effect ratios will facilitate parameter selection in similar studies from now on.

Each of the laser parameters used can affect the result differently, albeit to a different extent. Changing the focus position up or down effects the spot diameter of the material. As a result, the intensity of the laser beam decreases or increases. Similarly, the laser beam energy is directly related to the amount of energy transferred to the material. In order to prevent the burning of materials with a laser or to control the desired or desired chemical reactions on the surface, trials are usually carried out in a gaseous environment. In this study, the effects of the gases used on the cavity roughness were investigated. Laser pulse duration is one of the important parameters in laser-material interaction. Controlling the pulse duration, energy transfer to the laser, and heating-cooling times affect the shape of the cavity formed.

In this study, the above-mentioned four parameters were examined at three levels. In classical experimental systems,  $3^4=81$  experiments should be performed for this examination and the results of these experiments should be analyzed. Instead, by using the Taguchi Optimization Method, an optimum result can be obtained with a total of 10 trials and analyses, including a confirmation experiment in addition to 9 experiments. In addition, the effects of these parameters on the desired result can be calculated (Yılbaş, 1987; Yang and Tarn, 1988; Pana et al., 2004).

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Taguchi Method

The steps to be followed in a study to be carried out according to the Taguchi Experimental Design technique are as follows (Yang and Tarn, 198):

1. Selection of factors and evaluation of their interactions.
2. Determination of the levels of factors.
3. Choosing the right balanced design.
4. Matching the factors and/or their interactions with the columns in the balanced experimental setup.
5. Analysis of results.
6. Conducting confirmation experiments.

The signal value used in the Taguchi method represents the actual value given by the system and intended to be



measured, and the noise factor represents the share of undesirable factors in the measured value. In the calculation of the signal/noise ratio, the quality value aimed to be achieved as a result of the experiments is also important. There are three main categories here:

- low value is the best (target to reach the lowest value)
- high value is the best (the goal is to reach the highest value)
- nominal value is the best (target is to reach a nominal value)

## 2.2. Material and Analysis

A pulsed Nd: YAG (neodymium-doped yttrium aluminum garnet) laser has a maximum scanning speed of 500 Hz. The duration of a single pulse can be adjusted from 0.3 ms to 50 ms. It was used to create grooves on the surface of the examined material. The focus diameter is 400  $\mu\text{m}$  which is the minimum value. When the laser beam is focused on 1, 2, and 3 mm on the material, the spot diameter is 580, 730, and 930  $\mu\text{m}$ , respectively. The energy of each pulse was also adjusted to be 10, 15, and 20 J. Experiments were also carried out in an environment of pure oxygen and nitrogen beside the air environment. The pulse durations of the pulses are arranged as 3, 5, and 7 ms. To reduce possible errors, 5 of each groove were made. The obtained surfaces were examined with a high-resolution microscope and a profilometer. The parameters used in the experiments and the levels of these parameters are given in Table 1. As seen in the table, 3 levels of 4 independent laser parameters were examined.

**Table 1.** Parameters of experiment and levels

	1	2	3
<b>Diameter of single spot (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	600	750	950
<b>Energy of single pulse (J)</b>	5	10	15
<b>Type of ambient gas</b>	O <sub>2</sub>	Ni	Air
<b>Duration of a single pulse (ms)</b>	10	15	20

As seen in Table 2, experiments were designed according to using the parameters suggested by Taguchi Method

**Table 2.** Experiment sets

Experiment no	Diameter of spot ( $\mu\text{m}$ )	Energy of single pulse (J)	Type of ambient gas	Duration of a single pulse (ms)
1	600	5	O <sub>2</sub>	10
2	600	10	N	15
3	600	15	Air	20
4	750	5	N	20
5	750	10	Air	10
6	750	15	O <sub>2</sub>	15
7	950	5	Air	15
8	950	10	O <sub>2</sub>	20
9	950	15	N	10

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

After the surfaces were processed with laser, profilometer images of each surface were examined and roughness was calculated from the images. Based on the surface average of the cavity floor, the peaks are positive and the deeps are negative, relative to the average. Accordingly, the nominal value for the desired roughness is defined as zero. Laser parameters that give zero value for the surface roughness are the perfect values. So, laser parameters that also give the surface roughness value closest to zero can also be defined as optimum parameters. According to the Taguchi method, the signal-to-noise ratio for nominal the best characteristics can be calculated with Eqn. 1.

$$S/N_{NB} = -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - m)^2 \right] \quad (1)$$

The roughness values of the bottoms of the cavities obtained as a result of the experiments with the parameter levels given in Table 2 are given in Table 3. These roughness values and the signal-to-noise ratios are made according to Eqn. (1) are also shown in Table 3. The statistical reliability of results can be obtained with the summing of the sum of squares, using Eq. (2) as seen in Table 4.

$$SS_T = \sum_{i=1}^n (\eta_i - \eta_m)^2 \quad (2)$$

**Table 3.** Measured values Roughness with calculated S/N

Exp. no	Surface Roughness Measurements						S/N
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>th</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	mean( $\mu\text{m}$ )	
1	100.52	96.45	98.28	109.36	104.32	101.79	-40.16
2	-15.16	-55.23	-41.32	-51.12	-45.15	-41.60	-32.85
3	61.23	51.28	46.28	55.16	50.48	52.89	-34.51
4	45.14	35.32	39.15	51.14	39.98	42.15	-32.57
5	88.15	81.25	77.56	74.12	88.15	81.85	-38.28
6	100.23	101.25	99.84	88.89	110.25	100.09	-40.03
7	85.25	98.95	105.12	101.12	90.25	96.14	-39.68
8	210.36	205.18	89.25	220.12	216.25	188.23	-45.79
9	51.23	54.15	46.25	45.12	65.23	52.40	-34.47

**Table 4.** ANOVA table for optimum roughness. (EoF), (OL) and (OV) represent, Effect of factors, Optimum levels, and Optimum Value respectively

	Average S/N			D <sub>of</sub>	SS <sub>i</sub>	Variance	EoF	OL	OV
	1st level	2nd level	3rd level						
<b>Spot Diameter</b>	-35.84	-36.96	-39.98	4	27.51	6.88	18.15	1	600µm
<b>Pulse Energy</b>	-37.47	-38.97	-36.33	4	10.51	2.63	6.94	3	15 J
<b>Gas Type</b>	-41.99	-33.30	-37.49	4	113.51	28.38	74.90	2	N
<b>Pulse Duration</b>	-37.64	-37.52	-37.62	4	0.02	0.01	0.02	2	15 ms
<b>Total</b>		-37.59			151.55		100		
<b>Optimum S/N</b>									-30.21
<b>Optimum roughness</b>									33.40

The highest levels and values expected S/N were calculated and presented in Table 4.

$$\eta = \eta_m + \sum_{i=1}^j (\eta_i - \eta_m) \quad (3)$$

The effect rate was obtained as 74.90 % for the type of ambient gas as the most important parameter. Then, laser spot diameter and pulse energy and lastly pulse duration are less effective parameters respectively as seen in Table 4.

A confirmation experiment was conducted with the parameters suggested by the method to obtain the best result, 600 µm for focus spot diameter, 15 J for the energy of a single pulse, Nitrogen for the type of ambient gas, and 15 ms for the duration of a single pulse. The roughness was calculated as 37.43 on the images of the cavity floor obtained as a result of the verification experiment with a profilometer. Although this result is not better than the result predicted by the Taguchi method, it is a better result than the results obtained with the previous 9 experiments.

#### 4. CONCLUSION

The roughness of the base of the Nd: YAG laser-formed grooves on the Zamak 5 surface was investigated. In this study, it is desired that the roughness of the groove floor is minimum. In this study, it is desired that the roughness of the gutter base is minimal. Optimum parameters can be obtained by performing 81 experiments in standard experimental work for 4 parameters and 3 levels. However, with the Taguchi method, the parameters giving the best results were obtained in 9 studies. The result of the confirmation experiment is very close to the predicted result of the Taguchi method, proving that the Taguchi method is applicable in similar studies.

In addition, with the Taguchi method, the most important parameters were determined together with their effective rates. With this result, the most important parameters can be considered in future similar studies.

#### 5. REFERENCES

- Etsion I. (2005). State of the Art in Laser Surface Texturing, Transactions of the ASME, (127) 248-253.
- Hirose T., Shiba K., Ando M., Enoeda M., Akiba M. (2006). Joining technologies of reduced activation ferritic/martensitic steel for blanket fabrication, Fusion Engineering and Design (81), 645–651.
- Holmberg K., Matthews A. and Ronkainen H. (1998). Coatings tribology—contact mechanisms and surface design. Tribology International vol. 31, pp. 107–120, 1998.
- Kubiak K.J. and Mathia T.G. (2009). Influence of roughness on contact interface in fretting under dry and boundary lubricated sliding regimes. Wear, (267), 315–321.
- Kubiak K.J., Wilson M.C.T., Mathi T.G., Carval Ph. (2011) Wettability versus roughness of engineering surfaces, Wear. vol (271). 523–528.
- Menezes P. L., Kishore, S. Kailas V. (2009). Influence of surface texture and roughness parameters on friction and transfer layer formation during sliding of aluminium pin on steel plate, Wear (267), 1534–1549.
- Perveen A. and Feng L. (2017) Effect of Texturing on the Friction Characteristic of Carbide and Steel Material by Grinding Process. Materials Science Forum, (887), 83-88.
- Raeesi B., Morrow N. R., Mason G. (2013). Effect of surface roughness on wettability and displacement curvature in tubes of uniform cross-section, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, (436), 392-401.
- Somekaw H. and Higashi K. (2003). The Optimal Surface Roughness Condition on Diffusion Bonding. Materials Transactions, (44), 1640-1643.

- Vojtech D., Kubasek J., Šerak J., Novak P. (2011). Mechanical and corrosion properties of newly developed biodegradable Zn-based alloys for bone fixation. *Acta Biomaterialia*, (7), 3515–3522.
- Zhang W., Du Y., Huo W., Hu J., Lu J., Zhao X., Zhang L., Zhang Y. (2019). Microstructure and Mechanical Properties of Zamak 3 Alloy Subjected to Sliding Friction Treatment. *Metallurgical and Materials Transactions*, (50A), 5888-5895.



## Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 258'

## Likenlerde Ağır Metal Alınma Mekanizmaları

Volkan IŞIK<sup>1</sup> , Atıla YILDIZ<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara, Türkiye

(İlk Gönderim / Received: 02. 12. 2022, Kabul / Accepted: 14. 02. 2023, Online Yayın / Published Online: 31. 03. 2023)

### Keywords:

Ağır metal,  
Biyozileme,  
Hava kirliliği,  
Liken.

**Özet:** Giderek sanayileşen dünyamızda, birçok canlıda olduğu gibi likenler de ağır metallerle karşı savunmasız olduklarından yoğun biçimde ağır metallerle maruz kalmaktadırlar. Bu çalışmanın amacı likenlerin ağır metallerin olumsuz etkilerine karşı nasıl tolerans oluşturduklarını, ağır metalleri kendi bünyelerine nasıl kattıklarını ve ağır metal alımı ile liken tallusu arasındaki ilişkileri incelemektir. Bu kapsamda likenlerin ağır metalleri nasıl biriktirdiğini ve liken metabolizmasının ağır metallerle nasıl tepki verdiğini bilmek, biyoçeşitliliğin korunması için gereklidir. Ayrıca biyozileme ve hatta biyojeokimyasal süreçlerin anlaşılması için de ipucu niteliğindedir. Yapılan biyozileme çalışmalarının sonucu olarak liken tallusu içindeki ağır metal miktarı iklim, arazi örtüsü ve kirlilik kaynağına olan uzaklık ile ilişkilidir ve bu etmenler liken türlerinin dağılımını ve zenginliğini etkilemektedir. Likenler ağır metalleri absorblama yeteneklerinden dolayı çok iyi bir biyoindikatör özellik gösterirler. Likenlerin bu biyoindikatör özelliği şehir planlamasında, sanayi bölgelerinin oluşturulmasında, kirli alanların belirlenmesinde, atmosferik ağır metal kirliliğin tespitinde ve belirlenmesinde halk sağlığı için önemlidir.

## Heavy Metal Uptake Mechanisms in Lichens

### Anahtar Kelimeler:

Air pollution,  
Biomonitoring,  
Heavy metal,  
Lichen.

**Abstract:** In our increasingly industrialized world, like many living things, lichens are also vulnerable to heavy metals and are increasingly exposed to heavy metals. The aim of this study is to examine how lichens tolerate the negative effects of heavy metals, how they incorporate heavy metals into their body and the relationship between heavy metal uptake and lichen thallus. In this context, knowing how lichens accumulate heavy metals and how lichen metabolism responds to heavy metals is essential for biodiversity conservation and is a clue for biomonitoring and even understanding biogeochemical processes. As a result of the biomonitoring studies, the amount of heavy metals in the lichen thallus is related to the climate, land cover and distance to the pollution source, and these factors affect the distribution and richness of lichen species. Lichens show very good bioindicator properties due to their ability to absorb heavy metals. This bioindicator feature of lichens is important for public health in city planning, creation of industrial zones, determination of polluted areas, detection and determination of atmospheric heavy metal pollution.

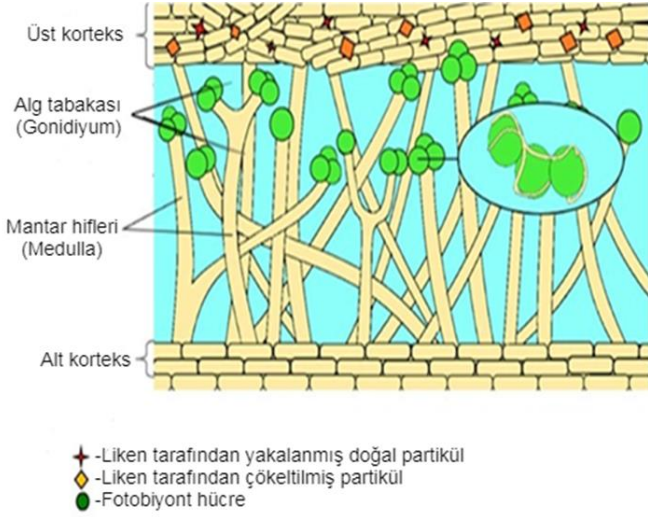
## 1. GİRİŞ

Likenler, mantar (mikobiyont) ve yeşil alg veya siyanobakterilerin (fotobiyont) bir araya gelerek oluşturdukları morfolojik ve fizyolojik birlikteliklerdir (Yıldız ve ark., 2008, 2011, 2018). Likenler su ve çözünmüş mineral besin maddelerini atmosferden yağış, doğrudan gaz değişimi ve kuru parçacık yoluyla tallus yüzeyi ile alırlar (Garty, 2001; Backor ve Fahselt, 2008; Anderson ve ark.,

2022). Mineral maddeler daha sonra liken tallusu içinde veya medulla boşluğunda yer değiştirir (Şekil 1) (Anderson ve ark., 2022). Canlı organizmalar, maruz kalma derecesine ve ağır metalin derişimine bağlı olarak birçok ağır metalin toksisitesinden etkilenmektedir (Garty, 2001). Likenler de diğer canlılar gibi ağır metallerle karşı savunmasızdırlar, ancak ağır metallerin olumsuz etkilerine karşı tolerans gösterirler (Backor ve Fahselt, 2008). Likenlerin ağır metalleri tallus içerisinde nasıl biriktirdiğini ve liken

metabolizmasının bu elementlere karşı nasıl tepki verdiğini bilmek, biyoçeşitliliğin korunması için gereklidir ve biyoizleme süreçlerin anlaşılması için ipucu niteliğindedir (Exposito ve ark., 2020).

Likenler ağır metalleri bünyelerine alabilmelerine ve ağır metallere karşı yüksek bir direnç göstermelerine rağmen, likenlerin tümü ağır metallere karşı toleranslı değildir. Agnan ve ark. (2017) toksik maddelere karşı toleranslarına göre liken türlerinin ayrıntılı listesini hazırlamışlardır (Tablo 1).

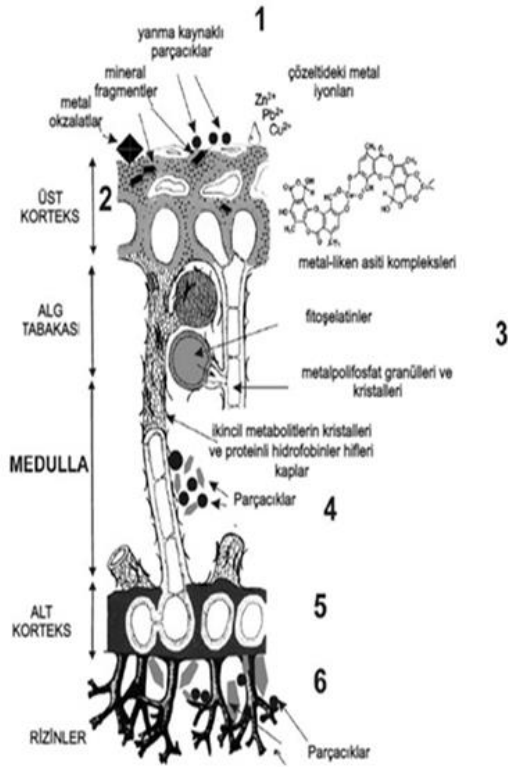


Şekil 1. Heteromerik liken tallusunun enine kesiti (Anderson ve ark., 2022)

Liken tallusunda bulunan ağır metal miktarı, iklim, arazi örtüsü ve kirlilik kaynağına olan uzaklık ile ilişkilidir ve metaller liken türlerinin dağılımını ve zenginliğini büyük ölçüde etkiler (Exposito ve ark., 2020). Likenler yüksek ağır metal derişimine karşı metalleri hücre dışına aktararak zararlı etkisini tolere ederler. Ağır metaller mikobiyont ve fotobiyont hücre duvarlarının hücre dışı bölgelerine bağlanırlar (şelat kompleksi) ve bu durum kirleticilerin hücreye girişini önlemede en önemli tolerans mekanizmalardan birisidir. Ayrıca ağır metallerin organik asitlerle, oksalat kristalleriyle, liken sekonder metabolitlerle, polisakkarit ve melanin pigmentleriyle bağlanması diğer bir bilinen detoksifikasyon mekanizmasıdır (Şekil 2).

Tablo 1. Atmosferik ağır metal kirliliğine karşı dayanıklı, orta dayanıklı ve hassas liken türlerinin listesi (Agnan ve ark., 2017)

Dayanıklı (=toleranslı) Türler	Orta derecede dayanıklı Türler	Duyarlı Türler
<i>Acrocordia gemmata</i>	<i>Amandinea punctata</i>	<i>Caloplaca ferruginea</i>
<i>Arthonia radiata</i>	<i>Buellia disciformis</i>	<i>Evernia prunastri</i>
<i>Calicium salicinum</i>	<i>Chrysothrix candelaris</i>	<i>Hypogymnia physodes</i>
<i>Cladonia fimbriata</i>	<i>Lecanora argentata</i>	<i>Pertusaria coccodes</i>
<i>Dendrographa decolorans</i>	<i>Lecanora barkmaniana</i>	<i>Physcia adscendens</i>
<i>Graphis scripta</i>	<i>Lecanora carpinea</i>	<i>Physconia distorta</i>
<i>Lecanactis subabietina</i>	<i>Lecanora chlorotera</i>	<i>Pleurosticta acetabulum</i>
<i>Lecanora allophana</i>	<i>Lecanora conizaeoides</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>
<i>Lepraria incana</i>	<i>Lecanora expallens</i>	<i>Ramalina farinacea</i>
<i>Melanohalea exasperatula</i>	<i>Lecidella elaeochroma</i>	<i>Usnea</i> sp.
<i>Ochrolechia androgyna</i>	<i>Melanelixia glabratula</i>	
<i>Ochrolechia pallescens</i> subsp. <i>parella</i>	<i>Ochrolechia turneri</i>	
<i>Pertusaria albescens</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	
<i>Pertusaria amara</i>	<i>Parmelina carporrhizans</i>	
<i>Pertusaria leioplaca</i>	<i>Phlyctis argena</i>	
<i>Physcia tenella</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	
<i>Schismatomma cretaceum</i>		



**Şekil 2.** Bir yapraksız likende olası metal alım mekanizmalarının ve metal lokalizasyonunun şematik gösterimi (Honegger, 1997; Sarret ve ark., 1998; Purvis, 2000; Haas ve Purvis, 2006).

Liken tallusundaki hücre içi ve hücre dışı ağır metal derişim oranı likenin türüne ve elemente bağlıdır (Rola, 2020). Şekil 2’te numaralar ile gösterilen mekanizma şu şekildedir;

1-Fosil yakıt yanması ve mineral kaynaklı parçacıklar kuru ve yaş birikim yolu ile hücreler arası boşluklarda birikir. Çözünabilir fazlar yoluyla ağır metal iyonları emilir.

2-Hücre dışında metal oksalat ve metal liken asit- kompleksi oluşur.

3-Ağır metal şelatlayıcı sülfidril gruplarını içeren hücre içi fitoşelatın peptitleri, fotobiyontların ağır metal toksisitesinden korunmasına yardımcı olur.

4-Fosil yakıt yanması ve mineral kaynaklı parçacıklar mantar hiflerinin hücreler arası boşluklarında tutulur ve hidrofobik mikrobiyonttan türetilen sekonder metabolitlerle kaplanmış medulladaki hiflere bağlanır. Parçacıklar ayrıca ağır metal içeren çözeltilerin hücre içi penetrasyonundan tallusu koruyan su itici proteinler olan "hidrofobinler" ile kaplanır.

5-Bu kısımda 2.maddedeki gibi ağır metalleri bağlayabilen, kortikal hücreler tarafından salgılanan hücre dışı hidrofobik β-glukanları içeren alt korteks ve ağır metalleri emebilen melaninler sıklıkla mevcuttur.

6-Ağır metal parçacıkları (mineral veya yanma kaynaklı) yüzey akışı yoluyla rizinler tarafından tutularak hücre

duvarının içine ve hücre dışındaki melanize bölgelerde emilir (Purvis ve Pawlik-Skowronska, 2008).

## 1.1. Ağır Metaller

Burtis ve Ashwood (2002)’a göre ağır metaller, düşük miktarları bile bitki ve hayvanlar için zehir etkisine sahip, yoğunluğu  $4,5 \text{ g/cm}^3$ ’ten yüksek olan metallerdir. Ağır metaller ekosistemde kalıcıdır ve canlı organizmalarda birikmektedir (Yavuz, 2010). Hatta düşük yoğunlukta ve kısa süre içinde maruz kalınan ağır metal miktarları canlılarda zararlı etkiye sahip olabilir. Biyoizleme araştırmalarında Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V ve Zn takibi yapılan başlıca ağır metallerdir (Aras ve ark., 2008; Garty, 2001).

### 1.1.1. Doğadaki ağır metal kaynakları

**Doğal kaynaklar:** Doğadaki ağır metallerin başlıca kaynağı, Dünya yüzeyinde çözünmüş ve aşınmış toprak malzemesi veya volkanik aktivite ile Dünya atmosferine verilen malzemedir. Bu iki kaynak, tüm doğal kaynakların %80’ini oluşturmaktadır; orman yangınları ve biyojenik kaynaklar ise geriye kalan %20’lik kısmı oluşturmaktadır (Hoodaji ve ark., 2012).

**Antropojenik kaynaklar:** Genellikle ağır metaller çevreye insan kaynaklı olarak üç yoldan katılırlar;

1. Atmosferik partikül birikimi (örneğin demir-çelik fabrikaları, madencilik, eritme, fosil yakıt, belediyelerin atık yakma faaliyetleri, çimento üretimi ve fosfat madenciliği vb.)
2. Ağır metalle zenginleştirilmiş kanalizasyon çamuru ve kanalizasyon atıklarının, ticari gübreler ve pestisitlerin ve hayvansal atıkların özellikle karasal ve sulcul ortama atılması
3. Metal madenciliği işlemlerinden oluşan yan ürünler (Hoodaji ve ark., 2012)

## 1.2 Likenlerde Ağır Metal Alımının Bağlı Olduğu Faktörler

Likenlerin yapısındaki ağır metal içeriği atmosfer kaynaklıdır, fakat substrat kaynaklı ağır metal parçacıkları da alınmaktadır. Likenlerin üzerinde geliştiği metal içerikli kayalar ve topraklar, likenin ağır metal içeriğinin belirlenmesinde göz ardı edilmemelidir. Ağır metal parçacıkları tallus yüzeyinde veya hücreler arası odacıklarda uzun süre kalabilirler. Likenler metabolik ihtiyaçlarından fazla miktarlarda ağır metal biriktiren, hücre dışı kristaller (kalsiyum oksalat kristali) veya liken asitleri (parietin) ile kompleks oluşturup ağır metallere karşı tolerans mekanizması geliştirirler. Yakalanan ve hücreye hapsedilen parçacıkların toksisitesi, ağır metallerin miktarına, kimyasal formuna, farklı pH ve sıcaklıktaki çözünürlüğü gibi parametrelere bağlıdır. Likenlerdeki ağır metal birikim süreci sabit olmayıp ağır metal çözeltilisine bırakılan likenlerde, ağır metal iyonlarının birkaç saatlik zaman zarfında tallusun içinde biriktiği gözlemlenmiştir. Liken transplantasyon deneylerinde likenler bir kaç aylık süre içerisinde atmosfer kaynaklı ağır metal değişikliklerine tepki göstermişlerdir. Çoğu ağır metalin liken tallusunda birikme süresi 2 ile 5 yılı bulmaktadır (Çobanoğlu, 2015).

Farklı liken türlerinin talluslarındaki ağır metal derişimi çeşitlilik göstermiştir. *Flavoparmelia baltimorensis* (Gyeln. & Fóriss) Hale ve *Xanthoparmelia conspersa* (Ach.) Hale gibi yapraksı likenlerdeki ağır metal miktarı, dalsı liken *Cladonia subtenuis* (Abbayes) A. Evans 'dan daha çok çıkmıştır. Likenlerdeki tallus yüzeyi (müsilaj, siller, delikler ve isitler gibi ağır metal parçacıklarının yakalanmasını etkilemektedir. Örneğin *Usnea* ve *Alectoria*'nın *Umbilicaria*'dan daha fazla parçacık yakalama özelliği dikkat çekmiştir (Çobanoğlu, 2015).

### 1.3 Ağır Metal Alım Mekanizmaları

Likenlerde üç temel ağır metal alım mekanizması olduğu bilinmektedir:

1. İyon değişimi işlemi yoluyla hücre dışı ağır metal alımı (hücre dışı iyon değişimi)
2. Ağır metal açısından zengin parçacıkların yakalanması (metal parçacığı yakalama)
3. Hücre içi ağır metal alımı (Richardson, 1995)

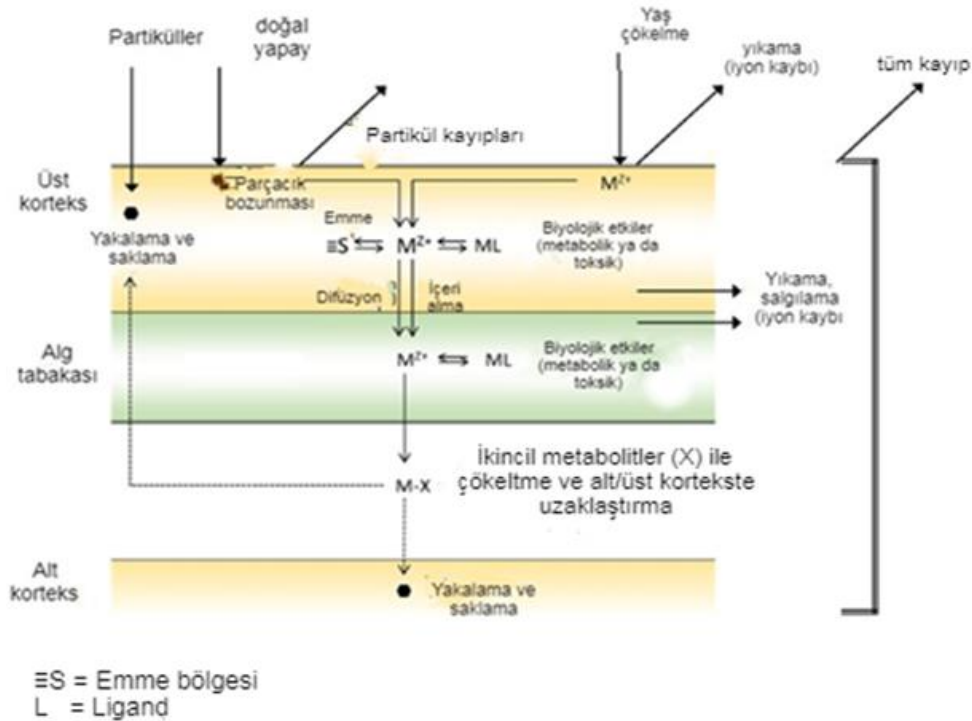
#### 1.3.1 Hücre dışı iyon değişimi

Likenlerin çözünür ağır metal iyonlarını iyon değişimi yoluyla biriktirdiği bilinmektedir. Bu iyon değişim işlemi şöyledir; alınan ağır metal iyonu hidrojen iyonlarıyla yer değiştirir veya hücre duvarının üzerinde ya da içindeki bağlanma bölgesinde diğer daha zayıf ağır metal iyonlarıyla yer değiştirir (Richardson, 1995).

Hücre dışı kaynaklı ağır metal birikimi çoğunlukla korteks veya medulla içinde gerçekleşir. Hücre dışı ağır metal alımı, likenin hücre duvarındaki kation değişim bölgelerinde hidroksil, karboksil, fosfat, amin veya sülfhidril fonksiyonel grupları gibi (Şekil 3'te  $\equiv S$  olarak belirtilmiştir) kompleks oluşturma yoluyla gerçekleşmektedir. Ağır metaller ligand olarak (ligand=moleküle bağlanarak kompleks oluşturan bileşik, Şekil 3'te L olarak belirtilmiştir) görev yapan hücre dışı sekonder metabolitlere kimyasal olarak bağlanabilir veya oksalat kristalleri olarak çökeltilir. Bu emme mekanizması genellikle fiziko-kimyasal bir işlemdir. Büyük ölçüde hücre duvarı yüzeylerine, çözeltinin pH'ına (duvar yüzeyine etki eden) ve metallerin türüne (aynı zamanda pH'dan da etkilenir) bağlıdır (Anderson ve ark., 2022).

#### 1.3.2 Ağır metal parçacığı yakalama

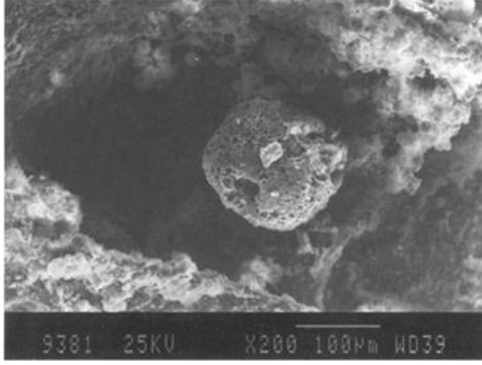
Birçok çalışma likenlerin atmosferik ağır metal parçacıkları yakalama ve ortamdaki ağır metali biriktirme yeteneklerinin olduğunu göstermiştir. Ağır metallerin tam olarak nerede biriktiği ve bunun nasıl meydana geldiği araştırma konusudur ve araştırmalar halen devam etmektedir. Genel olarak ağır metal parçacıklarının likenlerin medulla bölgesindeki hiflerde biriktiği kabul edilmiştir. Peki bu parçacıklar hiflere kadar nasıl ulaşmaktadır? Elektron mikroskobu çalışmaları, bazı likenlerin üst korteks yüzeyinde gözenek ve deliklerin var olduğunu göstermiştir.



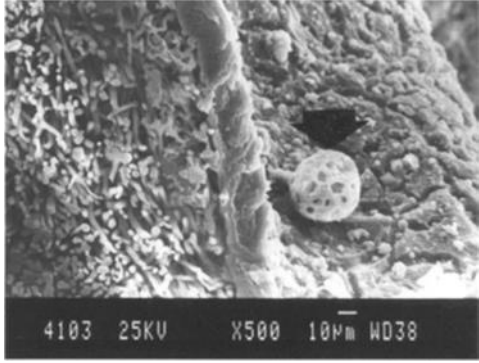
Şekil 3. Hücre dışı ağır metal parçacık alımı (Anderson ve ark., 2022).



Ancak diğerlerinin, muhtemelen likenin ve izolikeninler gibi polimerler tarafından oldukça iyi kapatılmış bir üst kortekse sahip olduğu görülmüştür (Richardson, 1995).



(a)



(b)

**Şekil 4.** a- *Ramalina lacerata* Müll.Arg.'nın tallus yüzeyinde tespit edilen yakıt yanması kaynaklı ağır metal parçacığı a-100 µm, b- 10 µm (ok işaretli) (Wolterbeek ve ark., 2003).

### 1.3.3. Hücre içi ağır metal alımı

Likenlerde ağır metallerin hücre içi alımı özellikle Cd iyonları açısından Brown ve Beckett (1984) tarafından kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. *Peltigera membranacea* (Ach.) Nyl.'deki hücre içi Cd alımı, diğer organizmalardaki transmembran taşıma sistemlerinin çalışma mekanizmasına benzemekte ve muhtemelen enerji kullanımını gerektirmektedir (Richardson, 1995).

Hücre dışı alım sürecinden farklı olarak, hücre içi bölgelerdeki alım, zamanla artan ve büyük ölçüde yavaş işleyen bir süreçtir. Liken tallusunun 2-5 saat süren CdSO<sub>4</sub> çözeltisine maruz bırakılmasının ardından, hücre içi Cd alımını *Peltigera*'daki toplam alımının %10'undan az olduğu bulunmuştur. *Ramalina*'da Cu için oran % 6 dır (Çobanoğlu, 2015; Garty, 2001).

Hücre içi ağır metal alımının ışık ile arttığı ve liken metabolizmasıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Karanlıkta ise hücre içi Cd alımının hızlı biçimde azaldığı bilinmektedir. Canlı veya ısıl işlem görek öldürülmüş liken talluslarında

ağır metal alışverişi liken türlerine göre değişiklik gösterir. *Peltigera horizontalis* (Huds.) Baumg., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. ve *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. 'nın ölü talluslarının, canlı talluslardan daha fazla Pb<sup>2+</sup> aldığı tespit edilmiştir (Çobanoğlu, 2015; Garty, 2001).

## 1.4 Ağır Metaller ve Liken Tallusu Arasındaki İlişkiler

### 1.4.1 Tallusun yaşına göre metal birikimi

Liken tallusunun bölümleri ile yapılan çalışmalar tallusun merkezi bölümlerinin çevresel bölümlerinden daha fazla miktarda ağır metal içerdiğini göstermiştir. *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale 'nın merkez kısmındaki yüksek Cr içeriği, çevresel bölümlere göre ıslak birikim ya da Cr 'un tallusun merkezine doğru hareketi ile açıklanmıştır. Aynı şekilde *Parmelia saxatilis* (L.) Ach. ve *Parmelia sulcata* Taylor'nın Fe, Pb, Zn, Mn, Al, Cu, Se ve Hg içeriği dış bölgelere kıyasla iç bölgelerde nispeten yüksek bulunmuştur (Garty, 2001).

### 1.4.2 Ağır metallerin mikobiyont ve fotobiyontta birikim yerleri

Rizinlerin liken tallusundan ayrılması, ağır metal alımı, birikimi, tallusta bulunduğu yer ve ağır metallerin yer değiştirmesinin araştırılmasına imkan sağlamıştır. *Peltigera* sp.'deki rizin ve damarların koyu rengi ağır metal konsantrasyonu yüksek habitatlardan kaynaklanan yüksek ağır metal içeriğini kanıtlamıştır. *Peltigera* sp. rizinlerinin ağır metal birikim kapasitesi Fe, Mn ve Pb ağır metalleri için maksimum olurken, bu likenlerin fotobiyont kısmı Cu, Ni ve Zn için maksimum birikim kapasitesinde olduğu belirlenmiştir (Çobanoğlu, 2015; Garty, 2001).

### 1.4.3 Ağır metal içeren parçacıkların yakalanmasının görsel kanıtı

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile *Xanthoparmelia chlorochroa* (Tuck.) Hale 'nın rizinlerinin yüzeyine yapışan ağır metal parçacıklarının yapısı incelenmiş ve bu parçacıkların yıkama işlemleri ile temizlenebileceği gösterilmiştir. İncelemede kullanılan yöntemler arasında nicel bilgi sağlayan enerji dağıtıcı X-ışını analizi (EDX) ile birleştirilmiş SEM ve X-ışını floresan (XRF) ile birleştirilmiş SEM bulunur (Çobanoğlu, 2015; Garty, 2001).

### 1.4.4 Havadaki ağır metal parçacıkların liken tallusu tarafından alınmasında morfolojik ve yapısal özelliklerin önemi

Bir likenin içerdiği ağır metal miktarı likenin türüne, morfolojik ve yapısal özelliklerine bağlıdır. Aynı lokasyonda bulunan farklı liken türleri, farklı miktarlarda ağır metal içerir. Örneğin yapraksız likenler *F.lavoparmelia baltimorensis* ve *X.anthoparmelia conspersa*, frutikoz liken *C.ladonia subtenuis*'en, *Hypogymnia enteromorpha* (Ach.) Nyl. *Usnea* türlerinden, *Punctelia rudecta* (Ach.) Krog ve *Parmelia. sulcata*, frutikoz liken *Anaptychia ciliaris* (L.) Körb.'ten daha fazla miktarda ağır metal içerdiği belirlenmiştir (Garty, 2001).

İnce ve yassı tallus, likenin kuru ağırlığına yüksek bir yüzey alanı sağlar. Buna göre *Rhizoplaca melanophthalma* (DC.) Leuckert için elde edilen düşük ağır metal değerleri, kalın tallusunun bir sonucu olarak yüzey/hacim oranının düşük olmasıyla alakalı bulunmuştur.

Liken tallusunun siller, çukurlar ve isitler gibi yüzey özellikleri parçacık tutulması üzerinde son derece önemli role sahiptir. Bu nedenle, *Usnea* veya *Alectoria* gibi ince iplikli frutikoz tallusların, geniş yüzeyli bir tallusa sahip *Umbilicaria*'dan daha büyük bir parçacık madde afinitesine sahip olduğu varsayılmıştır. Pürüzlü, çukurlu, yapışkan veya tomentoz bir yüzey, pürüzsüz bir yüzeye kıyasla parçacıkların tutulmasına yardımcı olur. Jelatinli bir yüzey, partikül maddeyi yakalama kabiliyetini daha da artırır. Yapraksı liken *Parmelia* sp.'deki K, Fe, B, Zn, Al, Si, P, Ca, Mg, Na ve Sr miktarlarının frutikoz liken *Usnea* sp.'daki miktarlarından yüksek olduğu tespitine dayanarak, yapraksı likenlerdeki ağır metal alınımının büyük ölçüde atmosferik kuru birikime bağlı olduğu düşünülmüştür (Garty, 2001).

#### 1.4.5 Ağır metal kirliliği ve liken canlılığının fizyolojik parametreleri

Çevre kirliliğinin liken canlılığı üzerindeki etkisini test etmek için farklı deneysel işlemler uygulanmıştır. Fotobiyont ve mikobiyont hücrelerini çevreleyen plazma zarının bütünlüğünü kontrol etmek için bir parça liken tallusu kesilerek distile suya birkaç dakika batırılmıştır. Liken tallusunun artan derişimlerde Cu, Hg ve Ag ağır metallerine maruz kalması kademeli bir K<sup>+</sup> kaybına neden olurken, Ni, Co, Cd ve Pb ağır metallerinde ise belirli bir derişimde önemli ölçüde K<sup>+</sup> artışına neden olduğu gözlenmiştir (Garty, 2001). Ağır metal içeren çözeltilere maruz kalan likenlerin klorofil absorpsiyon spektrumunda önemli bir değişiklik meydana gelmiştir. Değişiklikler, spesifik iyona ve maruz kalma süresine bağlıdır. Arazi koşulları altında, kimyasal kirliliğe maruz kalan likenlerdeki klorofil bozulmasının, birçok durumda tallusta bulunan yüksek miktarlarda ağır metal ve diğer elementlerle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Garty, 2001).

Likenlerde tespit edilen ağır metale bağlı hasarın derecesi, ağır metal konsantrasyonunun açık bir göstergesi olarak yorumlanamaz. Yine de, gözle görülür bozunma belirtileri, belirli eşik seviyelerini aşan derişimlerde zararlı elementlerin varlığını göstermiştir. Örneğin otoyoldan 15 m uzaklıkta toplanan *Evernia prunastri* (L.) Ach., *H. physodes* ve *F. caperata* numuneleri fotosentezde önemli net bir düşüş göstermiştir. Zn, Cd ve Cu birikiminin siyanobakteriyel ve yeşil alg fotobiyontu içeren likenlerde düşük derişimlerde fotosentezi engellediği gösterilmiştir (Garty, 2001).

Etilen bitki büyümesini düzenleyen hidrokarbon kökenli bir gazdır. Etilen normal koşullarda az miktarda üretilir, ancak canlı dokular farklı stres faktörlerine maruz kaldıkça etilen miktarı artar. Etilen salınımının ağır metallere, örneğin Hg buharına, Cu<sup>2+</sup>'ye maruz kaldıktan sonra arttığı görülmüştür. Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cd<sup>2+</sup> ve Zn<sup>2+</sup> belirli ağır metaller, 1-aminosiklopropan-1-karboksilik asidin (ACC) etilene dönüştürülmesinde kofaktörler olarak görev yapmıştır. Çoğu durumda etilen salınımının, mikobiyont veya fotobiyont hücrelerinin maruz kaldığı hasardan kaynaklandığı varsayılmıştır. Farklı liken türleri önemli ölçüde farklı

miktarlarda etilen üretebilirler. Artan etilen üretimine yol açan stres faktörleri arasında taşıt ve endüstriyel kirliliğin olduğu belirtilmiştir (Garty, 2001).

## 2. SONUÇ

Dünya yüzeyinde çözülmüş ve aşınmış toprak malzemesi, volkanik faaliyetler, orman yangınları, biyogenik kaynaklar, sanayi faaliyetleri (demir-çelik fabrikaları, eritme, çimento üretimi, metal madenciligi, baca gazları, fosil yakıt kullanımı vb.), belediyelerin atık yakma işlemleri, motorlu taşıt kullanımı, kanalizasyon atıkları, ticari gübreler/pestisitler ve hayvansal atıklar yoluyla atmosferde artan ağır metal miktarı ekosistemdeki tüm canlıları olduğu gibi likenleri de olumsuz etkilemektedir. Likenler tamamında olmasa da genel olarak ağır metallere karşı gösterdikleri tolerans ve tepki ile yaşam mücadelesine devam etmektedirler. Likenlerin talluslarında ağır metal biriktirebilmek için hücre içi ve hücre dışı metal alım mekanizmaları geliştirdikleri anlaşılmaktadır. Liken tallusundaki ağır metal miktarı iklim, arazi, substrat, kirlilik kaynağına olan uzaklık, liken türünün yapısı gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir.

## 3. KAYNAKLAR

- Agan, Y., Probst A., Séjalon-Delmas, N. (2017) Evaluation of lichen species resistance to atmospheric metal pollution by coupling diversity and bioaccumulation approaches: a new bioindication scale for French forested areas. *Ecol Indic*, 72, 99–110.
- Anderson, J., Levesque, N., Caron, F., Beckett, P., Spiers, G.A. (2022). A review on the use of lichens as a biomonitoring tool for environmental radioactivity. *Journal of Environmental Radioactivity*, 243, 106797.
- Aras, S., Beyaztaş, T., Cansaran-Duman, D. (2008). Likenlerde ağır metal birikiminin dna üzerindeki etkileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 1 (2), 37-43.
- Backor, M., Fahselt, D. (2008). Lichen photobionts and metal toxicity. *Symbiosis*, 46, 1-10.
- Brown, D.H., Beckett, R.P. (1984). Uptake and effect of cations on lichen metabolism. *Lichenologist*, 16(2), 173-188.
- Burtis, C. A., Ashwood, R. E. (2002). *Fundamentals of clinical chemistry*. 5th Edition, 652- 659.
- Çobanoğlu, G. (2015). The use of lichens for biomonitoring of atmospheric pollution. *Sigma J Eng & Nat Sci*, 33 (4), 591-613.
- Exposito, J.R., Barreno, E., Catala, M. (2020). Biological strategies of lichen symbionts to the toxicity of lead (Pb). *Springer Nature Switzerland AG*, 149-170.

- Garty, J. (2001). Biomonitoring atmospheric heavy metals with lichens: theory and application. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 20(4),309-371.
- Haas, J.R., Purvis, O.W. (2006). Lichen Biogeochemistry. *Fungi in Biogeochemical Cycles* (G.M. Gadd, ed.).Cambridge University, Cambridge, 344-376.
- Honegger, R. (1997). Metabolic interactions at the mycobiont-photobiont interface in lichens. In: *The Mycota, Vol 5A, Plant Relationships, Part A.* (G.C. Carroll and P. Tudzynski, eds.).Springer-Verlag, New York, 209-221.
- Hoodaji, M., Atabadi, M., Najafi, P. (2012). Biomonitoring of airborne heavy metal contamination. *Air Pollution – Monitoring, Modelling, Health and Control*, 97-122.
- Purvis, O.W. (2000). Lichens. Life series. Natural History Museum, London, ISBN 0-565-09153-0.
- Purvis, O.W., Pawlik-Skowronska, B. (2008). Lichens and metals. *British Mycological Society Symposia Series*.27,175-200.
- Richardson, D.H.S. (1995). Metal uptake in lichens. *Symbiosis*, 18,119-127.
- Rola, K. (2020). Insight into the pattern of heavy-metal accumulation in lichen thalli. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 61-126512.
- Sarrett, G., Manceau, A., Cuny, D., Van Haluwyn, C., Deruelle, S., Hazemann, J.L., Soldo, Y., Eybert-Berard, L. and Menthonnex, J.J. (1998). Mechanisms of lichen resistance to metallic pollution. *Environmental Science and Technology*, 32, 3325–3330.
- Yavuz, M. (2010). Gölcük Tabiat Parkı liken florası ve Isparta hava kirliliğinin likenlerle derecelendirilmesi. Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Yıldız, A., Aksoy, A., Tuğ, G.N., İşlek, C., Demirezen, D. (2008). Biomonitoring of heavy metals by *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf in Ankara (Turkey). *Journal of Atmospheric Chemistry*, 60, 71-81.
- Yıldız, A., Aksoy, A., Akbulut, G., Demirezen, D., İşlek, C., Altuner, E.M., Duman, F. (2011). Correlation between chlorophyll degradation and the amount of heavy metals found in *Pseudevernia furfuracea* in Kayseri (Turkey). *Ekoloji*, 20, 78, 82-88.
- Yıldız, A., Vardar Ç., Aksoy A., Ünal E. (2018). Biomonitoring of heavy metals deposition with *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf in Çorum city, Turkey. *Journal of Scientific Perspectives*, January, 2(1), 9-22.
- Wolterbeek, H.T., Garty, J., Reis, M.A., Freitas, M.C. (2003). Biomonitoring in use: lichens and metal air pollution. *Bioindicators and biomonitors*, 11, 377-419.



**Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**  
**Institute of Natural and Applied Science Journal**

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

## The Fekete-Szegö Problem for a Certain class of Analytic Functions

Nizami MUSTAFA<sup>1</sup>, Semra KORKMAZ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Kafkas University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Kars, Turkey

<sup>2</sup> Kafkas University, Faculty of Engineering and Architecture Kars, Turkey

(İlk Gönderim / Received: 13. 01. 2023, Kabul / Accepted: 09. 03. 2023, Online Yayın / Published Online: 31. 03. 2023)

**Keywords:**

Coefficient estimates,  
Fekete-Szegö problem,  
Analytic function

**Abstract:** In this study, we introduce and examine a certain subclass of analytic functions in the open unit disk in the complex plane. Here, we give coefficient-bound estimates and investigate the Fekete-Szegö problem for this class. Some interesting special cases of the results obtained here are also discussed.

## Analitik Fonksiyonların Belirli Bir Sınıfı İçin Fekete-Szegö Problemi Üzerine

**Anahtar Kelimeler:**

Katsayı tahminleri,  
Fekete-Szegö problemi,  
Analitik fonksiyon,

**Özet:** Bu çalışmada, kompleks düzlemin açık birim diskinde analitik fonksiyonların belirli bir alt sınıfı tanıtılıyor ve inceleniyor. Sonrasında tanıtılan sınıf için katsayı sınır tahminleri verilir ve Fekete-Szegö problemi incelenir. Ayrıca, bulunan sonuçların bazı ilginç özel durumları tartışılır.

**1. INTRODUCTION**

In the study, we denote by  $A$  the class of all complex-valued functions  $f$  which are analytic in the open unit disk  $\mathfrak{A} = \{t \in \mathbb{C} : |t| < 1\}$  in the complex plane  $\mathbb{C}$  and written in the form

$$f(t) = t + a_2t^2 + \dots + a_nt^n + \dots$$

$$= t + \sum_{n=2}^{\infty} a_nt^n, t \in \mathbb{C}. \tag{1}$$

Then, the family of all univalent functions in  $A$  is denoted by  $S$ . Next, for  $\alpha \in [0,1)$   $S^*(\alpha)$  denotes the starlike function classes of order  $\alpha$  and  $C(\alpha)$  denotes the convex function classes of order  $\alpha$  in  $\mathfrak{A}$ . By definition, we have

$$S^*(\alpha) = \left\{ f \in S : \operatorname{Re} \frac{tf'(t)}{f(t)} > \alpha, t \in \mathfrak{A} \right\} \text{ and}$$

$$C(\alpha) = \left\{ f \in S : \operatorname{Re} \left( 1 + \frac{tf''(t)}{f'(t)} \right) > \alpha, t \in \mathfrak{A} \right\}.$$

Moreover, considering  $f$  and  $g$  analytic functions in  $\mathfrak{A}$ , we say  $f$  is subordinate to  $g$  and denote that condition by  $f(t) \prec g(t)$  when an analytic function  $\omega$  can be found such that it satisfies the conditions

$$\omega(0) = 0, |\omega(t)| < 1 \text{ and } f(t) = g(\omega(t)).$$

It can be clearly admitted by the researchers that one of the crucial subjects of the geometric function theory is the coefficient problem. Many different and interesting subclasses of analytic functions have been defined and investigated by many researchers and some estimates on the first two coefficients for the functions of these classes have been found by them (see [Brannan and Clunie, 1980; Brannan and Taha, 1986; Lewin, 1967; Netanyahu, 1969; Srivastava and et al., 2010; Zaprawa, 2014]).

It is also well known that the functional  $\Delta_2(1) = a_3 - a_2^2$ , which is known as the Fekete-Szegö functional and one usually considers the further generalized functional  $\Delta_2(1) = a_3 - \mu a_2^2$ , where  $\mu$  is a complex or real number (see Fekete and Szegö, 1983), is the crucial tool in analytic functions theory. In this theory, the Fekete-Szegö problem is to estimate the upper bound of  $|a_3 - \mu a_2^2|$  and many researchers have investigated this problem for different subclasses of analytic functions (see Mustafa 2017; Mustafa and Gündüz, 2019; Zaprawa, 2014). Very recently, the Fekete-Szegö problem for the subclass of bi-univalent functions with a shell-shaped region was studied by Mustafa and Murugusundaramoorthy in (Mustafa and

Murugusundaramoorthy, 2014) and associated with a nephroid domain in (Srivastava and et al., 2022). Also, the Fekete-Szegő problem is investigated for subclasses of bi-univalent functions with respect to the symmetric points defined by Bernoulli polynomials in (Buyankara and et al., 2022), for bi-univalent functions related to the Legendre polynomials in (Cheng and et al., 2022), for m-fold symmetric bi-univalent functions in (Oros and Cotîrlă, 2022).

**2. MATERIAL AND METHOD**

Now, we define some new subclasses of analytic and univalent functions as follows.

**Definition 2.1.** We will say a function  $f \in S$  is in the class  $C(\varphi)$  if it satisfies

$$1 + \frac{tf''(t)}{f'(t)} \prec \varphi(t), t \in \mathfrak{A}.$$

In Definition 2.1,  $\varphi(t) = t + \sqrt{1+t^2}$  and the branch of the square root is chosen with the initial value  $\varphi(0) = 1$ . It can be clearly seen that by  $\varphi(t) = t + \sqrt{1+t^2}$ , the unit disc  $\mathfrak{A}$  is mapped onto a shell-shaped region on the right half plane and  $\varphi$  is univalent and analytic in  $\mathfrak{A}$ . For the real axis, the range of  $\varphi$  is symmetric and  $\varphi$  has a positive real part in  $\mathfrak{A}$  such that  $\varphi(0) = \varphi'(0) = 1$ . Furthermore, for point  $\varphi(0) = 1$ ,  $\varphi$  has a star-like domain.

Let,  $\mathbf{P}$  be the set of the functions  $r(t)$  analytic in  $\mathfrak{A}$  and satisfying  $\operatorname{Re}(r(t)) > 0, t \in \mathfrak{A}$  and  $r(0) = 1$  with power series

$$r(t) = 1 + r_1t + r_2t^2 + r_3t^3 + \dots + r_nt^n + \dots$$

$$= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} r_nt^n, t \in \mathfrak{A}.$$

We will need the lemmas below (see Duren, 1983; Grenander, 1958) for the functions with the positive real part so that we can show our main results.

**Lemma 2.2.** Let  $r \in \mathbf{P}$ , then  $|r_n| \leq 2$  for  $n = 1, 2, 3, \dots$  and

$$\left| r_2 - \frac{\lambda}{2} r_1^2 \right| \leq 2 \cdot \max \{1, |\lambda - 1|\}$$

$$= 2 \cdot \begin{cases} 1 & \text{if } \lambda \in [0, 2], \\ |\lambda - 1| & \text{elsewhere.} \end{cases}$$

**Lemma 2.3.** Let  $r \in P$ , then  $|r_n| \leq 2$  for  $n=1, 2, 3, \dots$  and

$$r_2 = \frac{r_1^2}{2} + \frac{4-r_1^2}{2}x,$$

$$r_3 = \frac{r_1^3}{4} + \frac{(4-r_1^2)r_1}{2}x - \frac{(4-r_1^2)r_1}{2}x^2 + \frac{4-r_1^2}{2}(1-|x|^2)z$$

for some  $x$  and  $z$  with  $|x| < 1$  and  $|z| < 1$ .

**Lemma 2.4.** Let  $r \in P$ ,  $b \in [0, 1]$  and  $b(2b-1) \leq d \leq b$ . Then,

$$|r_3 - 2br_1r_2 + dr_1^3| \leq 2.$$

**Remark 2.5.** As can be seen from the serial expansion the function  $\varphi$  given in Definition 2.1, belongs to the class  $P$ .

In this paper, we give coefficient-bound estimates and solve the Fekete-Szegö problem for the class  $C(\varphi)$ .

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

In this section, firstly we present the below theorem on the coefficient bound estimates for the class  $C(\varphi)$ .

**Theorem 3.1.** Let the function  $f$  given by (1) be in the class  $C(\varphi)$ . Then,

$$|a_2| \leq \frac{1}{2}, \quad |a_3| \leq \frac{1}{4} \quad \text{and} \quad |a_4| \leq \frac{5}{24}.$$

**Proof.** Let  $f \in C(\varphi)$ . Then, according to Definition 2.1 there is an analytic function  $\omega: \mathfrak{A} \rightarrow \mathfrak{A}$  with  $\omega(0) = 0$  and  $|\omega(t)| < 1$  satisfying the following condition

$$1 + \frac{tf''(t)}{f'(t)} = \omega(t) + \sqrt{1 + \omega^2(t)}, \quad t \in \mathfrak{A}. \quad (3)$$

Let us define the function  $r \in P$  as follows

$$r(t) = \frac{1 + \omega(t)}{1 - \omega(t)}$$

$$= 1 + r_1t + r_2t^2 + r_3t^3 + \dots + r_nt^n + \dots.$$

$$= 1 + \sum_{n=1}^{\infty} r_nt^n, \quad t \in \mathfrak{A}.$$

It follows from that

$$\omega(t) = \frac{r(t) - 1}{r(t) + 1}$$

$$= \frac{1}{2} \left[ r_1t + \left( r_2 - \frac{r_1^2}{2} \right) t^2 + \left( r_3 - r_1r_2 + \frac{r_1^2}{4} \right) t^3 + \dots \right], \quad (4)$$

$t \in \mathfrak{A}$ .

Changing the formulation of the function  $\omega(t)$  in (3) with the formulation in (4), we get

$$1 + \frac{tf''(t)}{f'(t)}$$

$$= 1 + \frac{r_1}{2}t + \left( \frac{r_2}{2} - \frac{r_1^2}{8} \right) t^2 + \left( \frac{r_3}{2} - \frac{r_1r_2}{4} \right) t^3 + \dots, \quad (5)$$

$t \in \mathfrak{A}$ .

Then, by equalizing the coefficients of the terms of the same degree, are obtained the following equalities for  $a_2, a_3$  and  $a_4$

$$2a_2 = \frac{r_1}{2}, \quad 6a_3 - 4a_2^2 = \frac{r_2}{2} - \frac{r_1^2}{8},$$

$$12a_4 - 18a_2a_3 + 8a_2^3 = \frac{r_3}{2} - \frac{r_1r_2}{4}.$$

From these equalities, we get

$$a_2 = \frac{r_1}{4}, \quad (6)$$

$$a_3 = \frac{2}{3}a_2^2 + \frac{1}{12} \left( r_2 - \frac{r_1^2}{4} \right), \quad (7)$$

$$a_4 = \frac{3}{2}a_2a_3 - \frac{2}{3}a_2^3 + \frac{1}{24} \left( r_3 - \frac{r_1r_2}{2} \right). \quad (8)$$

By applying the Lemma 2.2, from the equality (6), we obtain immediately the first result of the theorem.

Firstly using the Lemma 2.3 and then applying triangle inequality and Lemma 2.2 to the equality (7), we get

$$|a_3| \leq \frac{1}{16} \tau^2 + \frac{4-\tau^2}{24} \xi, \quad \xi \in (0,1)$$

with  $\tau = |r_1|$ ,  $\xi = |x| < 1$ . From this, we can easily write

$$|a_3| \leq \frac{1}{16} \tau^2 + \frac{4-\tau^2}{24}, \quad \tau \in [0, 2];$$

so,

$$|a_3| \leq \frac{\tau^2}{48} + \frac{1}{6}, \quad \tau \in [0, 2].$$

By maximizing the right-hand side of the last inequality for the variable  $\tau$ , we reach the second result of the theorem.

Now, let's find an upper bound estimate for the coefficient  $a_4$ . From the equalities (6)-(8), we get

$$a_4 = \frac{r_1}{32} \left( r_2 - \frac{r_1^2}{4} \right) + \frac{1}{24} \left( r_3 - \frac{r_1 r_2}{2} + \frac{r_1^3}{8} \right);$$

that is,

$$a_4 = \frac{r_1}{32} \left( r_2 - \frac{\lambda}{2} r_1^2 \right) + \frac{1}{24} (r_3 - 2b r_1 r_2 + d r_1^3),$$

with  $\lambda = \frac{1}{2}$ ,  $b = \frac{1}{4}$  and  $d = \frac{1}{8}$ .

Applying triangle equality to the last equality, we find

$$|a_4| \leq \frac{|r_1|}{32} \left| r_2 - \frac{\lambda}{2} r_1^2 \right| + \frac{1}{24} |r_3 - 2b r_1 r_2 + d r_1^3|. \quad (9)$$

Since  $\lambda = \frac{1}{2} \in [0, 2]$ ,  $b = \frac{1}{4} \in [0, 1]$ ,  $d = \frac{1}{8}$  and  $b(2b-1) \leq d \leq b$ , then according to Lemma 2.2 and Lemma 2.4, we write the following inequalities

$$\left| r_2 - \frac{\lambda}{2} r_1^2 \right| \leq 2 \text{ and } |r_3 - 2b r_1 r_2 + d r_1^3| \leq 2,$$

respectively. Considering these inequalities, from the inequality (9), we reach the desired estimate for the upper bound of  $|a_4|$ .

That is, the proof of Theorem 3.1 is done.

Now, we give the following theorem on the Fekete-Szegö problem for the class  $C(\varphi)$ .

**Theorem 3.2.** Assume that  $f$  given by (1) is in the class  $C(\varphi)$  and  $\mu \in \mathbb{C}$ . Then,

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{1}{12} \cdot \begin{cases} 2 & \text{if } |2-3\mu| \leq 1, \\ |2-3\mu|+1 & \text{if } |2-3\mu| > 1. \end{cases}$$

**Proof.** Let  $f \in C(\varphi)$  and  $\mu \in \mathbb{C}$ . Then, from the expressions for the coefficients  $a_2$  and  $a_3$ , we write the following expression for  $a_3 - \mu a_2^2$

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{1}{3} (2-3\mu) a_2^2 + \frac{1}{12} \left( r_2 - \frac{r_1^2}{4} \right).$$

Considering equality (6) and applying Lemma 3.3, we write the following equality

$$a_3 - \mu a_2^2 = \frac{1}{48} \left[ (2-3\mu) r_1^2 + r_1^2 + 2(4-r_1^2)x \right]$$

for some  $x$  with  $|x| < 1$ . From this, using triangle inequality we obtain

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{1}{48} \left\{ [|2-3\mu|+1] \tau^2 + 2(4-\tau^2) \xi \right\},$$

$$\xi \in (0,1)$$

with  $\tau = |r_1|$ ,  $\xi = |x|$ . If we maximize the right-hand side of this inequality for the parameter  $\xi$ , we get

$$|a_3 - \mu a_2^2| \leq \frac{1}{48} \left\{ [|2-3\mu|-1] \tau^2 + 8 \right\}, \quad \tau \in [0, 2].$$

Since the function

$$\theta(\tau) = [|2-3\mu|-1] \tau^2 + 8, \quad \tau \in [0, 2]$$

is a decreasing function if  $|2-3\mu| \leq 1$  and an increasing function if  $|2-3\mu| > 1$ , from the last inequality we arrive at the result of the theorem.

Thus, the proof of the Theorem 3.2 is completed.

In the cases  $\mu = 0$  and  $\mu = 1$  respectively, from Theorem 3.2, we obtain the following results.

#### 4. CONCLUSION

**Corollary 4.1.** Let  $f \in C(\varphi)$ , then  $|a_3| \leq \frac{1}{4}$ .

**Corollary 4.2.** Let  $f \in C(\varphi)$ , then

$$|a_3 - a_2^2| \leq \frac{1}{6}.$$

**Remark 4.3.** The result obtained in the Corollary 4.1 confirms the second inequality obtained in Theorem 3.1.

#### REFERENCES

- Buyankara M., Çağlar M., Cotîrlă L.-I. (2022.) New subclasses of bi-univalent functions with respect to the symmetric points defined by Bernoulli polynomials. *Axioms*. 11(11), 652-660.
- Brannan D.A. and Clunie J. (1980). *Aspects of contemporary complex analysis*. Academic Press, London and New York, USA.
- Brannan D.A. and Taha T.S. (1986). On some classes of bi-univalent functions. *Studia Univ. Babeş-Bolyai Mathematics*, 31, 70-77.
- Cheng Y., Srivastava R., Liu J. L. (2022). Applications of the q-derivative operator to new families of bi-univalent functions related to the Legendre Polynomials. *Axioms*. 11(11), 595-607.
- Duren P.L. (1983). *Univalent Functions*. In: *Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, Band 259*, New-York, Berlin, Heidelberg and Tokyo, Springer- Verlag.
- Grenander U. and Szegö G. (1958). *Toeplitz Form and Their Applications*. California Monographs in Mathematical Sciences, University California Press, Berkeley.
- Fekete M. and Szegö G. (1983). Eine Bemerkung Über Ungerade Schlichte Funktionen. *Journal of the London Mathematical Society*, 8, 85-89.
- Lewin M. (1967). On a coefficient problem for bi-univalent functions. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 18, 63-68.
- Mustafa N. (2017). Fekete- Szegö Problem for Certain Subclass of Analytic and Bi- Univalent Functions. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 4(8), 30-400.
- Mustafa N. and Gündüz M.C. (2019). The Fekete-Szegö Problem for Certain Class of Analytic and Univalent Functions. *Journal of Scientific and Engineering Research*, 6(5), 232-239.
- Mustafa N. and Mrugusundaramoorthy G. (2021) Second Hankel for Mocanu Type Bi-Starlike Functions Related to Shell Shaped Region. *Turkish Journal of Mathematics*, 45, 1270-1286.
- Netanyahu E. (1969.) The minimal distance of the image boundary from the origin and the second coefficient of a univalent function. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 32, 100-112.
- Oros G.I., Cotîrlă L.-I. (2022). Coefficient Estimates and the Fekete–Szegő problem for new classes of m-fold symmetric bi-univalent functions. *Mathematics*, 10, 129-141.
- Srivastava H.M., Mishra A.K. and Gochhayat P. (2010). Certain subclasses of analytic and bi-univalent functions. *Applied Mathematics Letters*, 23, 1188-1192.
- Srivastava H. M., Murugusundaramoorthy G., Bulboacă T. (2022). The second Hankel determinant for subclasses of bi-univalent functions is associated with a nephroid domain. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicasy Naturales. Serie A. Matemáticas*, 116(4), 1-21.
- Zaprawa P. (2014). On the Fekete- Szegö Problem for the Classes of Bi-Univalent Functions. *Bulletin of the Belgian Mathematical Society*, 21, 169-178.





## Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Institute of Natural and Applied Science Journal

Dergi ana sayfası/ Journal home page: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kujs>



E-ISSN: 2587-2389

# Using the Linked List Algorithm to Create a Learning Environment for Online Students

Ramiz Musallam SALAMA <sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Department of Computer Engineering, AI and Robotics Institute, Research Center for AI and IoT, Near East University, Nicosia, Cyprus

(İlk Gönderim / Received: 05. 07. 2022, Kabul / Accepted: 24. 11. 2022, Online Yayın / Published Online: 31. 03. 2023)

### Keywords:

Linked list,  
online learning,  
webpage design

**Abstract:** College and university students have requirements to pass prior income degrees on Thursdays. Their time is equally split between art and responsibilities to their own family. It is crucial that students have the option of taking online courses and reading on their own schedule. At the same time, many public colleges are unable to accommodate all of the college students who want to wait for their classes on campus. This problem is described as one of the methods for learning the Data Structure path. It demonstrates how to use RAM Memory by putting data in it and showing how to use it.. Things also offers a video that explains it in a more understandable way. The number of students enrolling in educational institutions has increased significantly over the coming years, and the institutions providing superior training have indicated a strong preference to provide outstanding online MBA programs. It is unquestionably a website with a video demonstrating one of the intricate methods for quickly storing information in the computer's hard drive. Additionally, this website has a dedicated education page that sets it apart from other educational websites by making it easier to teach students how to solve any issues they might encounter while taking a physical lesson. The website offers advice on how to delete the listing from memory and utilize the pop returned method, pop the front approach, posh returned approach, and posh front approach.

## Bağlantılı Liste Algoritmasını Kullanarak Çevrimiçi Öğrenme Ortamı Tasarlama

### Anahtar Kelimeler:

Bağlantılı liste,  
çevrimiçi öğrenme,  
web sayfası tasarımı

**Özet:** Perşembe günleri, kolej ve üniversite kolej öğrencilerinin geçmiş gelir derecelerini geçme yükümlülükleri vardır. Zamanları benzer şekilde resimler ve kendi akrabalarının yükümlülükleri arasında bölünmüştür. Akademisyenlerin kişisel zaman çizelgelerini okuma ve çevrimiçi eğitime katılma seçeneklerine sahip olmaları hayati önem taşımaktadır. Aynı zamanda, birçok devlet üniversitesi, kampüste eğitimi beklemek isteyen tüm üniversite öğrencilerini barındıramaz. Bu zorluk, Veri Yapısı olarak adlandırılan rotayı incelemek için stratejilerden biri olarak tanımlanır. İçinde saklanan bilgileri kullanarak Ram Belleğin nasıl kullanılacağını öğretir. Ayrıca, öğrenmesi daha basit bir şekilde açıklamak için bir videosu da var, Önümüzdeki birkaç yıl içinde, eğitim kurumlarına kaydolan çok çeşitli akademisyenler katlanarak hızlandı ve daha iyi eğitim sunan kuruluşlar, inanılmaz çevrimiçi MBA programları sunmak için sağlam bir seçim olduğunu ifade ettiler. Bu kesinlikle, bilgisayarın garajında zahmetsizce bilgi depolamanın karmaşık stratejilerinden birini açıklayan bir video taşıyan bir internet sitesidir ve bu web sayfasının eğitim için özel bir web sayfası vardır, bu da onu tüm farklı öğretim web sitelerinden ayırır. Bu web sayfası, beden dersinde eğitim alırken aynı zamanda öğrencilerin karşılaşacağı sorunları gidermenin yolunu öğretmeyi kolaylaştırmaktadır. İnternet sitesi, pop döndürülen yaklaşımın, pop front yaklaşımının, posh döndürülen yaklaşımın, posh front yaklaşımının ve listenin bellekten silinmesinin nasıl kullanılacağını önermektedir.

## 1. INTRODUCTION

Implementation of a Linked List Through the creation of videos that explain one of the methods used in the course, "Online Learning" is a website that teaches one of the most crucial courses of data engineering, "data structure" The design graph on this page demonstrates how the data is stored in this way by different orders, and you can see how the data is cleared in a particular order using various commands (Sundell et al., 2004; Yang et al., 2010).

### 1.1. History

Online learning from modern things has begun to appear in the recent periods and in various forms integrated learning systems (I-L-S), and Instruction (C-M-I) and computer-based instruction (C-B-I), and and computer-assisted learning (CAL), computer-assisted instruction (C-A-I). Drill-and-practice programs, more advanced tutorials, and more personalized training are all described by these phrases. Currently, the word is used to denote a variety of instructional computer programs. Control Data Corporation developed the Plato Learning Management System (PLM) in the 1970s, which was the first networked learning system. The United States used Soft Arc's First-class.

### 1.2. Purpose

A connected List Implementation Website will assist the lecturer perform his work and be able to communicate what he wants to explain to his pupils, and it will help students comprehend the course faster and better than the conventional style of teaching. The website will also have a page with a short description of the project's participants and the university overseeing the site and to make our website more useful, we may add other courses in the same way (Chattha et al., 2018; Verner et al., 2018; Alagumalai et al., 2020; Huang et al., 2021).

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Advantages of LLI-OL

#### 2.1.1. Advantage for the Teacher

It helps the lecturer to explain one part of the data structure course easily and to reach the student to a high degree of understanding.

#### 2.1.2. Keeping the Students from Distorting Understanding

Where it makes him see all the meaning of what the lecturer wants to explain and not leave it to the imaginations that may be error.

#### 2.1.3. Helping Students in Practice

It provides a new way to solve problems by entering data, seeing how outcomes are determined and how the computer handles these data. If the student already has an example and want to test his solution, he can do that through my web site.

### 2.1.4. Reduces Development Costs and Learning

You may totally eliminate the teacher's commute expenditures, networking tutorial site rents, and physically printed Learning notes, with a linked list implementation website. Because your online learners may complete their entire training online, you can save a significant amount of money on your Development and Learning budget, because all of the material that online students would need is provided in the L-M-S, you don't have to arrange a hotel room for your instructor or print 500 tutorial notes or.

### 2.1.5. Keeping Corporations up to Date with Regulations

If your company has to remain on top of current compliance laws, a linked list implementation website might be a lifesaver. Using a corporation, A linked list implementation website, on the other hand, allows you to quickly add new compliance requirements to your online training course. As a result, your corporate learners will always be informed of the most up-to-date compliance standards, allowing your company to avoid costly fines. Furthermore, you have the authority to guarantee that all employees are on the same page when it comes to corporate standards and policies, which improves morale, boosting customer-satisfaction.

### 2.1.6. Reduces Development and Learning time

Because it delivers online students exactly what they seek, directly and in an ordered manner, a linked list implementation website can even shorten online training periods. Rather than sitting through an hour-long training session, online students may just opt to select the online curriculum they want and learn in a fraction of the time taken rather than the traditional way of searching through notes. By this online method, students may even test their knowledge by completing online examinations or tests, or watching E-Learning films that explain difficult procedures or activities.

### 2.1.7. Integrates Social Learning Experiences

Integrating social learning into your eLearning plan is simple with a linked list implementation website. You can include connections to Facebook and Twitter sites, LinkedIn groups, and online forums that may be useful to your learners because the LLI-OL is already online. You may also use social media to promote your eLearning course and build eLearning activities that focus on peer cooperation to attract new students (Dershem et al., 2002; Kolosovskiy 2009; Salmon et al., 2015; Hong et al., 2016).

## 2.2. Advantages of Online Classes

### 2.2.1. Abundance of Courses and Programs

Higher education today provides students with a number of possibilities, ranging from traditional four-year institutions to totally online professional colleges. This implies that students may locate the courses or degree programs they need online for whatever subject they want to pursue, from nursing

to neuroscience. They may also get any academic degree, from a professional certificate to a PhD, online.

### **2.2.2. A Convenient Learning Environment**

Commercials showing online students studying in the pajamas merely scratch the surface of one of the most significant advantages of online education: there are no actual class meetings. Lectures and other materials are provided to students online, who must read them and submit homework. Students will not have to fight traffic, look for parking places, or leave work early to go to class, nor will they miss out on vital family time. Flexibility and convenience. Students who take online classes may schedule their study time around the rest of their day, rather than the other way around. Students may study and work when their energy levels are at their highest, whether it's early in the morning or late at night. There's no need to make special journeys to the library because course materials are constantly available online. All of this makes online learning a viable alternative for students juggling job and family obligations.

### **2.2.3. An Overall Lower Expenditure**

Traditional institutions may be more expensive than online programs. While not all online degrees have lower net tuition costs than traditional universities (link to OEDB article on college expenses I published), related expenditures are nearly always lower. There are no transportation fees, and often there are no needed course materials such as textbooks because they are frequently available online for free. Moreover, many schools and institutions are now accepting credits acquired through free massive open online courses (MOOCs), the most current advancement in online education. These kinds of free online courses can help students meet their general education needs at little or no expense.

### **2.2.4. A Greater Ability to Concentrate and More Interactions**

While there is conflicting research about the percentage of online student involvement vs conventional course attendance, one thing is certain: online courses make it easier for shy or timid students to join in class discussions or chats than face-to-face classes. Some students even claim that because they are not distracted by other students or classroom activities, online courses are easier to focus in.

### **2.2.5. Continuation of Your Profession**

Even if someone wishes to finish a degree program, this does not imply that they wish to quit their existing position. Because of today's high college expenditures, most students must work part-time while attending classes. Students can work while seeking academic qualifications thanks to the previously mentioned flexibility of online degree programs.

### **2.2.6. Career Improvement**

While working, in-between jobs, or raising a family, students may opt to register online courses for the ease of access and even successfully avail their degrees while working, or while establishing a family. This source of education will also prove to be useful in elaborating any discontinuities or gaps in a resume. This kind of a degree might also demonstrate that you are an ambitious person and want to stay updated. It also gives the potential employers an insight into your skills and preparedness for new challenges.

### **2.2.7. Transferring Credits**

Receiving online-classes by an authorized institution and transferring the course credits to their major college/university is a fantastic solution for the students who desire to save time and take a few extra courses during the summer semester. It is particularly useful for those students who reside far from their colleges or for those students who have to work part time jobs while managing time for their lectures. By implementing this, students will have the option to avail college credit, all the while still taking advantage of their summer vacations or working at seasonal employment.

### **2.2.8. Improving Your Set of Skills**

When it comes to attaining knowledge even a simple online course necessitates the acquisition of staying up to date with tech skills because students have to navigate various learning management systems (L-M-S) and tools. Students gain skills that may be used in a variety of conditions, such as adding audio or video assets to a project, preparing and distributing papers and completing online learning sessions.

### **2.2.9. No Need to Commute**

Colleges may postpone courses during snowstorms and thunderstorms; if they don't, you risk being injured while travelling in hazardous circumstances. In such a natural outcome these students which opted for online-courses can conveniently "participate" in chat sessions or lectures while being in the comfort and safety of their own home, these students will be providing their assignments on time, and these students have the convenience of accessing pre-recorded lectures or important notes rather than missing essential class periods. Many students also discover that not having to physically go to their college/university generally, regardless of weather conditions, may save them a significant amount of money on fuel (Tiene et al., 2000; Daymont et al., 2011; Dumford et al., 2018; Davis et al., 2019).

## **3. RESULTS AND DISCUSSION**

### **3.1. Application Components**

#### **3.1.1. Home page**

When you open the linked list implementation website you will find the home page in a comfortable color for your eyes. And I use fireworks to write the name of the project on it. In the home page there are six buttons. Each button opens a new page.

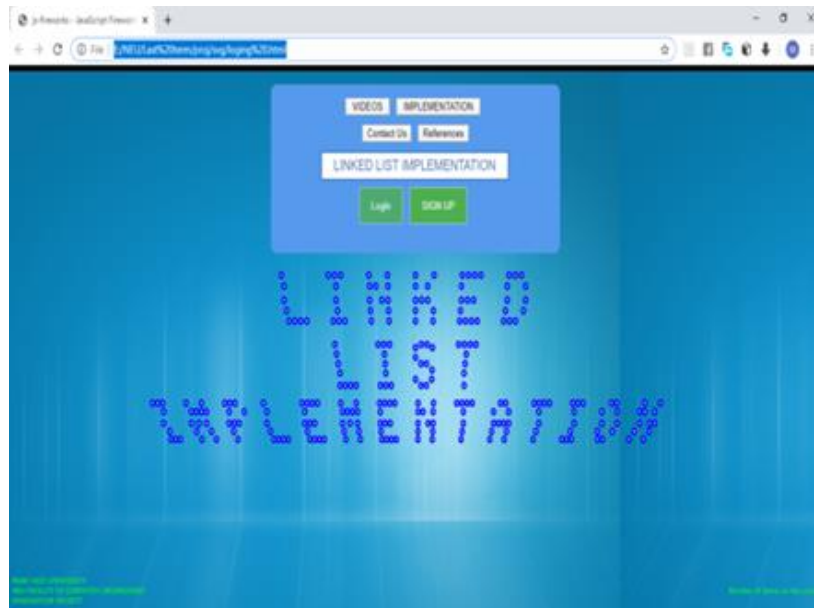


Figure 1. Home page of application component.

```

logging.html - Notepad
File Edit Format View Help
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<style>
body {font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;}

/* Full-width input fields */
input[type=text]{
width: 100%;
padding: 12px 20px;
margin: 8px 0;
display: inline-block;
border: 1px solid #ccc;
box-sizing: border-box;
}
input[type=password] {
width: 100%;
padding: 12px 20px;
margin: 8px 0;
display: inline-block;
border: 1px solid #ccc;
box-sizing: border-box;
}

/* Set a style for all buttons */
button {
background-color: #4CAF50;
color: white;
padding: 14px 20px;
margin: 8px 0;
border: 0.5px solid #ccc;
cursor: pointer;
width: 100%;
}

button:hover {
opacity: 0.8;
}

/* Extra styles for the cancel button */
.cancelbtn {
width: auto;
padding: 10px 18px;
background-color: #f44336;
}
    
```

Figure 2. Code of home page.

### 3.1.2. The implementation page

The implementation page is the main page in my project it shows the five main function in the linked list “push up, push back, pop up, pop back, clear all list”



Figure 3. The implementation page is the main page.

And this is part of the page code



Figure 4. Code of the implementation page.

### i Push back

The first function in the implementation page is “push back” It used to add new element in the back of the list > for example adding #10



Figure 5. Push back.

Push back function code

```

$("#pop_b").click(function () {
// alert(i);
$("#block"+push[push.length-1]).hide(1000, function () {
$("#block"+push[push.length-1]).remove();
list.bob_back();
push.pop();
});
m++;
if(m==h)
{
$("#null").hide();
h=0;
m=0;
}
// i--;
});

```

Figure 6. Push back function code.

### ii Push front

The fourth function in the implementation page is “pop front” It used to delete an element from the beginning of the list > for example delete #20



Figure 7. Push front.

push front function code

```

$("#pop_f").click(function () {
//alert(i);
$("#block"+push[0]).hide(1000, function () {
$("#block"+push[0]).remove();
list.bob_front();
push.shift();
m++;
if(m==h)
{
$("#null").hide();
h=0;
m=0;
}
});
// i--;
});

```

Figure 8. Push front function code.

### iii Clear all list

The last function in the implementation page is “clear all stack” It used to delete all the elements of the list.





Figure 9. Clear all list.

Clear all list Function code

```
$("#clear").click(function(){
    $("#items").html("");
    //$("#page-content").prepend('<div id="items" style="display:block;"></div>');
    //$("#items").show();
    list.deletelist();
    i=0;
    h=0;
    m=0;
    $("#null").hide();
});
```

Figure. 10. Clear all list Function code.

3.1.3. Videos

In the video page we have three videos for explanation linked link with three different languages. "Arabic, English, Turkish"

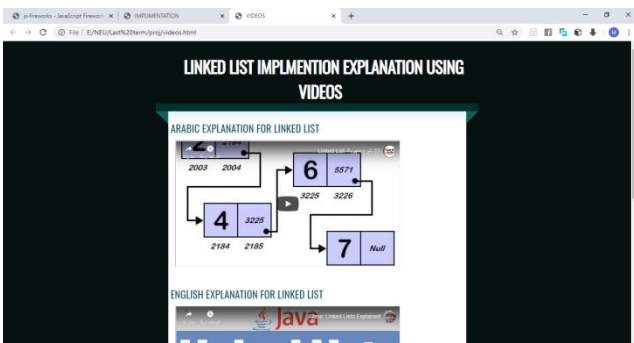


Figure 11. Videos for explanation.

3.1.4. Some links which used to design

References page has some links for the websites which I used to design my site

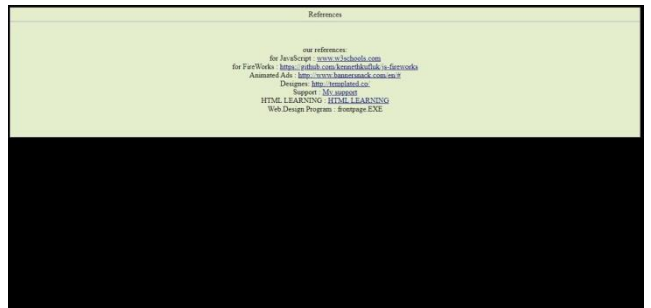


Figure 12. Page has some links for the websites.

Part of page code has some links which used to design



Figure13. Code of the page which has some links used for design.

### 3.1.5. Contact Us

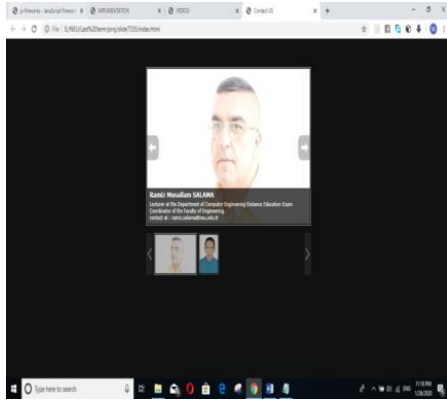


Figure 14. Contact us page.

Part of Contact us page code

```

<div id="contact-us" class="container">
  <div id="video-call" class="video-call">
    <div id="video-call-header" class="video-call-header">
      <div id="video-call-header-left" class="video-call-header-left">
        <div id="video-call-header-left-image" class="video-call-header-left-image">
          <img alt="Profile picture of Fahd Mohamed Salama" data-bbox="225 125 325 185"/>
        </div>
        <div id="video-call-header-left-name" class="video-call-header-left-name">
          Fahd Mohamed Salama
        </div>
        <div id="video-call-header-left-title" class="video-call-header-left-title">
          Lecturer at the Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Mansoura University
        </div>
        <div id="video-call-header-left-email" class="video-call-header-left-email">
          fahd.mohamed@mansoura.edu.eg
        </div>
      </div>
      <div id="video-call-header-right" class="video-call-header-right">
        <div id="video-call-header-right-image" class="video-call-header-right-image">
          <img alt="Profile picture of user" data-bbox="335 125 385 185"/>
        </div>
        <div id="video-call-header-right-name" class="video-call-header-right-name">
          User Name
        </div>
        <div id="video-call-header-right-title" class="video-call-header-right-title">
          User Title
        </div>
        <div id="video-call-header-right-email" class="video-call-header-right-email">
          User Email
        </div>
      </div>
    </div>
    <div id="video-call-body" class="video-call-body">
      <div id="video-call-body-left" class="video-call-body-left">
        <div id="video-call-body-left-image" class="video-call-body-left-image">
          <img alt="Profile picture of Fahd Mohamed Salama" data-bbox="225 195 325 255"/>
        </div>
        <div id="video-call-body-left-name" class="video-call-body-left-name">
          Fahd Mohamed Salama
        </div>
        <div id="video-call-body-left-title" class="video-call-body-left-title">
          Lecturer at the Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Mansoura University
        </div>
        <div id="video-call-body-left-email" class="video-call-body-left-email">
          fahd.mohamed@mansoura.edu.eg
        </div>
      </div>
      <div id="video-call-body-right" class="video-call-body-right">
        <div id="video-call-body-right-image" class="video-call-body-right-image">
          <img alt="Profile picture of user" data-bbox="335 195 385 255"/>
        </div>
        <div id="video-call-body-right-name" class="video-call-body-right-name">
          User Name
        </div>
        <div id="video-call-body-right-title" class="video-call-body-right-title">
          User Title
        </div>
        <div id="video-call-body-right-email" class="video-call-body-right-email">
          User Email
        </div>
      </div>
    </div>
  </div>
  <div id="contact-us-form" class="contact-us-form">
    <div id="contact-us-form-header" class="contact-us-form-header">
      <div id="contact-us-form-header-left" class="contact-us-form-header-left">
        <div id="contact-us-form-header-left-image" class="contact-us-form-header-left-image">
          <img alt="Profile picture of user" data-bbox="335 265 385 325"/>
        </div>
        <div id="contact-us-form-header-left-name" class="contact-us-form-header-left-name">
          User Name
        </div>
        <div id="contact-us-form-header-left-title" class="contact-us-form-header-left-title">
          User Title
        </div>
        <div id="contact-us-form-header-left-email" class="contact-us-form-header-left-email">
          User Email
        </div>
      </div>
      <div id="contact-us-form-header-right" class="contact-us-form-header-right">
        <div id="contact-us-form-header-right-image" class="contact-us-form-header-right-image">
          <img alt="Profile picture of Fahd Mohamed Salama" data-bbox="225 265 325 325"/>
        </div>
        <div id="contact-us-form-header-right-name" class="contact-us-form-header-right-name">
          Fahd Mohamed Salama
        </div>
        <div id="contact-us-form-header-right-title" class="contact-us-form-header-right-title">
          Lecturer at the Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Mansoura University
        </div>
        <div id="contact-us-form-header-right-email" class="contact-us-form-header-right-email">
          fahd.mohamed@mansoura.edu.eg
        </div>
      </div>
    </div>
    <div id="contact-us-form-body" class="contact-us-form-body">
      <div id="contact-us-form-body-left" class="contact-us-form-body-left">
        <div id="contact-us-form-body-left-image" class="contact-us-form-body-left-image">
          <img alt="Profile picture of user" data-bbox="335 335 385 395"/>
        </div>
        <div id="contact-us-form-body-left-name" class="contact-us-form-body-left-name">
          User Name
        </div>
        <div id="contact-us-form-body-left-title" class="contact-us-form-body-left-title">
          User Title
        </div>
        <div id="contact-us-form-body-left-email" class="contact-us-form-body-left-email">
          User Email
        </div>
      </div>
      <div id="contact-us-form-body-right" class="contact-us-form-body-right">
        <div id="contact-us-form-body-right-image" class="contact-us-form-body-right-image">
          <img alt="Profile picture of Fahd Mohamed Salama" data-bbox="225 335 325 395"/>
        </div>
        <div id="contact-us-form-body-right-name" class="contact-us-form-body-right-name">
          Fahd Mohamed Salama
        </div>
        <div id="contact-us-form-body-right-title" class="contact-us-form-body-right-title">
          Lecturer at the Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Mansoura University
        </div>
        <div id="contact-us-form-body-right-email" class="contact-us-form-body-right-email">
          fahd.mohamed@mansoura.edu.eg
        </div>
      </div>
    </div>
  </div>
</div>
  
```

Figure 15. Part of Contact us page code.

### 3.1.6. Login

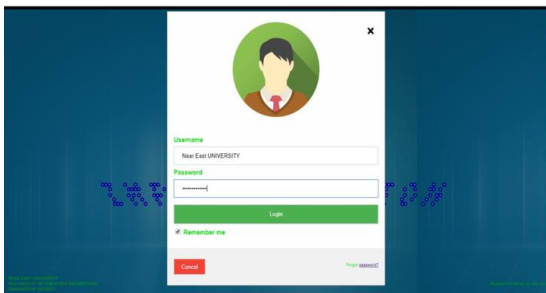


Figure 16. Logging Page.

Part of logging page code

```

<div id="login-modal" class="modal">
  <div id="login-modal-content" class="modal-content">
    <div id="login-modal-content-header" class="login-modal-content-header">
      <div id="login-modal-content-header-left" class="login-modal-content-header-left">
        <div id="login-modal-content-header-left-image" class="login-modal-content-header-left-image">
          <img alt="Avatar" data-bbox="205 515 255 565"/>
        </div>
        <div id="login-modal-content-header-left-name" class="login-modal-content-header-left-name">
          User Name
        </div>
        <div id="login-modal-content-header-left-title" class="login-modal-content-header-left-title">
          User Title
        </div>
        <div id="login-modal-content-header-left-email" class="login-modal-content-header-left-email">
          User Email
        </div>
      </div>
      <div id="login-modal-content-header-right" class="login-modal-content-header-right">
        <div id="login-modal-content-header-right-image" class="login-modal-content-header-right-image">
          <img alt="Avatar" data-bbox="305 515 355 565"/>
        </div>
        <div id="login-modal-content-header-right-name" class="login-modal-content-header-right-name">
          User Name
        </div>
        <div id="login-modal-content-header-right-title" class="login-modal-content-header-right-title">
          User Title
        </div>
        <div id="login-modal-content-header-right-email" class="login-modal-content-header-right-email">
          User Email
        </div>
      </div>
    </div>
    <div id="login-modal-content-body" class="login-modal-content-body">
      <div id="login-modal-content-body-left" class="login-modal-content-body-left">
        <div id="login-modal-content-body-left-image" class="login-modal-content-body-left-image">
          <img alt="Avatar" data-bbox="205 575 255 625"/>
        </div>
        <div id="login-modal-content-body-left-name" class="login-modal-content-body-left-name">
          User Name
        </div>
        <div id="login-modal-content-body-left-title" class="login-modal-content-body-left-title">
          User Title
        </div>
        <div id="login-modal-content-body-left-email" class="login-modal-content-body-left-email">
          User Email
        </div>
      </div>
      <div id="login-modal-content-body-right" class="login-modal-content-body-right">
        <div id="login-modal-content-body-right-image" class="login-modal-content-body-right-image">
          <img alt="Avatar" data-bbox="305 575 355 625"/>
        </div>
        <div id="login-modal-content-body-right-name" class="login-modal-content-body-right-name">
          User Name
        </div>
        <div id="login-modal-content-body-right-title" class="login-modal-content-body-right-title">
          User Title
        </div>
        <div id="login-modal-content-body-right-email" class="login-modal-content-body-right-email">
          User Email
        </div>
      </div>
    </div>
  </div>
  <div id="login-modal-footer" class="login-modal-footer">
    <div id="login-modal-footer-left" class="login-modal-footer-left">
      <div id="login-modal-footer-left-image" class="login-modal-footer-left-image">
        <img alt="Avatar" data-bbox="205 635 255 685"/>
      </div>
      <div id="login-modal-footer-left-name" class="login-modal-footer-left-name">
        User Name
      </div>
      <div id="login-modal-footer-left-title" class="login-modal-footer-left-title">
        User Title
      </div>
      <div id="login-modal-footer-left-email" class="login-modal-footer-left-email">
        User Email
      </div>
    </div>
    <div id="login-modal-footer-right" class="login-modal-footer-right">
      <div id="login-modal-footer-right-image" class="login-modal-footer-right-image">
        <img alt="Avatar" data-bbox="305 635 355 685"/>
      </div>
      <div id="login-modal-footer-right-name" class="login-modal-footer-right-name">
        User Name
      </div>
      <div id="login-modal-footer-right-title" class="login-modal-footer-right-title">
        User Title
      </div>
      <div id="login-modal-footer-right-email" class="login-modal-footer-right-email">
        User Email
      </div>
    </div>
  </div>
</div>
  
```

Figure 17. Logging page code.

### 3.1.7. Sign up

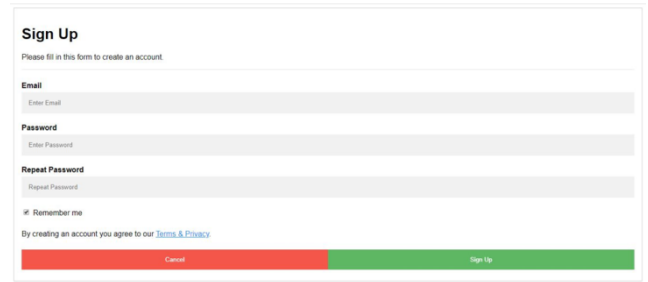


Figure 18. Sign up page.

Part of Sign-up page code

```

<div id="sign-up" class="sign-up">
  <div id="sign-up-header" class="sign-up-header">
    <div id="sign-up-header-left" class="sign-up-header-left">
      <div id="sign-up-header-left-image" class="sign-up-header-left-image">
        <img alt="Avatar" data-bbox="525 125 575 175"/>
      </div>
      <div id="sign-up-header-left-name" class="sign-up-header-left-name">
        User Name
      </div>
      <div id="sign-up-header-left-title" class="sign-up-header-left-title">
        User Title
      </div>
      <div id="sign-up-header-left-email" class="sign-up-header-left-email">
        User Email
      </div>
    </div>
    <div id="sign-up-header-right" class="sign-up-header-right">
      <div id="sign-up-header-right-image" class="sign-up-header-right-image">
        <img alt="Avatar" data-bbox="625 125 675 175"/>
      </div>
      <div id="sign-up-header-right-name" class="sign-up-header-right-name">
        User Name
      </div>
      <div id="sign-up-header-right-title" class="sign-up-header-right-title">
        User Title
      </div>
      <div id="sign-up-header-right-email" class="sign-up-header-right-email">
        User Email
      </div>
    </div>
  </div>
  <div id="sign-up-body" class="sign-up-body">
    <div id="sign-up-body-left" class="sign-up-body-left">
      <div id="sign-up-body-left-image" class="sign-up-body-left-image">
        <img alt="Avatar" data-bbox="525 185 575 235"/>
      </div>
      <div id="sign-up-body-left-name" class="sign-up-body-left-name">
        User Name
      </div>
      <div id="sign-up-body-left-title" class="sign-up-body-left-title">
        User Title
      </div>
      <div id="sign-up-body-left-email" class="sign-up-body-left-email">
        User Email
      </div>
    </div>
    <div id="sign-up-body-right" class="sign-up-body-right">
      <div id="sign-up-body-right-image" class="sign-up-body-right-image">
        <img alt="Avatar" data-bbox="625 185 675 235"/>
      </div>
      <div id="sign-up-body-right-name" class="sign-up-body-right-name">
        User Name
      </div>
      <div id="sign-up-body-right-title" class="sign-up-body-right-title">
        User Title
      </div>
      <div id="sign-up-body-right-email" class="sign-up-body-right-email">
        User Email
      </div>
    </div>
  </div>
  <div id="sign-up-footer" class="sign-up-footer">
    <div id="sign-up-footer-left" class="sign-up-footer-left">
      <div id="sign-up-footer-left-image" class="sign-up-footer-left-image">
        <img alt="Avatar" data-bbox="525 245 575 295"/>
      </div>
      <div id="sign-up-footer-left-name" class="sign-up-footer-left-name">
        User Name
      </div>
      <div id="sign-up-footer-left-title" class="sign-up-footer-left-title">
        User Title
      </div>
      <div id="sign-up-footer-left-email" class="sign-up-footer-left-email">
        User Email
      </div>
    </div>
    <div id="sign-up-footer-right" class="sign-up-footer-right">
      <div id="sign-up-footer-right-image" class="sign-up-footer-right-image">
        <img alt="Avatar" data-bbox="625 245 675 295"/>
      </div>
      <div id="sign-up-footer-right-name" class="sign-up-footer-right-name">
        User Name
      </div>
      <div id="sign-up-footer-right-title" class="sign-up-footer-right-title">
        User Title
      </div>
      <div id="sign-up-footer-right-email" class="sign-up-footer-right-email">
        User Email
      </div>
    </div>
  </div>
</div>
  
```

Figure 19. Sign-up page code.

## 4. CONCLUSION

You are now familiar with LLI-knowledge, OLS, and the tools we used thanks to the report that came before it. This study may be helpful in persuading you to explore a new website for online learning as many students and lecturers may not be familiar with them. In this book, we covered the Teacher and Student characteristics that distinguish LLI-OL from other O-Learning websites. This paper also includes details on several significant online services, such as AWS (Amazon Web Services), which may be used in conjunction with the Python script Easy engine to make the installation of NGINX simple. Finally, this study covers the significance of CMS and the Learn Press plugin.

## 5. REFERENCES

Alagumalai E., Natarajan R. (2020). Internet of things and libraries: An empirical study of selected educational institutions in United Arab Emirates. Library Philosophy and Practice, 1-7. Forbes. Retrieved 13 April 2015. Bersin, Josh.

Chattha S.P., Réhman S.u. and Alandjani G.O. (2018). Role of internet of things (iot) in higher education. Proceedings of ADVED, 792-800.

Davis N.L., Gough M., Taylor L.L. (2019). Online teaching: advantages, obstacles and tools for getting it right. Journal of Teaching in Travel & Tourism, 19(3), 256-263.



- Daymont T., Blau G., Campbell D. (2011). Deciding between traditional and online formats: Exploring the role of learning advantages, flexibility, and compensatory adaptation. *Journal of Behavioral and Applied Management*, 12 (2), 156.
- Dershem H.L., McFall R.L. and Uti N. (2002) in Proceedings of the 33rd SIGCSE technical symposium on Computer science education, pp. 53-57
- Dumford A.D. and Miller A.L. (2018). Online learning in higher education: exploring advantages and disadvantages for engagement. *Journal of Computing in Higher Education*, 30 (3), 452-465.
- Hong B., Kim G., Ahn J.H., Kwon Y., Kim H. and Kim J. (2016). In Proceedings of the 2016 International Conference on Parallel Architectures and Compilation, pp. 113-124.
- Huang J., Li G., Tian J. and Li S. (2021). Accurate interpretation of the online learning model for 6G-enabled Internet of Things. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(20), 15228-15239.
- Kolosovskiy M.A. (2009). Data structure for representing a graph: combination of linked list and hash table. arXiv preprint arXiv:0908.3089.
- Salmon G., Ross B., Pechenkina E. and Chase A.M. (2015). The space for social media in structured online learning. *Research in Learning Technology*, 23.
- Sundell H. and Tsigas P. (2004). In International Conference On Principles Of Distributed Systems. Springer, pp. 240-255
- Tiene D., (2000). Online discussions: A survey of advantages and disadvantages compared to face-to-face discussions. *Journal of educational multimedia and hypermedia*, 9(4), 369-382.
- Verner I., Cuperman D., Fang A., Reitman M., Romm T. and Balikin G. (2018). Robot online learning through digital twin experiments: A weightlifting project Springer, Place, Published, pp. 307-314.
- Yang J.C., Hensley J., Grün H. and Thibieroz N. (2010). In *Computer Graphics Forum*, Wiley Online Library, pp. 1297-1304.



Kafkas Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi  
Cilt 15, Sayı 2, 86-86, 2022

Kafkas University  
Institute of Natural and Applied Science  
Journal  
Volume 15 Issue 2, 86-86, 2022



---

**Bu Sayının Hakem Listesi (Alfabetik Sıra)**  
**The Refrees Liste of This Issue (in Alphabetical Order)**

---

**Hakem Kurulu / Reviewer Board**

Ahmet Ocak AKDEMİR

Emel KAÇAR

Evrım GÜVEN

Ezgi Pelin YILDIZ

Fatih KARAÇOR

Hanlar REŞİDOĞLU

Murat ÇAĞLAR

Murat TEZER

Nuray YILDIZ

Şule ÖZTÜRK

