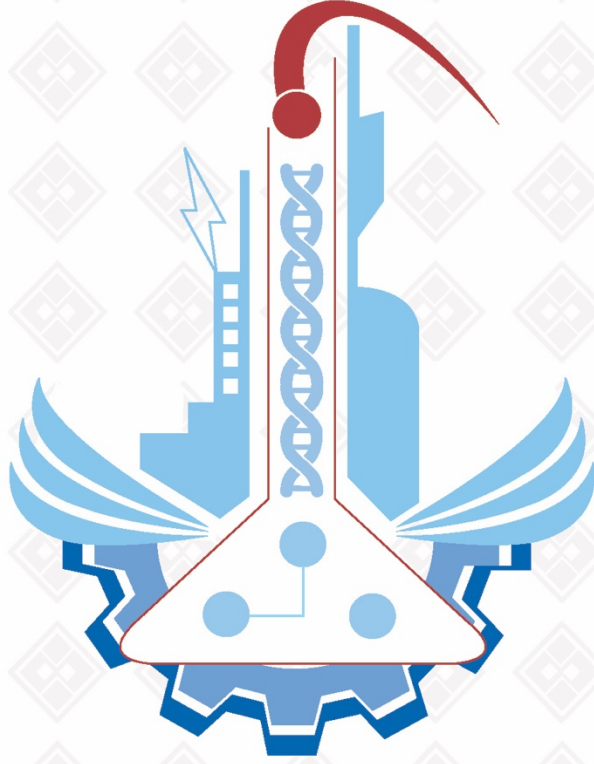


ISSN: 1308-9064

Cilt: 35 / Sayı: 2 / Yıl: 2023

# FIRAT ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ





**F ı r a t Ü n i v e r s i t e s i**  
**Fen Bilimleri Dergisi (FBD)**  
**Cilt:35, Sayı:2, Yıl:2023**  
**ISSN: 1308 - 9064**

**İ l e t i Ő i m**

Fırat Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
23119, ELAZIĞ

**Tel:** 0 424 212 27 07  
**Faks:** 0 424 236 99 55  
**e-posta:** [fenbilim@firat.edu.tr](mailto:fenbilim@firat.edu.tr)

**Bu dergi yılda 2 kez ve hakemli olarak yayımlanır.**

***Derginin Eski Adı: Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi***  
***Derginin Eski ISSN Numarası: 1300-2708***

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





**Fırat Üniversitesi**  
**Fen Bilimleri Dergisi (FBD)**

**Sahibi**

**Prof. Dr. Fahrettin GÖKTAŞ**  
Fırat Üniversitesi Rektörü

**Genel Yayın Yönetmeni**

**Prof. Dr. Burhan ERGEN**  
F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Baş Editör**

**Dr. Öğr. Üyesi Ferhat Uçar**  
F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür Yrd.

**Editör**

**Prof. Dr. Emrah YILMAZ**  
F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür Yrd.

**DANIŞMA KURULU**

<b>Leyla AÇIK</b>	Gazi Ü., Biyoteknoloji	<b>Turgay SEÇKİN</b>	İnönü Ü., Kimya
<b>Haluk KORALAY</b>	Gazi Ü., Fizik	<b>İbrahim KARATAŞ</b>	Selçuk Ü., Kimya
<b>Mahmut ELP</b>	Kastamonu Ü., Su Ürünleri	<b>Zihni DEMİRBAĞ</b>	K.T.Ü., Biyoloji
<b>Yusuf AYVAZ</b>	S.Demirel Ü., Biyoloji.	<b>Seyfettin ÇAKMAK</b>	S.Demirel Ü., Fizik
<b>Mikail ET</b>	Fırat Ü., Matematik	<b>Orhan ERMAN</b>	Fırat Ü., Biyoloji
<b>Hikmet GEÇKİL</b>	İnönü Ü., Biyoloji	<b>Ömer AKIN</b>	T.O.B.B. Matematik
<b>Kenan GÜLLÜ</b>	Muğla S.K.Ü. Su Ürünleri	<b>Sinan AKPINAR</b>	Fırat Ü., Fizik
<b>Mehmet KAYA</b>	Fırat Ü., Kimya	<b>Ahmet ŞAHİN</b>	Erciyes Ü., Biyoloji
<b>İlhami KIZIROĞLU</b>	Hacettepe Ü., Biyoloji	<b>Kadir DEMİRELLİ</b>	Fırat Ü., Kimya
<b>S.Güneş KÜRKÇÜOĞLU</b>	Osmangazi Ü.,Fizik	<b>Kenan GÜLLÜ</b>	Muğla Ü., Su Ürünleri
<b>Dursun ŞEN</b>	Fırat Ü., Su Ürünleri	<b>Vedat ASİL</b>	Fırat Ü., Matematik
<b>Serdar SALMAN</b>	Marmara Ü. Metal. Müh.	<b>Ertan GOKALP</b>	K.T.Ü. Harita. Müh.
<b>İzzet KARA</b>	Pamukkale Ü., Fizik	<b>Ekrem ARTUNÇ</b>	S.Demirel Ü., Fizik



**Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi (FBD)**  
**35-2, 2023**

**İÇİNDEKİLER / CONTENTS**

1. **Çankırı Kenti Açık ve Yeşil Alanları Kapsamında Cadde, Sokak ve Bulvarlarının Kentsel Yaşam Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi**  
*Evaluation of Streets and Boulevards in terms of Urban Life Quality within the Scope of Çankırı City Open and Green Areas*  
Awo Fourreh ADAWEH, Betül TÜLEK ..... 39-53
2. **Kondense Tanenin Fenol ile Asidik Ortamda Çözülmesi ve Formaldehit ile Reaksiyon Parametrelerinin Araştırılması**  
*Dissolution of Condensed Tannin with Phenol in Acidic Medium and Investigation of reaction Parameters with Formaldehyde*  
Ali ŞAMİL, Tufan SALAN, Mehmet Hakkı ALMA ..... 55-60
3. **More On Complementary Soft Binary Piecewise Intersection And Union Operations**  
*Tümleyenli Esnek İkili Parçalı Kesişim ve Birleşim İşlemleri Üzerine Daha Fazla Bilgi*  
Aslıhan SEZGİN, Fitnat Nur AYBEK ..... 61-78
4. **Farklı Gürültü Değerlerine Sahip Gerilim Düşümü Sinyallerinin Hızlı Fourier Dönüşümü ile Harmonik ve Toplam Harmonik Bozulum Değerlerinin İncelenmesi**  
*Investigation of Harmonic and Total Harmonic Distortion Values of Voltage Sag Signals with Different Noise Values by Fast Fourier Transform*  
Düzgün AKMAZ, Harun GÜLAN ..... 79-86
5. **Onobrychis Bitkisine Ait Meyve Tiplerinin Makine Öğrenmesi Yaklaşımıyla Sınıflandırılması**  
*Classification of Fruit Types of Onobrychis with Machine Learning Approach*  
Mehmet Selim KIZGIN, Zafer ÇAMBAY, Hakan SEPET, Salih Taha Alperen ÖZÇELİK, Hakan UYANIK..... 87-96
6. **Derin Kurgu (Deepfake) Araçları ile Üretilen Resimlerin Adli Analizi ve Derin Kurgu Tespiti Üzerine Nicel Bir Çalışma**  
*A Quantitative Study on Forensic Analysis of Images Produced with Deepfake Tools and Deepfake Detection*  
Mahmut Hilmi BAŞ, Ahmet ŞENOL ..... 97-118
7. **Çay Tesisi Atıklarından Hidrotermal Yöntemle Aktif Karbon Üretimi**  
*Production of Activated Carbon from Tea Facilities Waste by Hydrothermal Method*  
Mustafa BOYRAZLI, Mustafa SÜNER, Emrah ÇELİK, Ayşegül DERE, Canan Aksu CANBAY, Erdoğan KARİP ..... 119-129



## Çankırı Kenti Açık ve Yeşil Alanları Kapsamında Cadde, Sokak ve Bulvarlarının Kentsel Yaşam Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi

Awo Fourreh ADAWEH<sup>1\*</sup>, Betül TÜLEK<sup>2</sup>

<sup>1,2\*</sup> Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Orman Fakültesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Çankırı, Türkiye  
<sup>1</sup> awofourreh19@gmail.com, <sup>2</sup> betultulek@karatekin.edu.tr

(Geliş/Received: 05/03/2023;

Kabul/Accepted: 22/07/2023)

**Öz:** Yaşam kalitesi, toplumların buldukları yaşam koşullarından duydukları memnuniyetin derecesidir. Kentsel yaşam kalitesi ve çevre etkileşiminde toplum, ekonomi ve çevre ekseninde yer alan nesnel ve öznel değerlendirme kriterlerini ifade eden bir kavramdır. Kentleşme ile meydana gelen sanayileşme yeni teknolojiler ile toplumlara daha iyi yaşam koşulu sağlasa da doğal çevrede ve kültürel yapılarda bozulmaya sebep olmuştur. Açık ve yeşil alanların yeterli olduğu kentlerde bireylerin yaşam kalitesinin, üretkenliğinin ve verimliliğinin de yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu alanlar, kamuya açık alanlar olarak da bireylerin sosyal, psikolojik ve fizyolojik durumunu da pozitif yönde etkilemektedir. Bu çalışmada, Çankırı kent merkezinde bulunan açık ve yeşil alanlar kapsamında cadde, sokak ve bulvarların fiziksel yapılarına uygun olarak kentsel yaşam kalitesinin saptanabilmesi için bazı parametreler belirlenmiş, bu parametrelerin değerlendirmesi yapılmıştır. Çankırı ili merkez ilçesinde yer alan 21 adet cadde, sokak ve bulvarın konumsal verileri ArcMap 10.3 yazılımı ile haritalara aktarılarak kentsel çevre kalitesi parametre, gösterge ve kriterleri açısından uygunlukları incelenmiş ve çözüm önerileri geliştirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kentsel peyzaj, açık ve yeşil alanlar, yaşam kalitesi, kalite göstergesi, Çankırı.

## Evaluation of Streets and Boulevards in terms of Urban Life Quality within the Scope of Çankırı City Open and Green Areas

**Abstract:** Quality of life is a concept that expresses the degree of satisfaction people get from their living conditions and the environment. It is a concept that expresses the objective and subjective evaluation criteria in the axis of society, economy and environment in the interaction of urban life quality and environment. In terms of urbanization, industrialization has provided technological development and new social organizations and better living conditions, but these developments have also led to the deterioration of the natural and cultural environment. These areas, as public spaces, also positively affect the social, psychological and physiological state of individuals. Within the scope of this study, some parameters were determined and evaluated in order to determine the quality of urban life in accordance with the physical structures of streets and boulevards as open and green spaces in Çankırı city center. 21 streets and boulevards located in the central district of Çankırı province were transferred to maps with ArcMap 10.3 software, and their suitability in terms of parameters, indicators and criteria of urban environmental quality was examined and solution proposals were developed.

**Key words:** Urban landscape, open and green areas, quality of life, quality of indicator, Çankırı.

### 1. Giriş

Küreselleşme ve demografik değişkenlik, çevre ve yaşam kalitesi kavramlarına daha fazla dikkat gerektiren kentsel alanlarda önemli bir baskıya yol açmaktadır. Modern şehirlerin fiziksel nitelikleri ile doğrudan ilişkili olan yaşam kalitesi kavramının sosyal-ekonomik yansımaları çok önemlidir. Yaşam kalitesi kavramı aslında bir farkındalık sürecidir. Kalite, kentleşme süreci ile bağlantılıdır. Aslında, bu kentleşme sürecinde, insanların yaşam kalitesi için hedefleri ve beklentileri zaman içinde değişmektedir. Yıllar boyunca farklı disiplinler tarafından yaşam kalitesi kavramı üzerine araştırmalar yapılmış ve yaşam kalitesinin bileşenleri belirlenmeye çalışılmıştır [15].

Yaşam kalitesi kavramı gerçekte çok boyutludur [3]. Bu kavram çeşitli disiplinlerden araştırmacılar tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır. Tek bir kavram üzerinde uzlaşma sağlanamasa da genel anlamda farklı yaşam bileşenleri ile bu bileşenlerin göstergelerine bağlı kavramlarda yoğunlaşmışlardır [8, 19, 21, 27, 29]. Özellikle son yıllarda yaşam kalitesi kavramı çerçevesinde çevre ve kent üzerindeki araştırmalar artmıştır [13, 26].

\* Sorumlu yazar: [betultulek@karatekin.edu.tr](mailto:betultulek@karatekin.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0000-0001-6363-3946, <sup>2</sup> 0000-0002-6584-041X



Çankırı'nın Merkez ilçe, Atkaracalar, Bayramören, Çerkeş, Eldivan, Ilgaz, Kızılırmak, Korgun, Kurşunlu, Orta, Şabanözü ve Yapraklı olmak üzere 12 ilçesi vardır. Dört tarafı dağlarla çevrili olan Çankırı ili bu dağlar üzerinde, yamaçlarda ve dağ aralarında vadilerde kurulmuş yerleşim merkezlerinden oluşmaktadır. Çankırı arazisi dağlıktır. Engebelikler il yüzölçümünün %61'ini oluşturmaktadır. Ilgaz Dağları Çankırı'nın kuzeyinde konumlanmıştır. En yüksek tepesi 2560 metredir. İlin güney kısmı düz ve çıplaktır. Alanın %18'i orman, %35'i çayır ve mera, %35'i ise ekili arazidir. İlin bitki örtüsü incelendiğinde üst florasını iğne yapraklı ağaçlar oluşturmaktadır. Özellikle de karaçam (*Pinus nigra*), sarıçam (*Pinus sylvestris*), ardıç (*Juniperus sp.*), meşe (*Quercus sp.*), ladin (*Picea sp.*) ve göknar (*Abies sp.* Mill) gibi orman ağaçlarıyla ahlat ve kızılçık ağaçları bulunmaktadır. Bitki örtüsünün alt florasında ise hububat, yemlik ve yemeklik baklagiller ile ayrıkotu, devediken ve yumak gibi bitkiler bulunmaktadır. Akarsular boyunca söğüt ve kavak ağaçları ile meyve bahçelerine de rastlanmaktadır [17].

Çankırı'da genellikle İç Anadolu'ya özgü iklim etkisi görülmektedir. Merkez, Ilgaz ve Yapraklı ilçelerinde kışlar serin, yazlar ılık geçerken, Çerkeş ilçesinde kışlar soğuk, yazlar ise serin geçmektedir. Yağışlar kışın kar şeklinde olur, senelik yağış miktarı 397-410 milimetredir. Sıcaklık ise +14,8°C ile -25°C arasında seyretmektedir. İlin en fazla yağış alan ilçesi, Yapraklı'dır. Yağışlar hemen hemen her mevsim görülür. Merkezden güneye doğru, iklim ve bitki örtüsü değişmekte ve zayıflamaktadır [17].

Özellikle kent merkezinin doğu ve güneydoğusunda kaya tuzu rezervi bakımında oldukça zengin olan ve derin tuz tabakalarına sahip tepeler bulunmaktadır. Bu tepeler aşırı tuzluluk nedeniyle çıplak bir görünüm kazanmıştır [6, 10, 23]. İlde tuz mağarası da büyük önem taşımaktadır.

Kent merkezinden geçen Tatlı çay boyunca ve parçalar halinde açık-yeşil alanlar mevcuttur. Bu alanlar fiziksel ve sosyal işlevleriyle doğa ve kent sakinleri için büyük önem taşımaktadır. Tatlı çay akarsuyu üzerinde akademik ve kurumsal anlamda çalışmalar yapılmış olmasına rağmen kent ile bütünlüğü tam olarak kurulamamıştır [12].

Çankırı ili nüfusu 2021 yılına göre 196.515'dir. Bu nüfus, 99.278 erkek ve 97.237 kadından oluşmaktadır. Yüzde olarak ise % 50,52 erkek, % 49,48 kadındır [2]. Kentin ekonomisi tarım ve hayvancılığa dayanmaktadır. Kent merkezinde 1 üniversite, üniversiteye bağlı 8 fakülte, 5 enstitü, 1 yüksekokul ve 5 meslek yüksekokul bulunmaktadır [24].

Örf ve adetleri açısından Çankırı ili oldukça zengindir. Çankırı'da asırlar boyunca Hititler, Frigya, Lidya, Galatlar, İskender (Makedonyalılar), Persler, Roma ve Bizanslılar, Türkler (Selçuk ve Osmanlılar) hâkim olmuştur. Türklerin bölgeye yerleşmesiyle Hıristiyan azınlık zamanla bu bölgeden ayrılmıştır. Bölge 11. asırdan bu yana Türk İslam kültürü ile yoğrulmuştur [2]. Çankırı'nın merkez ilçesi, köy ve kasabalarında Türk Milli Kültürü yaşatılmakta olup köy ve kasabaları genel olarak "Kapalı toplum" özelliğindedir [4].

## 2.2. Araştırma yöntemi

Çalışmanın yöntemi, Çankırı merkez ilçesinde bulunan 21 adet cadde, sokak ve bulvarın, açık ve yeşil alan peyzaj özellikleri, kentsel yapı ve özellikleri ve alan kalite özellikleri doğrultusunda incelenmesini kapsayacak şekilde 3 temel aşamadan oluşmaktadır.

Araştırmanın ilk aşamasında, araştırma konusu ile ilgili verilerin toplanması, literatür taraması ve konuya ilişkin mevcut çalışmaların incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın 2. aşamasında Çankırı merkez ilçede kentsel alan ve mekânların kalitesi değerlendirmesinde gözlem tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla Çankırı kent merkezinde inceleme ve gözlemler yapılmış, bireylerin en fazla vakit geçirdiği önemli cadde, sokak ve bulvarlara yönelik değerlendirme formları oluşturulmuştur. Değerlendirme formlarının oluşturulmasında [11] ve [16] 'nın çalışmaları temel alınmıştır. Formlar arazi çalışmaları yapılarak ve uygun şekilde doldurularak değerlendirilmiştir. Arazi gözlemi yapılarak değerlendirmeye alınan 21 adet cadde, sokak ve bulvar: Ankara Caddesi, Atatürk Bulvarı, Elif Caddesi, Refik Sağlam Caddesi, Tuğgeneral Zeki Durlanık Caddesi, Hürriyet Caddesi, Zübeyde Hanım Caddesi, Yapraklı Bulvarı, Salihler Caddesi, Ali İnandık Caddesi, Zafer Caddesi, Kastamonu Caddesi, Eski Kastamonu Caddesi, Mesut Sokak, Kayabaşı Caddesi, Esentepe Caddesi, Uzunyol Sokak, Mezarlık Caddesi, Hale Sokak, Su Deposu Caddesi, Tosya Caddesi olarak sıralanabilir (Şekil 2).





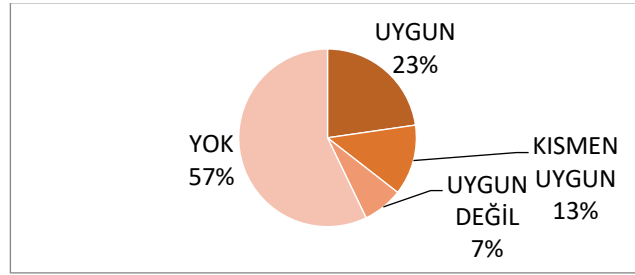
**Tablo 1.** Değerlendirme sonuçları matrisi

\*U:Uygun, KU: Kısmen Uygun, UD: Uygun değil, Y: Yok

	DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ												
	Yol Genişliği	Kaldırım Yüksekliği	Refüj Düzenlemesi	Meydan Düzenlemesi	Bisiklet Yolu	Engelli Yolu	Yaya Geçidi	Yeşil koridor (bant)	Otopark	Bitkisel Düzenleme	Donatı Elemanları	Bilgilendirme Levha ve İşaretleri	Zemin yapısı
Ankara Caddesi	U	U	U	U	Y	U	U	Y	Y	U	U	U	U
Atatürk Bulvarı	U	U	U	U	Y	U	U	Y	U	U	U	U	KU
Elif Caddesi	KU	U	Y	Y	Y	U	U	Y	UD	UD	U	U	UD
Refik Sağlam Caddesi	KU	U	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	U	U	KU
Tuğgeneral Zeki Durlanık Caddesi	KU	U	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	U	U	KU
Hürriyet Caddesi	KU	KU	Y	Y	Y	UD	Y	Y	Y	Y	KU	U	KU
Zübeyde Hanım Caddesi	KU	KU	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	KU	U	KU
Yapraklı Bulvarı	U	U	U	KU	Y	U	U	Y	UD	U	U	U	UD
Salihler Caddesi	UD	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	KU	KU	Y
Ali İnandık Caddesi	KU	KU	Y	Y	Y	U	UD	Y	Y	Y	U	U	KU
Zafer Caddesi	U	U	Y	Y	Y	U	Y	Y	Y	Y	U	U	KU
Kastamonu Caddesi	U	U	U	Y	Y	U	U	Y	U	U	U	U	U
Eski Kastamonu Caddesi	U	KU	Y	Y	Y	KU	Y	Y	Y	Y	U	KU	KU
Mesut Sokak	UD	UD	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	UD	KU	UD
Kayabaşı Caddesi	UD	UD	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Esentepe Caddesi	U	U	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	KU	KU	KU
Uzunyol Sokak	KU	KU	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	KU	KU	KU
Mezarlık Caddesi	UD	UD	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Hale Sokak	UD	UD	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Su Deposu Caddesi	KU	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Tosya Caddesi	UD	UD	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

### 3. Bulgular

Çankırı merkez ilçesi 21 cadde, sokak ve bulvar için elde edilen veriler incelendiğinde, alanların önemli bir kısmının bazı çevresel kalite parametrelerine ya hiç sahip olmadığı (% 57,15) ya da parametrelere uygun olmadığı (% 7,32) belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Kalite ölçütlerine ilişkin değerlendirme sonuçları

Kalite ölçütleri uygunluklar açısından incelendiğinde, yol genişlikleri 6 caddede uygun değil iken, diğer caddelerde uygun ve kısmen uygun olarak tespit edilmiş, kaldırım yükseklikleri 5 caddede uygun değil iken, 2 caddede hiç gözlenmemiş, diğer caddelerde de uygun ve kısmen uygun olarak değerlendirilmiştir. Refüj düzenlemelerini 4 caddede, meydan düzenlemeleri 3 caddede, engelli yolu 8 caddede, yaya geçidi 5 caddede, otopark 2 caddede, bitkisel düzenleme 4 caddede, donatı elemanları 15 caddede bilgilendirme levha ve işaretleri 16 caddede, zemin yapısı ise 12 caddede uygun ve kısmen uygun bulunmuştur. Yeşil bant ve bisiklet yollarının incelenen hiçbir cadde, sokak ve bulvarda bulunmadığı gözlenmiştir (Şekil 4).

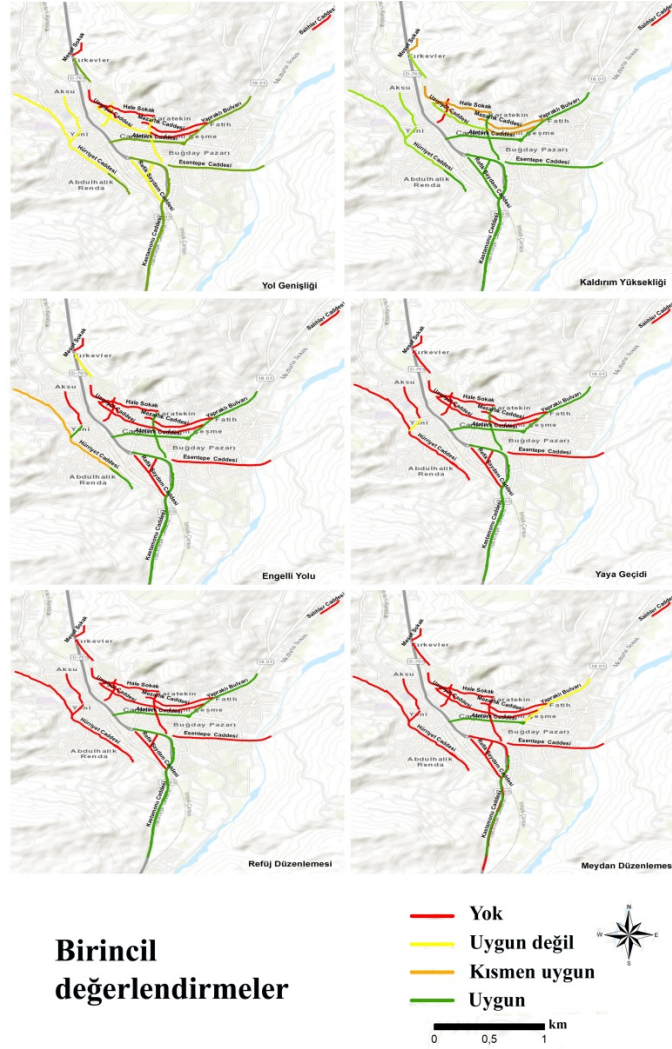


Şekil 4. Kayabaşı ve Eski Kastamonu caddelerinden görüntüler (Orijinal, 2022)

Araştırma alanındaki tüm cadde, sokak ve bulvarlar ayrı ayrı yol genişlikleri, kaldırım yükseklikleri, refüj düzenlemeleri, engelli yolları, yaya geçitleri açısından birincil değerlendirmeler olarak incelenmiş ve haritalanmıştır (Şekil 6). Türk Standartları Enstitüsü (TSE) 12576 “Kaldırım ve Yaya Geçitlerinde Ulaşılabilirlik İçin Yapısal Önlemler ve İşaretlemelerin Tasarım Kuralları” na göre, engelsiz bir yaya kaldırımını en az 1,5 m., ideal olarak ise 2,0 m. genişlikte olmalıdır. Kaldırım genişliği ise otobüs duraklarında min. 3,0 m. ve dükkân önlerinde min. 3,5 m. olmalıdır. Tüm yayaların serbestçe hareket edebilmeleri için yaya kaldırımını en az net 1,5 m. olmalı ayrıca mülkiyet yanında en az 25 cm, bordür taşı tarafında bordür taşı dâhil 50 cm. emniyet şeridi olmalıdır [35]. Bu kapsamda araştırma alanında yol genişlikleri Atatürk Bulvarı, Kastamonu, Esentepe Caddeleri ve Yapraklı Bulvarında uygun genişliğe sahipken, Hale Sokak, Mesut Sokak, Mezarlık Caddesi ve Salihler Caddesinde hiçbir uygunluk gözlenememiştir. Engelli yolları ve refüj düzenlemeleri yine çok kısıtlı bir bölgede bulunmaktadır (Atatürk Bulvarı, Kastamonu Caddesi ve Yapraklı Bulvarı) (Şekil 5). Kaldırım yükseklikleri genel olarak uygun bulunmuştur.



Şekil 5. Atatürk Bulvarı üzerindeki orta refüj düzenlemelerine örnekler (Orijinal, 2022)



Şekil 6. Araştırma alanındaki birincil değerlendirmeler



Meydan düzenlemesine Atatürk Bulvarı ve Kastamonu Caddesi dışında rastlanamamıştır. Yol genişlikleri genellikle uygundur ancak tarihi kent merkezindeki bazı cadde ve sokaklar (Uzunyol Sokak, Su Deposu Sokak) oldukça dardır, birçoğu tek aracın geçişine izin verecek ölçüdedir, araç önceliklidir (Şekil 7).



Şekil 7. Uzunyol Sokaktan görüntüler (Orijinal, 2022)

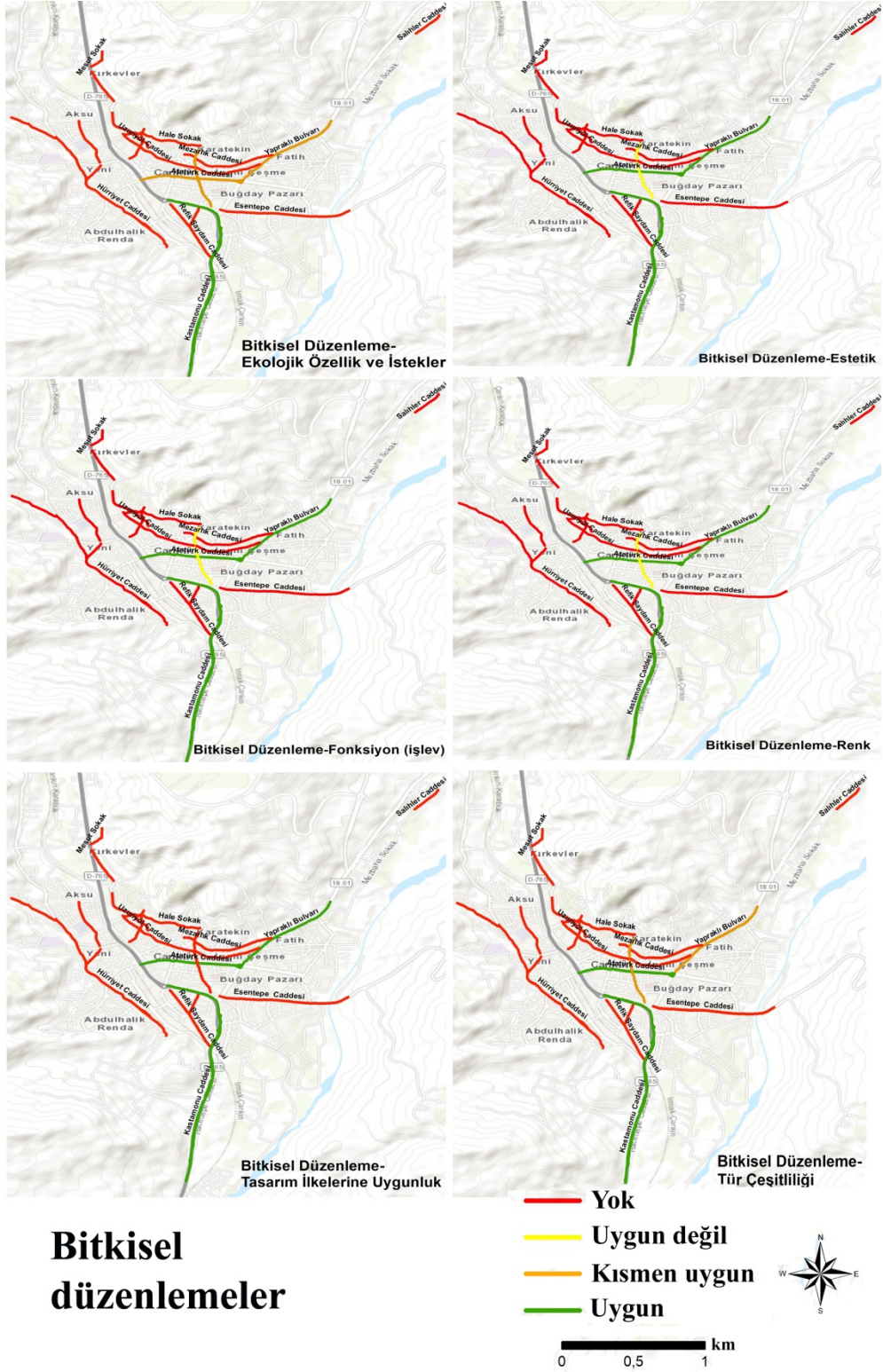
Araştırma alanındaki bitkisel düzenlemeler değerlendirildiğinde, Atatürk Bulvarı, Kastamonu Caddesi, Yapraklı Bulvarı ve Ankara Caddesi öne çıkmaktadır. Özellikle Kastamonu Caddesinin tüm kriterleri karşıladığı, Atatürk Bulvarının ise bitkilerin ekolojik istekleri dışında diğer tüm kriterleri karşılayacak şekilde bitkisel düzenlemelere katıldığı gözlenmiştir. Yapraklı Bulvarında da gerek tür çeşitliliği gerekse ekolojik istekleri açısından kısmen uygun bitkilendirmeler yapılmıştır.

Çankırı il merkezindeki cadde, sokak ve bulvardaki bitkisel düzenleme sadece ana akslar olan Atatürk Bulvarı, Kastamonu Caddesi ve Ankara Caddelerinde rastlanmaktadır. Bu bölgelerde çoğunlukla herdem yeşil çalı ve ağaç türleri ile saksı içerisinde mevsimlik bitkiler kullanılarak düzenlemeler yapılmıştır (Şekil 8). İncelenen diğer cadde, sokak ve bulvarların hiç birinde herhangi bir bitkisel düzenlemeye rastlanmamıştır.



Şekil 8. Atatürk Bulvarı ve Kastamonu Caddesindeki bitkisel düzenlemelere örnekler (Orijinal, 2021)

Bitkisel düzenlemelerin yaşam kalitesi kriterlerine uygunluğu her bir cadde, bulvar ve sokak için incelenmiş ve haritalanmıştır (Şekil 9).

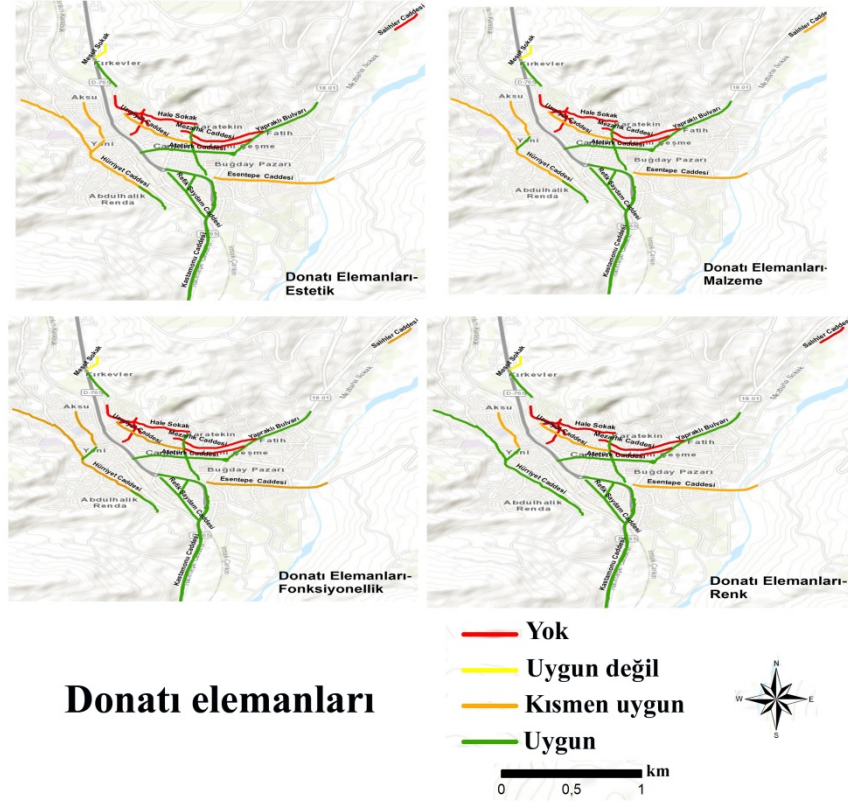


## Bitkisel düzenlemeler

Şekil 9. Araştırma alanındaki bitkisel düzenlemelere ilişkin değerlendirmeler

Araştırma alanındaki donatı elemanlarına ilişkin renk, malzeme, fonksiyonellik ve estetik değerlendirmeleri her bir cadde, sokak ve bulvar için haritalanmıştır (Şekil 10).





Şekil 10. Araştırma alanındaki donatı elemanlarına ilişkin değerlendirmeler

Yaya kaldırımının genişliği ile bağlantılı şekilde, taşıt yolu ile kaldırım kenarına dikilecek, ağaçlar, elektrik, trafik işaretleri direkleri, çiçeklikler ve saksılar, oturma birimleri, yaya korkulukları gibi tesisler bordür taşı dâhil, yaya kaldırımı boyunca 75-120 cm genişliğinde bir şeritte ve bir hizada düzgünce yerleştirilmelidir (TSE 12576) [35]. Bu kapsamda alandaki donatı elemanları incelendiğinde de özellikle Mesut Sokaktaki donatı elemanlarının standartlara hiç uygun olmadığı gözlenmiştir. Hale Sokak, Mezarlık Caddesi ve Salihler Caddesinde ise hiçbir donatı elemanı gözlenmemiştir. İncelenen alanlarda donatı elemanlarının en fazla bulunduğu cadde Kastamonu Caddesi ve Atatürk Bulvarıdır. Bu alanlarda ahşap oturma elemanları, taş saksılar ile entegre olacak şekilde konumlandırılmıştır. Çöp kutuları ve aydınlatma elemanlarında kullanılan malzemeler değişkenlik göstermektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Atatürk Bulvarındaki donatı elemanlarına ait örnekler (Orijinal, 2022)



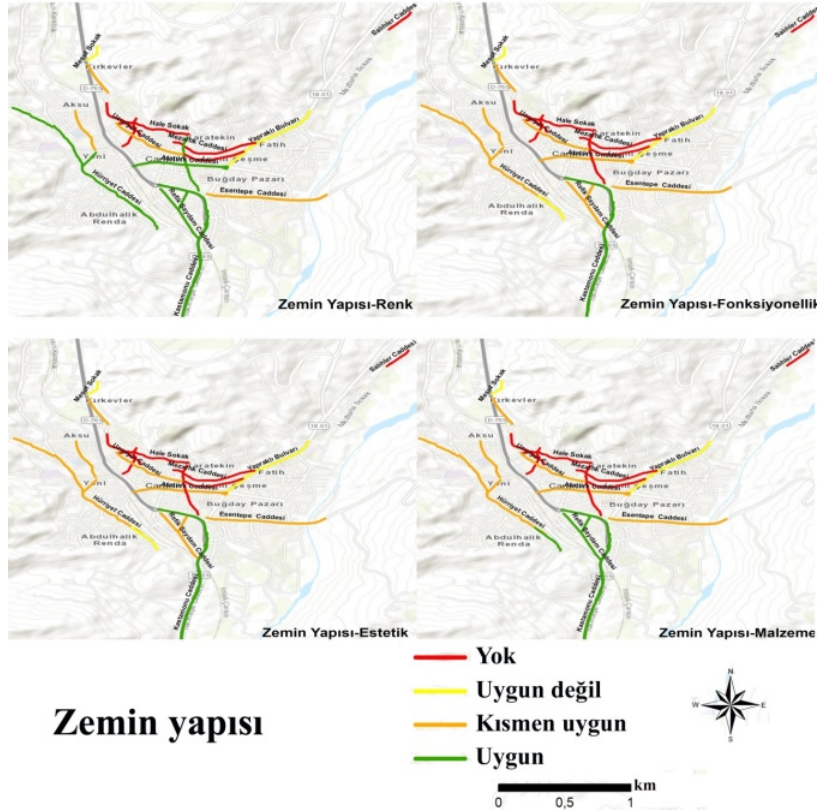




Şekil 13. Araştırma alanındaki otopark, bilgilendirme levha ve işaretlerine ilişkin örnekler (Orijinal, 2022)

Araştırma alanında otoparklara ilişkin gerek konumları gerek taşıma kapasiteleri gerekse uyarı levhaları açısından önemli eksiklikler bulunmaktadır. Bu özellikler Atatürk Bulvarı dışından hemen hemen tüm cadde, sokak ve bulvarlarda bulunmamaktadır. Bilgilendirme levha ve işaretleri ise Hale Sokak, Uzunyol Sokak ve Mezarlık Caddesi hariç diğer cadde ve sokaklarda gözlemlenmiştir.

Zemin yapısına ilişkin renk, malzeme, fonksiyonellik ve estetik değerlendirmeleri her bir cadde, sokak ve bulvar için haritalanmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Araştırma alanındaki zemin yapısına ilişkin değerlendirmeler

Araştırma alanında zemin yapısı ortalama olarak kısmen uygunluk gözlenmektedir. En fazla uygunluk renk kriterinde gözlenirken, estetik, malzeme ve fonksiyonellikte önemli ve yer yer tekrarlayan sorunlar bulunmaktadır. Yine bu kriterde de ana ulaşım akslarından biri olan Kastamonu Caddesi en fazla uygunluğa sahip cadde olarak öne çıkmıştır.



#### 4. Sonuç ve Öneriler

Yaşam kalitesi kişinin yaşadığı hayattan sağladığı memnuniyetin bir göstergesidir. Kişi ruhsal, zihinsel, kültürel pek çok temel ihtiyacını karşıladığı oranda kaliteli yaşama sahip olmaktadır. Kentsel anlamda da yaşam kalitesi kavramının ölçülmesini sağlayan çok sayıda farklı parametre bulunmaktadır. Her meslek disiplini de kendi bakış açısıyla yaşam kalitesine katkı sağlamaktadır. Bu araştırma kapsamında peyzaj mimarlığı meslek disiplini bakış açısıyla kentsel alanlarda yaşam kalitesi ve bu yaşam kalitesi parametrelerinin Çankırı kent merkezinde ölçülmesine çalışılmıştır. Araştırma alanı olarak da kentlinin yoğun şekilde kullandığı kent merkezindeki cadde, sokak ve bulvarlar tercih edilmiştir.

Çankırı kent merkezinin Ankara-Kastamonu ana aksını oluşturan caddesi olan Ankara Caddesi otopark ve bisiklet yolu hariç diğer parametreleri karşılamaktadır. Yine Çankırı kent merkezinin en işlek ve yoğun olarak kullanılan aksı olan Atatürk Bulvarı incelenmiştir. Atatürk Bulvarının özellikle kentin prestijine önemli katkılar sağlaması gereken bulvarlardan biri olması gerekmektedir. Ancak bisiklet yolu, yeşil koridor ölçütlerinin hiçbiri gözlenmemiş, otopark, bitkisel düzenleme ve zemin yapısı açısından da bazı parametrelerin kent için yeterince uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bu çerçevede kentin ihtiyaçlarını ve prestijini yeterince karşılamamaktadır. Gerek yaya gerek taşıtlarla yoğun olarak kullanılan caddede araç üstünlüğü ve önceliği olduğu da gözlemlenmiştir. Araç önceliği pek çok kısımda yayaların güvenliğini olumsuz şekilde etkilemektedir.

İncelenen cadde, sokak ve bulvarların yol genişlikleri açısından genel olarak kısmen uygun oldukları saptanmıştır ancak Mesut Sokak, Kayabaşı Caddesi, Uzunyol Sokak, Hale Sokak ve Su Deposu Caddesi gibi caddelerin yer yer iki aracın bile geçişine uygun olmayacak kadar dar oldukları tespit edilmiştir. Özellikle kent merkezine yakın bölgelerde herhangi bir engelli yolu, refüj ve meydan düzenlemesine rastlanmamıştır.

Çalışma alanında ana ulaşım akslarını oluşturan Kastamonu Caddesi, Atatürk Bulvarı ve Ankara Caddesi üzerinde refüj düzenlemeleri yapılmıştır. Bu bölgelerde bitkisel düzenlemeler özellikle bu refüjlerde yoğunlaştırılmış, yer yer mevsimlik ve herdem yeşil çalı ve ağaççıklardan oluşan türlerle çeşitlilik sağlanmaya çalışılmıştır. Bu bölgelerde yol ağaçları da yoğun şekilde kullanılarak gölge ve yönlendirme etkisi yaratılmaya çalışılmıştır.

Araştırma alanındaki donatı elemanları yine 3 ana aks üzerinde yoğun olarak konumlandırılmıştır. Donatılarda renk, malzeme ve estetik açıdan genel olarak uyum gözlenmemiştir. Bilgilendirme işaret ve levhaları önemli kavşak noktalarında yerleştirilmiştir. Ancak kentin önemli bazı noktalarında sokak ve cadde isimleri eksiktir. Zemin yapısı da kent genelinde çeşitlilik göstermektedir. Kent genelinde renk ve estetik açıdan özel bir tasarım yaklaşımı izlenmemiştir. Özellikle Atatürk Bulvarı gibi kentlinin yoğun olarak kullandığı bazı noktalarda fonksiyonel problemler gözlenmiş, buralarda drenaj problemlerine sahip, kırık, bozuk zemin malzemesine de rastlanmıştır.

Çankırı kent merkezinin tarihi ve kültürel peyzajlarını içerisinde bulduran ve en çok turizm hareketliliğinin yaşandığı Uzunyol Sokak, Hale Sokak, Mesut Sokak, Su Deposu Caddesi ve Mezarlık Caddesi incelenmiştir. Çankırı Belediyesi tarafından kentsel tarihi çevrelerde başlatılan sokak sağlıklaştırma çalışmaları kapsamında KUZKA iş birliği ile gerçekleştirilen Uzunyol, Çamaşırhane ve Kirmanoğlu Sokaklarında restorasyon çalışmaları tamamlanmıştır. Halk arasında “Çan Saati” olarak bilinen Tarihi Saat Kulesi ise yeniden çalışır hale getirilmiştir [5]. Bu bölgelerde yapılan incelemelerde özellikle dar sokaklara ve araç öncelikli düzenlemelere sahip oldukları belirlenmiştir. Bölge özellikle tarihi ve kültürel özellikleriyle kentin gerek turizm potansiyelini gerekse çevre kalitesini yükseltebilecek yapıdadır ancak bisiklet yolu, yeşil koridor, engelli yolu, meydan düzenlemesi, bitkisel düzenleme, otopark gibi çok sayıda kalite parametresine sahip değildir. Özellikle tarihi ve kültürel peyzaj potansiyeli yüksek olan bu alanların yayalaştırılmaları, eksik olan kalite parametrelerinin tamamlanmaları ve uygun bir kentsel peyzaj tasarım projesiyle değerlendirilmeleri gerekmektedir.

Atatürk Bulvarı Çankırı kent merkezi prestij alanlarından biri olarak son dönemde düzenlenen caddelerden biridir ancak yeşil koridor ve bisiklet yolları açısından eksiktir ve zemin yapısı da uygun değildir. Cadde üzerinde önemli oranda ticari işletme bulunmakta ve bu işletmelerin tanıcı levha ve tabelalarıyla, cadde üzerinde sürekli gözlenen yoğun araç parkı karmaşa yaratmakta, caddenin prestijini bozmaktadır.

[11], “Mevcut Kentsel Dokuda Çevresel Kalitenin İyileştirilmesi, Stratejik Kalite Planlaması Modeli” başlıklı çalışmalarında kentsel çevrelerin tasarımdan etkilenen kesiminin katılımı üzerinde durulmuş, farklı aktörlerin iş birliği ve yerel halkın isteklerinin önemini belirtmişlerdir. [16]’nın çalışmalarında ise Tekirdağ

İli'nin merkez ilçesi Süleymanpaşa'nın incelenen cadde ve sokaklarının çoğunda bazı çevresel kalite parametrelerinin bulunmadığını (%57,02), özellikle yeşil bant ve bisiklet yollarının hiçbir alanda olmadığını belirlemişlerdir.

Evrensel ve kapsayıcı kentsel tasarım parametreleri kentlerdeki yaşam kalitesinin önemli bir parçasını oluşturan cadde, sokak ve bulvarlarda tüm kentli nüfusuna yönelik olmalı ve evrensel/kapsayıcı tasarımın gerektirdiği kurumsal altyapı da sağlanmalıdır. Bu kapsamda 3194 sayılı İmar Kanununa ve TSE standartlarına uygun olarak Çankırı kent merkezindeki cadde, sokak ve bulvarlar yeniden düzenlenmeli ve çevre ile uyumlu birlikteliği sağlanmalıdır.

Kent bütünü düşüldüğünde incelenen tüm cadde, sokak ve bulvarlarda parametrelerin bölge tipine göre artırılmaları gerekmektedir. Tüm alanlardaki yaşam kalitesi standartlarının yükselmesi, farklı bölgelerden halkın bu bölgeleri kullanmasına ve hatta yerleşmesine önemli oranda katkı sağlayacaktır. Bu noktada ekoloji tabanlı meslek disiplinlerinin yaşam kalitesi standartlarını arttırmasındaki katkısı büyüktür ve bu şekilde kaliteli mekanlar yaratmak mümkün olabilecektir.

### Kaynaklar

- [1] URL-1: <http://www.on5yirmi5.com/dosya/turkiyenin-illeri/18-cankiri-hakkinda-genel>, 2020.
- [2] URL-2: <https://www.bilgiler.gen.tr/cankiri-1.html>, 2022.
- [3] Baker, D. A., Palmer, R. J. Examining the effects of perceptions of community and recreation participation on quality of life. *Social Indicators Research* 2006; 75(3), 395–418.
- [4] Çankırı Belediyesi. Kent rehberi/kültür, <http://www.cankiri.bel.tr/sayfa-13/kultur.php>, 2019.
- [5] Çankırı Haberci 18. Konu Çankırı olunca çalışmalar göz kamaştırmaya devam ediyor, <https://www.haberci18.com/takdir/22918/> 2021.
- [6] Çankırı il çevre durum raporu. T.C. Çankırı Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 279 s. Çankırı, 2010.
- [7] Diener, E., Suh, E. Measuring Quality of Life: Economic, Social, and Subjective Indicators. *Social Indicators Research* 1997; 40 (1-2), 189-216.
- [8] Dissart, J. C., Deler, S. C. Quality of Life in the Planning Literature, *Journal of Planning Literature* 2000; 15 (1), 135-161.
- [9] Evans, D.R. Enhancing quality of life in the population at large. *Social Indicators Research* 1994; 33(1), 47-88.
- [10] Gökmen, B. Çankırı ili coğrafyası. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 396 s, Ankara, 2007.
- [11] Gülersoy, Z.N., Özsoy, A., Tezer, Z., Yiğiter, R.G., Günay, Z. Mevcut kentsel dokuda çevresel kalitenin iyileştirilmesi, Stratejik Kalite Planlaması Modeli, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2012.
- [12] Koçan, N., İbiş, Ş.S. Çankırı ili kentsel açık yeşil alanlarının belirlenmesi ve geliştirilmesi üzerine bir araştırma - Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi 2020; 10 (2): 154-163.
- [13] Marans, R.W. Quality of Urban Life Studies: An Overview and Implications for Environment-Behaviour Research. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 2012; 35, 9–22.
- [14] Moller, V. Monitoring quality of life in cities: the Durban case. *Development Southern Africa* 2001; 18 (2), 217–238
- [15] Öztürk, B. Kentsel açık ve yeşil alan sistemi oluşturulması: Kayseri kent bütünü örneği. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 193s, Ankara, 2004.
- [16] Ozyavuz, M., Karakaya Aytin, B. Açık ve yeşil alanların kentsel yaşam kalitesine etkisi: Tekirdağ-Süleymanpaşa örneği 4. Uluslararası Kentsel ve Çevresel Sorunlar ve Politikalar Kongresi 2016; 20-22 Ekim, İstanbul.
- [17] Pekin Timur, U. Planting children's playgrounds: Çankırı city case. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10 2012; (3&4) : 977-981.
- [18] Pacione, M. Urban environmental quality and human wellbeing—A social geographical perspective. *Landscape and Urban Planning* 2003; 65(1), 19–30.
- [19] Rapley, M. *Quality of Life Research: A Critical Introduction*, Londra: SAGE 2003.
- [20] Seik, F. T. Subjective assessment of urban quality of life in Singapore (1997–1998). *Habitat International* 2000; 24(1), 31–49.
- [21] Shookner, M. *Quality of Life in Ontario. Araştırma Raporu 1997*; Ontario: Ontario Social Development Council & Social Planning Network of Ontario.
- [22] Şenlier, N.; Yıldız, R., Aktaş, E. D. A Perception Survey for the Evaluation of Urban Quality of Life in Kocaeli and Comparing the Life Satisfaction with the European Cities. *Social Indicators Research* 2009; 94 (2), 213–226.
- [23] Tuna, F. Çankırı'nın coğrafi özelliklerinin şehirselleşme potansiyeli yönünden değerlendirilmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi* 2010; 21: 219-239.
- [24] Tülek, B., Özdemir, A. Kentsel peyzajlarda endüstri miraslarının önemi: Çankırı tarihi tren garı örneği, *İnönü University Journal of Art and Design* 2019; ISSN: 309-9876.

- [25] Türkoğlu, H., Bölen, F., Baran, P. K., Terzi, F. Measuring quality of urban life in Istanbul. In R. W. Marans & R. J. Stimson (Eds.), *Investigating quality of urban life: Theory, methods, and empirical research series* 2011; Vol. 44, pp. 209–232. New York: Springer.
- [26] Van Kamp, I., Leidelmeijer, K., Marsman, G., & Hollander, A. Urban environmental quality and human well-being. Towards a conceptual framework and demarcation of concepts; a literature study. *Landscape and Urban Planning* 2003; 65, 5–18.
- [27] Veenhoven, R. The four qualities of life ordering concepts and measures of the good life. *Journal of Happiness Studies* 2000; 1, 1–39.
- [28] Wikipedia:[https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ank%C4%B1r%C4%B1%27n%C4%B1n\\_il%C3%A7eleri](https://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ank%C4%B1r%C4%B1%27n%C4%B1n_il%C3%A7eleri), 2022.
- [29] Wish, N.B. Are We Really Measuring the Quality of Life? Well-being Has Subjective Dimensions, As Well As Objective Ones. *American Journal of Economics and Sociology* 1986; 45 (1), 93–99.
- [30] Salihoğlu, T., Türkoğlu, H. Residential Environment and Quality of Urban Life. *Megaron*. 2019; 14(Özel Sayı): 203-217
- [31] Marans, R.W. ve Rodgers, W.L. Toward an Understanding of Community Satisfaction, *Metropolitan America in Contemporary Perspective* 1975; A. Hawley ve V. Rock (Ed.), New York: Halsted Press.
- [32] Lee, T. ve Marans, R.W. Objective and Subjective Indicators: Scale Discordance on Interrelationships, *Social Indicators Research Series* 1980; 6, pp.47-64.
- [33] Connerly W. ve Marans, R.W. Neighborhood Quality: A Description and Analysis of Indicators, *Handbook on Housing and the Built Environment* 1988; E. Hutteman ve W. van Vliet (Ed.), Westwood, CA: Greenwood Press.
- [34] Yakın İnan, Ö., Özdemir Sönmez, P. D. N. Kentsel Yaşam Kalitesi Ölçüm Yöntemlerinin Geliştirilmesi . *Uluslararası Ekonomi Siyaset İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi* 2019; 2 (3), 184-198.
- [35] Öztürk, N. vd. Erişilebilir Şehir Yönetmeliği (Taslak) Proje. Dünya Engelliler Vakfı 2011; İSTANBUL.



## Kondense Tanenin Fenol ile Asidik Ortamda Çözülmesi ve Formaldehit ile Reaksiyon Parametrelerinin Araştırılması

Ali ŞAMİL<sup>1\*</sup>, Tufan SALAN<sup>2</sup>, Mehmet Hakkı ALMA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kimya Bölümü, Fen Fakültesi, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye  
<sup>2</sup> Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye  
<sup>3</sup> Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye  
\*<sup>1</sup> asamil@ksu.edu.tr, <sup>2</sup> tufansalan@gmail.com, <sup>3</sup> mhalma46@yahoo.com.tr

(Geliş/Received: 01/01/2023;

Kabul/Accepted: 22/07/2023)

**Öz:** Bu çalışmanın amacı, akasya (*Acacia mollissima* L.) kabuğundan elde edilen kondense tanenin fenol ve formaldehit ile asidik ortamda reçineleşme özelliklerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, kondense tanen ile fenolün geri soğutucu altında farklı sülfürik asit konsantrasyonu (%1-5), değişik sıcaklık (100-160 °C) ve süreler (30-120 dakika) uygulanarak reaksiyon şartları çalışılmıştır. Daha sonra 10-50 dakika arasında değişen farklı reçineleştirme sürelerinde fenolatlı kondense tanen formaldehit ile reaksiyon oluşturması sağlanarak yeni kopolimerler elde edilmiştir. Yeni polimerlerin termal davranışları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre fenolün kondense tanen ile reaksiyonu için asit konsantrasyonu, reaksiyon sıcaklığı ve reaksiyon süresinin çok kritik olduğu bulunmuştur. Kombine fenol miktarı asit konsantrasyonundan büyük ölçüde etkilenmiştir. %5'lik sülfürik asit konsantrasyonunda verim yüzdesi olarak %40'ın üzerinde polimer elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Tanen, kondense tanen, fenol, formaldehit.

## Dissolution of Condensed Tannin with Phenol in Acidic Medium and Investigation of reaction Parameters with Formaldehyde

**Abstract:** The objective of this study was to determine the resinification properties of phenolated condensed tannin obtained from acacia (*Acacia mollissima* L.) bark with formaldehyde in an acidic medium. For this purpose, condensed tannin was reacted with phenol under reflux using different sulfuric acid concentration (1-5%), temperature (100-160 °C) and time (30-120 min). Then, new copolymers were obtained by reacting the phenolated condensed tannin with formaldehyde at different resinification times varying in the range of 10-50 min. The thermal behavior of obtained polymers were investigated. According to the results, acid concentration, reaction temperature and reaction time were found to be very critical for the reaction of phenol with condensed tannin. The amount of combined phenol was greatly affected by the acid concentration. At 5% sulfuric acid concentration, more than 40% polymer was obtained as a percent polymer.

**Key words:** Tannin, condensed tannin, phenol, formaldehyde.

### 1. Giriş

Tanenler, bitkilerde en bol bulunan polifenolik bileşiklerden biridir. Tanenler, doğada çok sayıda kimyasal bileşik olarak birçok bitkinin yapısında bulunurlar. Bitkilerde en yaygın olarak bulunan tanenler, kimyasal yapılarına göre iki ana sınıfa ayrılırlar: hidrolize edilebilir tanenler ve kondense tanenler. Hidrolize edilebilir tanenler, gallik ve ellagik asit esterleridir. Kondense tanenler veya proantosyanidinler, oligomerler ve polimerler oluşturmak üzere birbirine bağlanan flavan-3-ol alt birimlerinden oluşur. Hem hidrolize edilebilir tanenler, hem de kondense tanenler, çözünür proteinleri karakteristik olarak bağlayan ve çökelten büzücü, orta ile yüksek moleküler ağırlıklı polifenolik bileşikler olarak tanımlanır [1, 2, 3, 4, 5].

Tanenler hem hidrofobik aromatik halkalara hem de hidrofilik hidroksil gruplarına sahip olan moleküllerdir ve etkileştiği moleküllerin yüzeyindeki birkaç bölgede aynı anda bağlanmalar yapabilirler [6, 7, 8]. Kondense tanenler, polifenolik bileşiklerin bir sınıfıdır. Kondense tanenler, benzer alt birimlerden oluşan polimerlerdir. Kondense tanenler, flavanol birimlerinin polimerleridir. Katesin monomerinde, halkadaki 2 ve 3 konumlarındaki karbonlar asimetrik merkezlere sahiptir [9].

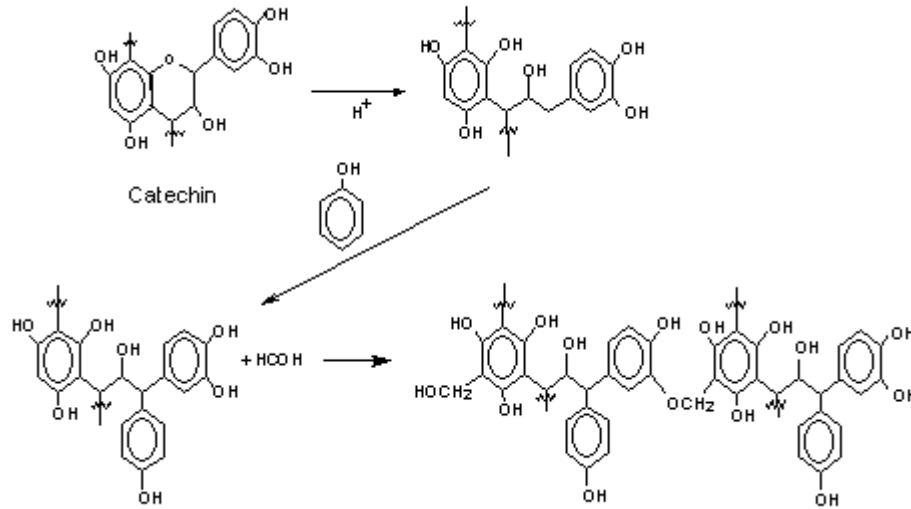
Tanenlerin en önemli kaynaklarından biri bitkilerdir. Özellikle yaklaşık %40 tanen içeren akasya kabuğu (*Accacia mollissima* L.), fenol-formaldehit yapıştırıcı üretiminde yaygın olarak kullanılır [10]. Polimer

\* Sorumlu yazar: [asamil@ksu.edu.tr](mailto:asamil@ksu.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0000-0002-4950-1725, <sup>2</sup> 0000-0002-6500-3646, <sup>3</sup> 0000-0001-7011-3965

endüstrisinde önemli bir yere sahip olan fenol-formaldehit kaynaklı polimerler, fenol ve formaldehitin asidik veya bazik ortamda reaksiyona girmesi sağlanarak çok eski yıllardan beri üretilir. Son zamanlarda hammaddelerdeki tedarik kısıtlılığı, atık ürünlerinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı bunların yerine tanen, lignoselülozik atıklar ve lignin gibi doğal ürünler kullanımının artışlar oldu [11].

Fenol-formaldehit bazlı yapıştırıcılara alternatif olarak tanen ve ligninin bazik ortamda formaldehit ile reaksiyonları bugüne kadar birçok araştırmacı tarafından ele alındı. Tanenin formaldehit ile reaksiyonu çok hızlıdır ve yüksek moleküler ağırlıklı polimerler ile sonuçlanır [12]. Ayrıca tanenin asit katalizör kullanılarak üretilen fenol-formaldehit ve tanen bileşimi, polimerlerde fenole alternatif olarak kullanılmaya başlandı. Bu kopolimerin kimyasal yapısı, şekil 1'de gösterildi.

Bu çalışmada formaldehit ile çok hızlı reaksiyona giren kondense tanenin öncelikle fenol ile modifiye edildikten sonra, modifiye edilmiş kondense tanenin formaldehit ile asidik ortamda kontrollü reaksiyonunun sağlanması amaçlanmıştır.



Şekil 1. Tanen bileşenlerinden kateşinin fenol ve formaldehit ile verdiği kopolimer reaksiyonu.

## 2. Deneysel Çalışmalar

### 2.1. Materyal ve metod

Deri sanayisinde yoğun bir şekilde sepi maddesi olarak kullanılan, akasya (*Accacia mollissima*) kabuğundan elde edilen ve ticari olarak mimoza adı verilen tanen ekstraktı ticari olarak satılan deri fabrikasından temin edilmiştir. Fenol ve formaldehit (merck firmasından) reaktif kimyasal maddelerdir. Tanen, fenol ve formaldehit reaksiyonu için asidik katalizör olarak sülfürik asit (merck firmasından) ilave edilmiştir. Ayrıca, reaksiyona girmeyen tanen miktarını tayin etmek amacıyla da 1,4-dioksan çözücü olarak kullanılmıştır.

Havanda homojenize edilerek, iyice toz haline getirilen kondense tanenden, 20 gram toz kondense tanen tartılmıştır. Asidik ortamda fenol ile karıştırılarak geri soğutucu altında mekanik karıştırıcı ile 500 mL'lik 4 boyunlu bir cam balona konulmuştur. 130 °C'de 1 saat farklı asit konsantrasyonlarında reaksiyona tabi tutulmuştur. Reaksiyon sonunda elde edilen karışım cam elyaf filtrelerden süzümüştür ve fenol ile reaksiyona girmeyen veya 1,4-dioksanda ile çözünmeyen tanen miktarı bulunmuştur. Daha sonra seyreltme amacıyla kullanılan 1,4-dioksan su vakumu yardımıyla 50 °C'de uzaklaştırılmıştır.

İkinci basamakta 1,4-dioksan uzaklaştırıldıktan sonra serbest fenol ve bağlı fenolden oluşan karışım %40 formaldehit ile 10, 20, 30, 40 ve 50 dakikalık sürelerde reaksiyon vermesi için etkileştirilmiştir. Fenol-formaldehit oranı; 1 / 0,8 (mol / mol) olarak belirlenmiştir. Böylece katı formda tanen-fenol ve formaldehit bazlı bir kopolimer elde edilmiştir. Reaksiyon parametreleri, reaksiyona girmemiş tanen veya dioksanda çözünmeyen tanen miktarı ve tanen bileşiklerine bağlı fenol miktarlarıdır.

Bu parametreyi belirlemek için, reaksiyon sonucu elde edilen karışım 1,4-dioksan ile seyreltilmiştir ve cam elyaf filtreden geçirilerek süzümüştür. Filtre üzerinde kalan kısım 103±2 °C'de kurutulmuştur ve tartılmıştır.

Reaksiyona girmemiş tanen (RGTY) yüzdesi;

$$RGTY = \frac{W_r}{W_o} \times 100 \quad (1)$$

denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Burada;

RGTY: 1,4-dioksan içinde çözünmeyen tanen yüzdesidir (%)

Wo : Başlangıçta kullanılan tanen miktarıdır (g)

Wr : 1,4-dioksanda çözünmeyen tanen miktarı (g)

## 2.2. Reaksiyona giren fenol miktarının tayini

Fenolizasyon reaksiyonundan sonra kalan serbest fenol miktarı, bir Zorbax ODS markalı kolonu (4.6 x 25 cm) ile donatılmış yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) (Cecil 1100 serisi) ile belirlenmiştir. Hareketli faz olarak metanol – su karışımı (v/v = 1:2) kullanılmıştır. Hareketli fazdaki (akış hızı:10 ml/dk) gazları uzaklaştırmak için bir ultrasonik banyoda (Lab-line Instruments Inc.) hareketli faz 20 dakika tutulmuştur. Kromatografik analizler UV bölgesinde 280 nm dalga boyunda yapılmıştır. Standart olarak fenol çözeltileri kullanıldı. Ölçümler HPLC cihazına 2,5 µL'lik bir numune enjekte edilerek yapılmıştır. Daha sonra aşağıdaki formüle göre bağlı fenol miktarı belirlenmiştir.

$$BF = \frac{F_t - F_s}{F_t} \times 100 \quad (2)$$

Burada;

BF : Bağlı fenol yüzdesi (%)

Ft : Toplam fenol miktarı (g)

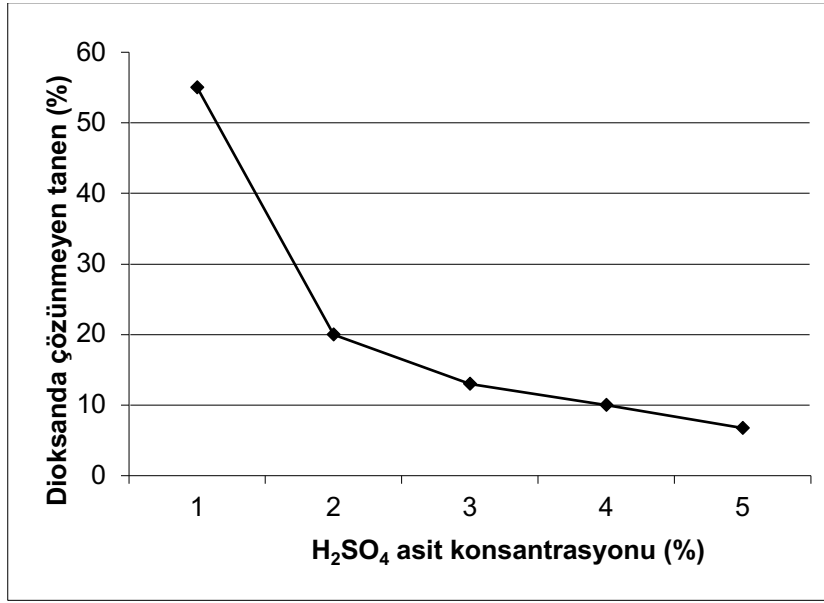
Fs : Serbest fenol miktarı (g)

Bu parametreler ile farklı reaksiyon koşullarına bağlı olarak farklı ağaç türleri, kabuk ve katalizör türleri arasında bir ilişki kurulmuştur. Bu ilişkiler grafiksel olarak gösterilmiştir.

Termal veriler, STA 409C NETZSCH-Geratebau GmbH termal analiz cihazı kullanılarak elde edilmiştir. TG-DTA ölçümleri 200-1000 °C aralığında farklı ısıtma hızlarında gerçekleştirilmiştir. Erime noktası sıcaklığını hesaplamak için Barnstead Electrothermal aleti kullanılmıştır.

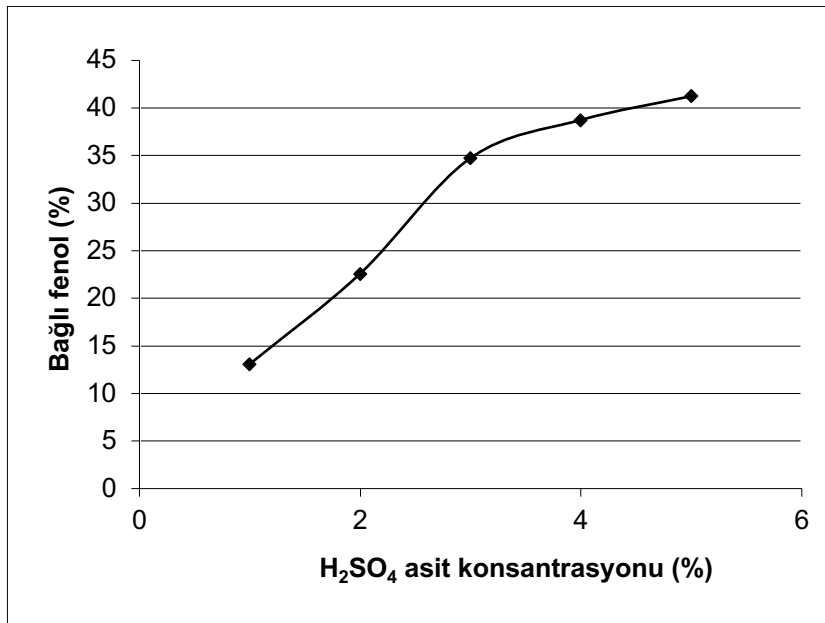
## 3. Sonuçlar ve Tartışma

Şekil 2, asit konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak 1,4-dioksan içinde çözünmeyen tanenin yüzde değerlerini göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi, asit konsantrasyonu arttıkça 1,4-dioksan içinde çözünmeyen tanen miktarının katlanarak azaldığı belirlenmiştir. %5'lik bir asit konsantrasyonu ile, yaklaşık olarak 1,4-dioksan içinde çözünmeyen tanen miktarı %7'ye kadar düşmüştür. Santana ve ark. (1995), fenolde tanenin sıvılaştırılmasını, %2,8 ve %5,0 sülfürik asit varlığında 137 °C'de 30 ila 180 dakika arasında değişen reaksiyon sürelerinde araştırmıştır. Sıvılaştırma veriminin daha yüksek asit konsantrasyonlarında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 30 dakikalık reaksiyon süresinden sonra kalan kalıntı miktarı %2,8 ve %5,0 sülfürik asit için sırasıyla %30,0 ve %5,1 olmuştur. %5,0 asit konsantrasyonu ile farklı zamanlarda 30 ile 180 dakika arasında elde edilen kalıntı miktarlarının ise birbirine oldukça yakın olduğu ve %5,1 ile %4,1 arasında değiştiği görülmüştür.



Şekil 2. Asit konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak 1,4-dioksanda çözünmeyen tanenin yüzde değerleri.

Şekil 3, asit konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak tanen ile reaksiyona giren bağlı fenol oranlarını göstermektedir. Artan asit konsantrasyonu ile bağlı fenol oranının parabolik olarak arttığı gözlenmiştir. Bu koşullar altında en yüksek bağlı fenol içeriğinin %40'a çıktığı belirlenmiştir.

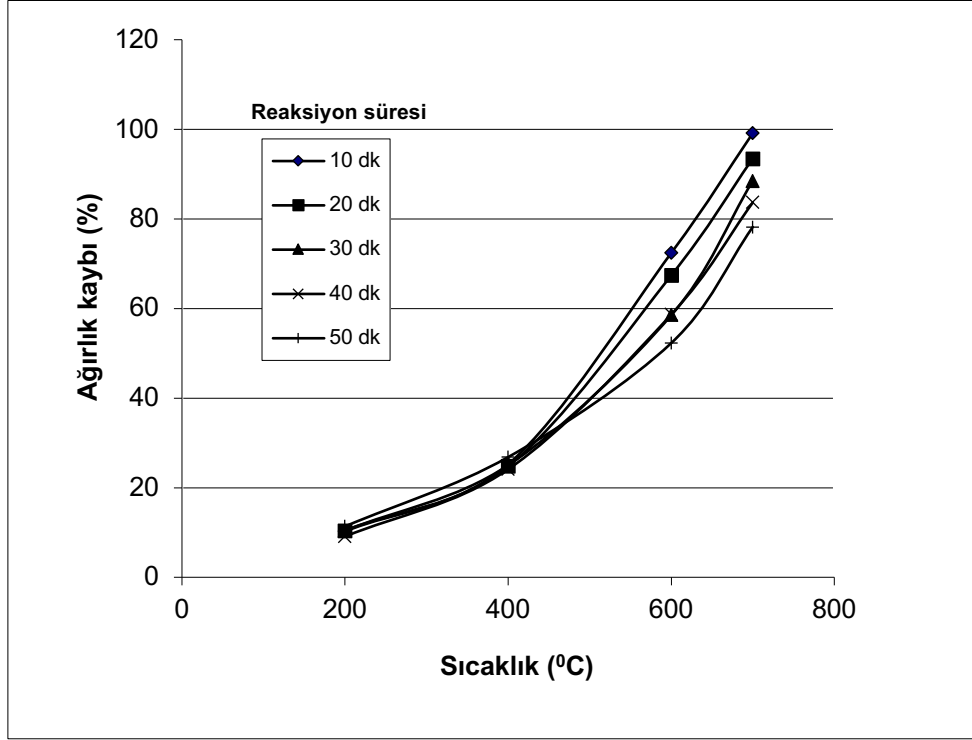


Şekil 3. Asit konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak tanen ile reaksiyona giren bağlı fenol oranları.

Bağlı fenol ve 1,4-dioksanda çözünmeyen tanen oranları, sıcaklık ve reaksiyon süresine göre değişmektedir. Reaksiyon sıcaklığı ve süresi arttıkça fenol oranları artmakta ve 1,4-dioksanda çözünmeyen tanenlerin oranında azalma gözlenmektedir. Bu nedenle bağlı fenol ve 1,4-dioksanda çözünmeyen tanen oranları için optimum sıcaklık 130 °C ve reaksiyon süresi 60 dakika olarak belirlenmiştir.

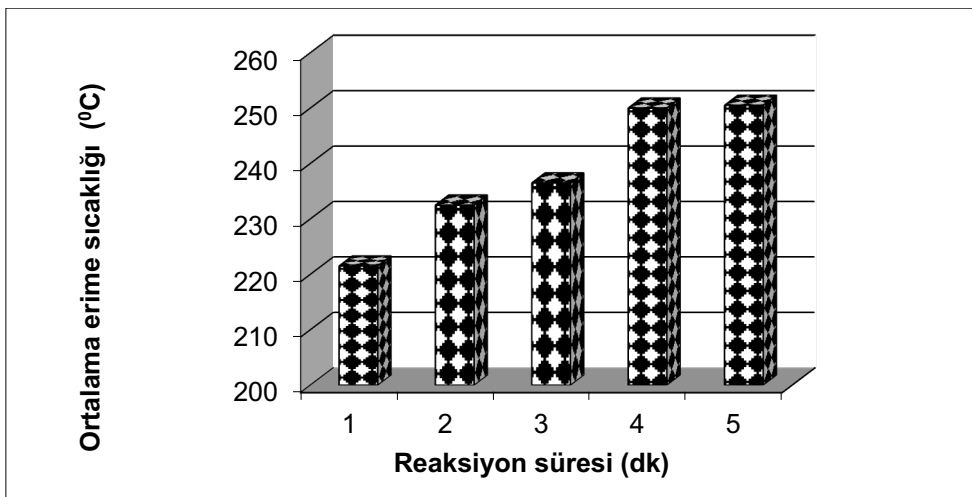


Şekil 4'te görüldüğü gibi, fenol ile modifiye edilen tanenin formaldehit ile reaksiyon süresi arttıkça kütle kaybı azalmaktadır. Bu sonuç polimerin yüksek molekül ağırlığı ile açıklanabilir



Şekil 4. Reaksiyon süresinin bir fonksiyonu olarak termal gravimetrik kütle kayıpları.

Şekil 5 tanen-fenol ve formaldehit bazlı kopolimerin erime sıcaklıklarını, ikinci basamak reaksiyon süresinin bir fonksiyonu olarak vermektedir. Şekilde görüldüğü gibi reaksiyon süresi arttıkça erime sıcaklıklarında da bir artış olmaktadır. Özellikle 40 ve 50 dakikalık ikinci basamak reaksiyon süreleri arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür.



Şekil 5. Reaksiyon süresi ile ortalama erime sıcaklığı arasındaki ilişki.

Akasya kabuğundan elde edilen kondense tanenler, bir katalizör olarak sülfürik asit kullanıldığında, fenol ile iyi bir şekilde çözülebilir olduğu belirlenmiştir. Reaksiyona giren fenol ve kalıntı tanen yüzdesinin sıcaklığa, zamana ve özellikle sülfürik asit konsantrasyonuna bağlı olduğu bulunmuştur. Sülfürik asit konsantrasyonu arttıkça, reaksiyona katılmamış tanen miktarının katlanarak azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca %5'lik asit konsantrasyonu ile yaklaşık %7 'ye kadar düşen 1,4-dioksan içinde çözünmeyen tanen kalıntısı elde edilmiştir.

### Kaynaklar

- [1] Naumann HD, Luis OT, Wayne EZ, Nichole FH. Invited Review The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *Journal of Animal Science* 2017; 46(12): 929-949.
- [2] Patra AK, Saxena J. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2011; 91: 24-37.
- [3] Frutos P, Hervás G, Giráldez F J, Mantecón AR. Review. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2004; 2(2): 191-202.
- [4] Kamarudin N, Biak DRA, Zurina ZA, Cardona F, Sapuan SM. Dissolution of condensed tannin powder-based polyphenolic compound in water-glycerol-acid solution. *BioResources* 2021; 16(1): 1798-1815.
- [5] Ashok PK, Upadhyaya K. Tannins are astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2012; 1(3): 45-50.
- [6] Haslam E. Polyphenols – structure and biosynthesis. In: *Practical polyphenolics: from structure to molecular recognition and physiological action*. (Cambridge University Press: Cambridge) 1998a; 10-83.
- [7] Haslam E. Molecular recognition – phenols and polyphenols. In: *Practical polyphenolics: from structure to molecular recognition and physiological action*. (Cambridge University Press: Cambridge) 1998b; 138-177.
- [8] Hanlin RL, Hrmova M, Harbertson JF, Downey M.O. Review: Condensed tannin and grape cell wall interactions and their impact on tannin extractability into wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 2009; 16: 173-188.
- [9] Cheyner V, Prieur C, Guyot S, Rigaud J, Moutounet M. The structures of tannins in grapes and wines and their interactions with proteins. In: *Wine: nutritional and therapeutic benefits*. American Chemical Society 1997; 661: 81-93.
- [10] Pizzi A. Adhesives from Renewable Resource. American Chemical Society 1989; 254.
- [11] Alma MH, M. Yoshioka YY, Shiraishi N. The preparation and flow properties of HCl catalyzed phenolated wood and its blends with commercial novolak resin. *Holzforschung* 1996; 50(1): 85-95.
- [12] Santana MAE, Baumann MGD, Conner AH. Resol resins prepared with tannin liquified in phenol. *Holzforchim* 1995; 49: 46-152.

## More On Complementary Soft Binary Piecewise Intersection And Union Operations

Ashhan SEZGİN<sup>1\*</sup>, Fitnat Nur AYBEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Mathematics and Science Education, Faculty of Education, Amasya University, Amasya, Türkiye

<sup>2</sup> Department of Mathematics, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Amasya University, Amasya, Türkiye

\*1 aslihan.sezgin@amasya.edu.tr, 2 fitnataybk.123@gmail.com

(Geliş/Received: 24/06/2023;

Kabul/Accepted: 13/09/2023)

**Abstract:** In order to deal with uncertainty, Molodtsov proposed soft set theory as a mathematical tool in 1999. Since that time, numerous forms of soft set operations have been defined and employed. By establishing the soft binary piecewise operations' distributions over complementary soft binary piecewise intersection and union operations, this study aims to contribute to the literature on soft set theory by giving inspiration to researchers as regards examining and obtaining some algebraic structures using these new soft set operations.

**Key words:** Soft sets, soft set operations, conditional complements.

### Tümleyenli Esnek İkili Parçalı Kesişim ve Birleşim İşlemleri Üzerine Daha Fazla Bilgi

**Öz:** Molodtsov, belirsizlikle başa çıkmak için 1999'da matematiksel bir araç olarak esnek küme teorisini yarattı. O zamandan bu zamana, çok sayıda esnek küme işlemi tanımlanmış ve kullanılmıştır. Bu çalışma, esnek ikili parçalı işlemlerin, tümleyenli esnek ikili parçalı kesişim ve birleşim işlemleri üzerindeki dağılımlarını ortaya koyarak bu yeni esnek küme işlemlerini kullanarak bazı cebirsel yapıların incelenmesi ve elde edilmesi için araştırmacılara ilham vererek esnek küme teorisi literatürüne katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Esnek kümeler, esnek küme işlemleri, koşullu tümleyenler

#### 1. Introduction

Due to the existence of some types of uncertainty, we are unable to effectively employ traditional ways to address issues in many domains, including engineering, environmental and health sciences, and economics. Three well-known foundational theories that we could use as a mathematical tool to deal with uncertainties are interval mathematics, fuzzy set theory, and probability theory. Molodtsov [1] proposed Soft Set Theory as a mathematical method to deal with these uncertainties, however this method has limits as well because each of these theories has flaws of its own. Since then, this theory has been applied to a variety of fields, including information systems, decision-making [2,3], optimization theory, game theory, operations research, measurement theory, and others [4].

In terms of soft set operations, the first contributions were published in [5,6]. The introduction and analysis of a number of soft set operations (including restricted and extended soft set operations) were followed in [7]. In [8], the fundamental characteristics of soft set operations were covered along with examples of the related to one another. Additionally, the concept of restricted symmetric difference of soft sets were described and explored in [8]. Extended difference and symmetric difference were defined, their properties were examined in [9,10]. When we look at the studies, we can see that restricted soft set operations and extended soft set operations are primary categories under which soft set theory's operations fall.

The inclusive complement and exclusive complement of sets, a novel concept in set theory, were proposed and their relationships were investigated in [11]. As a result of the inspiration from this study, certain novel complements of sets were developed in [12]. Additionally, in [13], a number of additional restricted and extended soft set operations were constructed using these complements to soft set theory. Demirci [14], Saralioğlu [15], Akbulut [16] defined a new type of extended operation and in-depth examined their fundamental characteristics by changing the form of extended soft set operations using the complement at the first and second row of the piecewise function of extended soft set operations.

\* Sorumlu yazar: [aslihan.sezgin@amasya.edu.tr](mailto:aslihan.sezgin@amasya.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0000-0002-1519-7294, <sup>2</sup> 0009-0003-7580-0264

Çalışıcı and Eren [17] also proposed a new kind of soft difference operations. Yavuz [18] introduced soft binary piecewise operations and examined their fundamental properties extensively. A novel kind of soft binary piecewise operation was also presented by Sezgin and Saralioğlu [19], Sezgin and Demirci [20], Sezgin and Atagün [21], Sezgin and Çağman [22], Sezgin and Aybek [23], Sezgin et al. [24,25] and Sezgin and Yavuz [26] as part of their ongoing studies on soft set operations. They used the complement in the first row of piecewise operations to change the structure of the soft binary operation.

In Sezgin et al. [24,25], complementary soft binary piecewise union and intersection operation were defined, respectively. These novel operations' algebraic characteristics were carefully explored. Particular attention was paid to how these operations distribute over restricted soft set operations, complementary restricted soft set operations, soft binary piecewise operations, and complementary extended soft set operations. In this study, by establishing the distributions of soft binary piecewise operations over complementary soft binary piecewise union and intersection operations, our purpose is to contribute to the literature on soft set theory by providing researchers with suggestions for studying and extracting some algebraic structures using these new soft set operations. The organization of the paper is as follows: In Introduction Section, literature survey is given with a conclusion paragraph summarizing what is obtained in the paper. In Section 2 the main definitions used throughout the paper are given. In Section 3, first of all the distributions of soft binary piecewise operations over complementary soft binary piecewise intersection operation, and then distributions of soft binary piecewise operations over complementary soft binary piecewise union operation are handled. This paper is a theoretical study of soft set.

## 2. Preliminaries

**Definition 2.1.** [1] Let  $U$  be the universal set,  $E$  be the parameter set,  $P(U)$  be the power set of  $U$  and  $N \subseteq E$ . A pair  $(K, N)$  is called a soft set over  $U$  where  $K$  is a set-valued function such that  $K: N \rightarrow P(U)$ .

The set of all the soft sets over  $U$  is designated by  $S_E(U)$ , and throughout this paper, all the soft sets are the elements of  $S_E(U)$ .

**Definition 2.2.** [7] The relative complement of a soft set  $(K, N)$ , denoted by  $(K, N)^r$ , is defined by  $(K, N)^r = (K^r, N)$ , where  $K^r: N \rightarrow P(U)$  is a mapping given by  $(K, N)^r = U \setminus K(t)$  for all  $t \in N$ . From now on,  $U \setminus K(t) = [K(t)]^c$  will be designated by  $K^c(t)$  for the sake of designation.

Çağman [11], defined two conditional complements of sets, for the ease of illustration, we show these complements as  $+$  and  $\theta$ , respectively. These complements are defined as following: Let  $P$  and  $C$  be two subsets of  $U$ .  $C$ -inclusive complement of  $P$  is defined by,  $P+C = P' \cup C$  and  $C$ -exclusive complement of  $P$  is defined by  $P\theta C = P' \cap C$ . Here,  $U$  refers to a universe set,  $P'$  refers to the complement of  $P$  over  $U$ . Sezgin et al. [12], introduced such new three complements as binary operations of sets as following: Then,  $P * C = P' \cup C'$ ,  $P \gamma C = P' \cap C$ ,  $P \lambda C = P \cup C'$  [12]. Aybek [13] conveyed these classical sets to soft sets, and they defined restricted and extended soft set operations and examined their properties.

As a summary for soft set operations, we can categorize all types of soft set operations as following: Let " $\nabla$ " be used to represent the set operations (i.e., here  $\nabla$  can be  $\cap, \cup, \setminus, \Delta, +, \theta, *, \lambda, \gamma$ ), then restricted operations, extended operations, complementary extended operations, soft binary piecewise operations, complementary soft binary piecewise operations are defined in soft set theory as following:

**Definition 2.3.** [7, 8,13] Let  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  be soft sets over  $U$ . The restricted  $\nabla$  operation of  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  is the soft set  $(S, F)$ , denoted by  $(Y, D) \nabla_R (R, J) = (S, F)$ , where  $F = D \cap J \neq \emptyset$  and  $\forall t \in F$ ,  $S(t) = Y(t) \nabla R(t)$

**Definition 2.4.** [5,7, 9, 10, 13]. Let  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  be soft sets over  $U$ . The extended  $\nabla$  operation of  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  is the soft set  $(S, F)$ , denoted by  $(Y, D) \nabla_E (R, J) = (S, F)$ , where  $F = D \cup J$  and  $\forall t \in F$ ,

$$S(t) = \begin{cases} Y(t), & t \in D \setminus J, \\ R(t), & t \in J \setminus D, \\ Y(t) \nabla R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

**Definition 2.5.** [14-16] Let  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  be soft sets over  $U$ . The complementary extended  $\nabla$  operation of

$(Y, D)$  and  $(R, J)$  is the soft set  $(S, F)$ , denoted by  $(Y, D) \underset{\nabla}{\overset{*}{\sim}} (R, J) = (S, F)$ , where  $F = D \cup J$  and  $\forall t \in F$ ,

$$S(t) = \begin{cases} Y'(t), & t \in D \setminus J, \\ R'(t), & t \in J \setminus D, \\ Y(t) \nabla R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

**Definition 2.6.** [17,18] Let  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  be soft sets over  $U$ . The soft binary piecewise  $\nabla$  operation of  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  is the soft set  $(S, D)$ , denoted by,  $(Y, D) \underset{\nabla}{\sim} (R, J) = (S, D)$ , where  $\forall t \in D$ ,

$$S(t) = \begin{cases} Y(t), & t \in D \setminus J \\ Y(t) \nabla R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

**Definition 2.7.** [19-26] Let  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  be soft sets over  $U$ . The complementary soft binary piecewise  $\nabla$  operation of  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  is the soft set  $(S, D)$ , denoted by,  $(Y, D) \underset{\nabla}{\sim}^* (R, J) = (S, D)$ , where  $\forall t \in D$ ;

$$S(t) = \begin{cases} Y'(t), & t \in D \setminus J \\ P(t) \nabla R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

**Definition 2.8.** [24] Let  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  be soft sets over  $U$ . The complementary soft binary piecewise union ( $\cup$ ) operation of  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  is the soft set  $(S, D)$ , denoted by,  $(Y, D) \underset{\cup}{\sim}^* (R, J) = (S, D)$ , where  $\forall t \in D$ ,

$$S(t) = \begin{cases} Y'(t), & t \in D \setminus J \\ Y(t) \cup R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

**Definition 2.9.** [25] Let  $(Y, D)$  and  $(R, J)$  be soft sets over  $U$ . The complementary soft binary piecewise intersection ( $\cap$ ) operation of Let  $(P, D)$  and  $(R, J)$  is the soft set  $(S, D)$ , denoted by,  $(Y, D) \underset{\cap}{\sim}^* (R, J) = (S, D)$ , where  $\forall t \in D$ ,

$$S(t) = \begin{cases} Y'(t), & t \in D \setminus J \\ Y(t) \cap R(t), & t \in D \cap J \end{cases}$$

**Example 2.10.** [24,25] Let  $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$  be the parameter set  $A = \{e_1, e_3\}$  and  $B = \{e_2, e_3, e_4\}$  be the subsets of  $E$  and  $U = \{h_1, h_2, h_3, h_4, h_5\}$  be the initial universe set. Assume that  $(F, A)$  and  $(G, B)$  are the soft sets over  $U$  defined as following:

$$(F, A) = \{(e_1, \{h_2, h_5\}), (e_3, \{h_1, h_2, h_5\})\},$$

$$(G, B) = \{(e_2, \{h_1, h_4, h_5\}), (e_3, \{h_2, h_3, h_4\}), (e_4, \{h_3, h_5\})\}.$$

Let  $(F, A) \underset{\cap}{\sim}^* (G, B) = (H, A)$ . Then,

$$H(\omega) = \begin{cases} F'(\omega), & \omega \in A \setminus B \\ F(\omega) \cap G(\omega), & \omega \in A \cap B \end{cases}$$

Since  $A = \{e_1, e_3\}$  and  $A \setminus B = \{e_1\}$ , so  $H(e_1) = F'(e_1) = \{h_1, h_3, h_4\}$ . And since  $A \cap B = \{e_3\}$ , so  $H(e_3) = F(e_3) \cap G(e_3) = \{h_1, h_2, h_5\} \cap \{h_2, h_3, h_4\} = \{h_2\}$ . Thus,

$$(F,A) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} (G,B) = \{(e_1, \{h_1, h_3, h_4\}), (e_3, \{h_2\})\}.$$

Let  $(F,A) \underset{\cup}{\overset{*}{\sim}} (G,B) = (K,A)$ . Then,

$$K(\omega) = \begin{cases} F'(\omega), & \omega \in A \setminus B \\ F(\omega) \cup G(\omega), & \omega \in A \cap B \end{cases}$$

Since  $A = \{e_1, e_3\}$  and  $A \setminus B = \{e_1\}$ , so  $K(e_1) = F'(e_1) = \{h_1, h_3, h_4\}$ . And since  $A \cap B = \{e_3\}$ , so  $K(e_3) = F(e_3) \cup G(e_3) = \{h_1, h_2, h_5\} \cup \{h_2, h_3, h_4\} = \{h_1, h_2, h_3, h_4, h_5\}$ . Thus,

$$(F,A) \underset{\cup}{\overset{*}{\sim}} (G,B) = \{(e_1, \{h_1, h_3, h_4\}), (e_3, \{h_1, h_2, h_3, h_4, h_5\})\}.$$

### 3. Distribution Rules

In this section, distributions of soft binary piecewise operations over complementary soft binary piecewise union and difference operation are examined in detail and many interesting results are obtained.

#### 3.1. Distribution of soft binary piecewise operations over complementary soft binary piecewise intersection ( $\cap$ ) operation:

$$1) (F, D) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} [(S,B) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} (H,I)] = [(F,D) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} (S,B)] \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} [(F,D) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} (H,I)], \text{ where } D \cap B \cap I' = \emptyset$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(S,B) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} (H,I) = (M,B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} S'(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(F,D) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} (M,B) = (N,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cup M(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,

$$N(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cup S'(\zeta), & \zeta \in D \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cup [(S(\zeta) \cap H(\zeta))], & \zeta \in D \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $[(F,D) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} (S,B)] \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} [(F,D) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} (H,I)]$ . Let  $(F,D) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} (S,B) = (V,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Suppose that  $(F,D) \underset{\cap}{\overset{*}{\sim}} (H,I) = (W,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Let  $(V, D) \tilde{\cap} (W, D) = (T, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V(\zeta), & \zeta \in D \setminus D = \emptyset \\ V(\zeta) \cap W(\zeta), & \zeta \in D \cap D \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta) \cap F(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \setminus I) = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cap [(F(\zeta) \cup H(\zeta))], & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \cap I) = D \cap B' \cap I \\ [(F(\zeta) \cup S(\zeta)) \cap F(\zeta)], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ [(F(\zeta) \cup S(\zeta)) \cap [(F(\zeta) \cup H(\zeta))], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta) & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \setminus I) = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \cap I) = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ [(F(\zeta) \cup S(\zeta)) \cap [(F(\zeta) \cup H(\zeta))], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Here let's take care of  $\zeta \in D \setminus B$  in the first equation. Since  $D \setminus B = D \cap B'$ , if  $\zeta \in B'$ , then  $\zeta \in I \setminus B$  or  $\zeta \in (B \cup I)'$ . Hence, if  $\zeta \in D \setminus B$ ,  $\zeta \in D \cap B' \cap I'$  or  $\zeta \in D \cap B' \cap I$ . Thus, it is seen that  $(N, D) = (T, D)$ .

$$2) \underset{\cap}{[(F, D) \underset{\cap}{\sim} (S, B)] \tilde{\cap} (H, I)} = \underset{\cap}{[(F, D) \tilde{\cap} (H, I)] \underset{\cap}{\sim} [(S, B) \tilde{\cap} (H, I)]}, \text{ where } D \cap B' \cap I = \emptyset.$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(F, D) \underset{\cap}{\sim} (S, B) = (M, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Let  $(M, D) \tilde{\cap} (H, I) = (N, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} M(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ M(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$N(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \setminus I = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \setminus I = D \cap B \cap I' \\ F'(\zeta) \cup H(\zeta) & \zeta \in (D \setminus B) \cap I = D \cap B' \cap I \\ [F(\zeta) \cap S(\zeta)] \cup H(\zeta) & \zeta \in (D \cap B) \cap I = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $[(F,D) \tilde{\cup} (H,I)] \underset{\cap}{\sim} [(S,B) \tilde{\cup} (H,I)]$ . Let  $(F,D) \tilde{\cup} (H,I) = (V,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Suppose that  $(S,B) \tilde{\cup} (H,I) = (W,B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} S(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(V,D) \underset{\cap}{\sim} (W,B) = (T,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ V(\zeta) \cap W(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \setminus B = D \cap B' \cap I' \\ F'(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \setminus B = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cap [S(\zeta) \cup H(\zeta)], & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \cap I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cup H(\zeta)] \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \setminus I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cup H(\zeta)] \cap [S(\zeta) \cup H(\zeta)], & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

It is seen that  $(N,D) = (T,D)$ .

$$3) (F,D) \underset{\cap}{\sim} [(S,B) \tilde{\cup} (H,I)] = [(F,D) \underset{\cap}{\sim} (S,B)] \tilde{\cup} [(F,D) \underset{\cap}{\sim} (H,I)], \text{ where } D \cap B \cap I' = \emptyset$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(S,B) \tilde{\cup} (H,I) = (M,B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} S'(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(F,D) \underset{\cap}{\sim} (M,B) = (N,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cap M'(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,



$$N(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in D \cap (B \setminus I) = D \cap B \setminus I' \\ F(\zeta) \cap [(S'(\zeta) \cup H'(\zeta))], & \zeta \in D \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $[(F,D) \tilde{\setminus} (S,B)] \tilde{\cup} [(F,D) \tilde{\setminus} (H,I)]$ . Let  $(F,D) \tilde{\setminus} (S,B) = (V,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cap S'(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Suppose that  $(F,D) \tilde{\setminus} (H,I) = (W,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Let  $(V,D) \tilde{\cup} (W,D) = (T,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V(\zeta), & \zeta \in D \setminus D = \emptyset \\ V(\zeta) \cup W(\zeta), & \zeta \in D \cap D \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta) \cup F(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \setminus I) = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cup [(F(\zeta) \cap H'(\zeta))], & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \cap I) = D \cap B' \cap I \\ [(F(\zeta) \cap S'(\zeta)) \cup F(\zeta)], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ [(F(\zeta) \cap S'(\zeta)) \cup [(F(\zeta) \cap H'(\zeta))], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta) & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \setminus I) = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \cap I) = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ [(F(\zeta) \cap S'(\zeta)) \cup [(F(\zeta) \cap H'(\zeta))], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Since  $D \setminus B = D \cap B'$ , if  $\zeta \in B'$ , then  $\zeta \in I \setminus B$  or  $\zeta \in (B \cup I)'$ . Hence, if  $\zeta \in D \setminus B$ ,  $\zeta \in D \cap B' \cap I'$  or  $\zeta \in D \cap B' \cap I$ . Thus, it is seen that  $(N,D) = (T,D)$ .

$$4) \quad \underset{\cap}{[(F,D) \overset{*}{\sim} (S,B)] \tilde{\setminus} (H,I)} = \underset{\cap}{[(F,D) \tilde{\setminus} (H,I)] \overset{*}{\sim} [(S,B) \tilde{\setminus} (H,I)]}, \text{ where } D \cap B' \cap I = \emptyset.$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(F,D) \overset{*}{\sim} (S,B) = (M,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Let  $(M,D) \tilde{\setminus} (H,I) = (N,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} M(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ M(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$N(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \setminus I = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \setminus I = D \cap B \cap I' \\ F'(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap I = D \cap B' \cap I \\ [F(\zeta) \cap S(\zeta)] \cap H'(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \cap I = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $[(F,D) \underset{\cap}{\sim} (H,I)] \underset{\cap}{\sim} [(S,B) \underset{\cap}{\sim} (H,I)]$ . Let  $(F,D) \underset{\cap}{\sim} (H,I) = (V,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Suppose that  $(S,B) \underset{\cap}{\sim} (H,I) = (W,B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} S(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(V,D) \underset{\cap}{\sim} (W,B) = (T,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ V(\zeta) \cap W(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \setminus B = D \cap B' \cap I' \\ F'(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \setminus B = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cap [S(\zeta) \cap H'(\zeta)], & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \cap I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cap H'(\zeta)] \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \setminus I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cap H'(\zeta)] \cap [S(\zeta) \cap H'(\zeta)], & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

It is seen that  $(N,D) = (T,D)$ .

$$5) [(F,D) \underset{\cap}{\sim} (S,B)] \underset{\cap}{\sim} (H,I) = [(F,D) \underset{\cap}{\sim} (H,I)] \underset{\cap}{\sim} [(S,B) \underset{\cap}{\sim} (H,I)], \text{ where } D \cap B' \cap I = \emptyset.$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(F,D) \underset{\cap}{\sim} (S,B) = (M,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Let  $(M, D) \cap (H, I) = (N, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} M(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ M(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$N(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \setminus I = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \setminus I = D \cap B \cap I' \\ F'(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap I = D \cap B' \cap I \\ [F(\zeta) \cap S(\zeta)] \cap H(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \cap I = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $[(F, D) \tilde{\cap} (H, I)] \overset{*}{\sim} [(S, B) \tilde{\cap} (H, I)]$ . Let  $(F, D) \tilde{\cap} (H, I) = (V, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Suppose that  $(S, B) \tilde{\cap} (H, I) = (W, B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} S(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(V, D) \overset{*}{\sim} (W, B) = (T, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ V(\zeta) \cap W(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \setminus B = D \cap B' \cap I' \\ F'(\zeta) \cup H'(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \setminus B = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cap [S(\zeta) \cap H(\zeta)], & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \cap I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cap H(\zeta)] \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \setminus I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cap H(\zeta)] \cap [S(\zeta) \cap H(\zeta)], & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

It is seen that  $(N, D) = (T, D)$ .

$$6) [(F,D) \underset{\cap}{\sim}^* (S,B)] \underset{\lambda}{\sim} (H,I) = [(F,D) \underset{\lambda}{\sim} (H,I)] \underset{\cap}{\sim}^* [(S,B) \underset{\lambda}{\sim} (H,I)] \text{ where } D \cap B' \cap I = \emptyset.$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(F,D) \underset{\cap}{\sim}^* (S,B) = (M,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Let  $(M,D) \underset{\lambda}{\sim} (H,I) = (N,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} M(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ M(\zeta) \cup H'(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

$$N(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \setminus I = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \setminus I = D \cap B \cap I' \\ F'(\zeta) \cup H'(\zeta) & \zeta \in (D \setminus B) \cap I = D \cap B' \cap I \\ [F(\zeta) \cap S(\zeta)] \cup H'(\zeta) & \zeta \in (D \cap B) \cap I = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $[(F,D) \underset{\lambda}{\sim} (H,I)] \underset{\cap}{\sim}^* [(S,B) \underset{\lambda}{\sim} (H,I)]$ . Let  $(F,D) \underset{\lambda}{\sim} (H,I) = (V,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cup H'(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Suppose that  $(S,B) \underset{\lambda}{\sim} (H,I) = (W,B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} S(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cup H'(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(V,D) \underset{\cap}{\sim}^* (W,B) = (T,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ V(\zeta) \cap W(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

$$T(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \setminus B = D \cap B' \cap I' \\ F'(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \setminus B = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cap [S(\zeta) \cup H'(\zeta)], & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \cap I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cup H'(\zeta)] \cap S(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \setminus I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cup H'(\zeta)] \cap [S(\zeta) \cup H'(\zeta)], & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

It is seen that  $(N,D)=(T,D)$ .

**3.2. Distribution of soft binary piecewise operations over complementary soft binary piecewise union ( $\cup$ ) operation:**

$$1) (F, A) \tilde{\cap}^*[(S,B) \sim (H,I)] = [(F,D) \tilde{\cap} (S,B)] \tilde{\cup} [(F,D) \tilde{\cap} (H,I)], \text{ where } D \cap B \cap I' = \emptyset$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(S,B) \sim (H,I) = (M,B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} S'(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(F,D) \tilde{\cap} (M,B) = (N,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cap M(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,

$$N(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cap S'(\zeta), & \zeta \in D \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cap [(S(\zeta) \cup H(\zeta))], & \zeta \in D \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $[(F,D) \tilde{\cap} (S,B)] \tilde{\cup} [(F,D) \tilde{\cap} (H,I)]$ . Let  $(F,D) \tilde{\cap} (S,B) = (V,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cap S(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Suppose that  $(F,D) \tilde{\cap} (H,I) = (W,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Let  $(V,D) \tilde{\cup} (W,D) = (T,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V(\zeta), & \zeta \in D \setminus D = \emptyset \\ V(\zeta) \cup W(\zeta), & \zeta \in D \cap D = D \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta) \cup F(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \setminus I) = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cup [(F(\zeta) \cap H(\zeta))], & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \cap I) = D \cap B' \cap I \\ [(F(\zeta) \cap S(\zeta)) \cup F(\zeta)], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ [(F(\zeta) \cap S(\zeta)) \cup [(F(\zeta) \cap H(\zeta))], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta) & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \setminus I) = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \cap I) = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ [(F(\zeta) \cap S(\zeta)) \cup (F(\zeta) \cap H(\zeta))], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Here let's take care of  $\zeta \in D \setminus B$  in the first equation. Since  $D \setminus B = D \cap B'$ , if  $\zeta \in B'$ , then  $\zeta \in I \setminus B$  or  $\zeta \in (B \cup I)'$ . Hence, if  $\zeta \in D \setminus B$ ,  $\zeta \in D \cap B' \cap I'$  or  $\zeta \in D \cap B' \cap I$ . Thus, it is seen that  $(N, D) = (T, D)$ .

$$2) \underset{U}{(F, D) \overset{*}{\sim} (S, B)} \tilde{\cap} (H, I) = \underset{U}{(F, D) \tilde{\cap} (H, I)} \overset{*}{\sim} \underset{U}{(S, B) \tilde{\cap} (H, I)}, \text{ where } D \cap B' \cap I = \emptyset.$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(F, D) \underset{U}{\overset{*}{\sim}} (S, B) = (M, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Let  $(M, D) \tilde{\cap} (H, I) = (N, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} M(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ M(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$N(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \setminus I = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \setminus I = D \cap B \cap I' \\ F'(\zeta) \cap H(\zeta) & \zeta \in (D \setminus B) \cap I = D \cap B' \cap I \\ [F(\zeta) \cup S(\zeta)] \cap H(\zeta) & \zeta \in (D \cap B) \cap I = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $\underset{U}{(F, D) \tilde{\cap} (H, I)} \overset{*}{\sim} \underset{U}{(S, B) \tilde{\cap} (H, I)}$ . Let  $(F, D) \tilde{\cap} (H, I) = (V, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Suppose that  $(S, B) \tilde{\cap} (H, I) = (W, B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} S(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(V, D) \underset{U}{\overset{*}{\sim}} (W, B) = (T, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ V(\zeta) \cup W(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \setminus B = D \cap B' \cap I' \\ F'(\zeta) \cup H'(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \setminus B = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cup [S(\zeta) \cap H(\zeta)], & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \cap I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cap H(\zeta)] \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \setminus I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cap H(\zeta)] \cup [S(\zeta) \cap H(\zeta)], & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

It is seen that  $(N, D) = (T, D)$ .

$$3) (F, D) \tilde{\lambda} \underset{\cup}{\overset{*}{\sim}} (S, B) \underset{\cup}{\overset{*}{\sim}} (H, I) = [(F, D) \tilde{\lambda} (S, B)] \tilde{\cap} [(F, D) \tilde{\lambda} (H, I)], \text{ where } D \cap B \cap I' = \emptyset$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(S, B) \underset{\cup}{\overset{*}{\sim}} (H, I) = (M, B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} S'(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(F, D) \tilde{\lambda} (M, B) = (N, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cup M'(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,

$$N(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in D \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cup [(S'(\zeta) \cap H'(\zeta))], & \zeta \in D \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $[(F, D) \tilde{\lambda} (S, B)] \tilde{\cap} [(F, D) \tilde{\lambda} (H, I)]$ , Let  $(F, D) \tilde{\lambda} (S, B) = (V, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cup S'(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Suppose that  $(F, D) \tilde{\lambda} (H, I) = (W, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cup H'(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Let  $(V, D) \tilde{\cap} (W, D) = (T, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V(\zeta), & \zeta \in D \setminus D = \emptyset \\ V(\zeta) \cap W(\zeta), & \zeta \in D \cap D = D \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta) \cap F(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \setminus I) = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cap [(F(\zeta) \cup H'(\zeta))], & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \cap I) = D \cap B' \cap I \\ [(F(\zeta) \cup S'(\zeta)) \cap F(\zeta)], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ [(F(\zeta) \cup S'(\zeta)) \cap [(F(\zeta) \cup H'(\zeta))], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta) & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \setminus I) = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap (D \cap I) = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ [(F(\zeta) \cup S'(\zeta)) \cap [(F(\zeta) \cup H'(\zeta))], & \zeta \in (D \cap B) \cap (D \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Since  $D \setminus B = D \cap B'$ , if  $\zeta \in B'$ , then  $\zeta \in I \setminus B$  or  $\zeta \in (B \cup I)'$ . Hence, if  $\zeta \in D \setminus B$ ,  $\zeta \in D \cap B' \cap I'$  or  $\zeta \in D \cap B' \cap I$ . Thus, it is seen that  $(N, D) = (T, D)$ .

$$4) \quad \underset{U}{(F, D)} \underset{U}{\sim} \underset{U}{(S, B)} \underset{U}{\tilde{\lambda}} (H, I) = \underset{U}{[(F, D) \tilde{\lambda} (H, I)]} \underset{U}{\sim} \underset{U}{[(S, B) \tilde{\lambda} (H, I)]}, \text{ where } D \cap B' \cap I = \emptyset.$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $\underset{U}{(F, D)} \underset{U}{\sim} \underset{U}{(S, B)} = \underset{U}{(M, D)}$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Let  $\underset{U}{(M, D)} \underset{U}{\tilde{\lambda}} (H, I) = \underset{U}{(N, D)}$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} M(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ M(\zeta) \cup H'(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$N(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap I = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \cap I = D \cap B \cap I \\ F'(\zeta) \cup H'(\zeta) & \zeta \in (D \setminus B) \cap I' = D \cap B' \cap I' \\ [F(\zeta) \cup S(\zeta)] \cup H'(\zeta) & \zeta \in (D \cap B) \cap I' = D \cap B \cap I' \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $\underset{U}{[(F, D) \tilde{\lambda} (H, I)]} \underset{U}{\sim} \underset{U}{[(S, B) \tilde{\lambda} (H, I)]}$ . Let  $\underset{U}{(F, D) \tilde{\lambda} (H, I)} = \underset{U}{(V, D)}$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cup H'(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Suppose that  $\underset{U}{(S, B) \tilde{\lambda} (H, I)} = \underset{U}{(W, B)}$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;



$$W(\zeta) = \begin{cases} S(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cup H'(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(V, D) \underset{\cup}{\sim} (W, B) = (T, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ V(\zeta) \cup W(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \setminus B = D \cap B' \cap I' \\ F'(\zeta) \cap H(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \setminus B = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cup [S(\zeta) \cup H'(\zeta)], & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \cap I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cup H'(\zeta)] \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \setminus I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cup H'(\zeta)] \cup [S(\zeta) \cup H'(\zeta)], & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

It is seen that  $(N, D) = (T, D)$ .

$$5) [(F, D) \underset{\cup}{\sim} (S, B)] \underset{\cup}{\sim} (H, I) = [(F, D) \underset{\cup}{\sim} (H, I)] \underset{\cup}{\sim} [(S, B) \underset{\cup}{\sim} (H, I)], \text{ where } D \cap B' \cap I = \emptyset.$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(F, D) \underset{\cup}{\sim} (S, B) = (M, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Let  $(M, D) \underset{\cup}{\sim} (H, I) = (N, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} M(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ M(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$N(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \setminus I = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \setminus I = D \cap B \cap I' \\ F'(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \cap I = D \cap B' \cap I \\ [F(\zeta) \cup S(\zeta)] \cap H'(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \cap I = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $[(F, D) \underset{\cup}{\sim} (H, I)] \underset{\cup}{\sim} [(S, B) \underset{\cup}{\sim} (H, I)]$ . Let  $(F, D) \underset{\cup}{\sim} (H, I) = (V, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Suppose that  $(S, B) \tilde{\setminus} (H, I) = (W, B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} S(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(V, D) \underset{\cup}{\overset{*}{\sim}} (W, B) = (T, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ V(\zeta) \cup W(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \setminus B = D \cap B' \cap I' \\ F'(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \setminus B = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cup [S(\zeta) \cap H'(\zeta)], & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \cap I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cap H'(\zeta)] \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \setminus I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cap H'(\zeta)] \cup [S(\zeta) \cap H'(\zeta)], & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

It is seen that  $(N, D) = (T, D)$ .

$$6) [(F, D) \underset{\cup}{\overset{*}{\sim}} (S, B)] \tilde{\cup} (H, I) = [(F, D) \tilde{\cup} (H, I)] \underset{\cup}{\overset{*}{\sim}} [(S, B) \tilde{\cup} (H, I)], \text{ where } D \cap B' \cap I = \emptyset.$$

**Proof:** Let's first take care of the left hand side of the equality and let  $(F, D) \underset{\cup}{\overset{*}{\sim}} (S, B) = (M, B)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$M(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Let  $(M, D) \tilde{\cup} (H, I) = (N, D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$N(\zeta) = \begin{cases} M(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ M(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Thus,

$$N(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus B) \setminus I = D \cap B' \cap I' \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \cap B) \setminus I = D \cap B \cap I' \\ F'(\zeta) \cup H(\zeta) & \zeta \in (D \setminus B) \cap I = D \cap B' \cap I \\ [F(\zeta) \cup S(\zeta)] \cup H(\zeta) & \zeta \in (D \cap B) \cap I = D \cap B \cap I \end{cases}$$

Now let's take care of the left hand side of the equality:  $[(F,D) \underset{\cup}{\sim} (H,I)] \underset{\cup}{\sim}^* [(S,B) \underset{\cup}{\sim} (H,I)]$ . Let  $(F,D) \underset{\cup}{\sim} (H,I)=(V,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$V(\zeta) = \begin{cases} F(\zeta), & \zeta \in D \setminus I \\ F(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in D \cap I \end{cases}$$

Suppose that  $(S,B) \underset{\cup}{\sim} (H,I)=(W,B)$ , where  $\forall \zeta \in B$ ;

$$W(\zeta) = \begin{cases} S(\zeta), & \zeta \in B \setminus I \\ S(\zeta) \cup H(\zeta), & \zeta \in B \cap I \end{cases}$$

Let  $(V,D) \underset{\cup}{\sim}^* (W,B)=(T,D)$ , where  $\forall \zeta \in D$ ;

$$T(\zeta) = \begin{cases} V'(\zeta), & \zeta \in D \setminus B \\ V(\zeta) \cup W(\zeta), & \zeta \in D \cap B \end{cases}$$

Thus,

$$T(\zeta) = \begin{cases} F'(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \setminus B = D \cap B' \cap I' \\ F'(\zeta) \cap H'(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \setminus B = D \cap B' \cap I \\ F(\zeta) \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \setminus I) = D \cap B \cap I' \\ F(\zeta) \cup [S(\zeta) \cup H(\zeta)], & \zeta \in (D \setminus I) \cap (B \cap I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cup H(\zeta)] \cup S(\zeta), & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \setminus I) = \emptyset \\ [F(\zeta) \cup H(\zeta)] \cup [S(\zeta) \cup H(\zeta)], & \zeta \in (D \cap I) \cap (B \cap I) = D \cap B \cap I \end{cases}$$

It is seen that  $(N,D)=(T,D)$ .

#### 4. Conclusion

In this paper, we have obtained the distributions of soft binary piecewise operations over complementary soft binary piecewise intersection and union operations with the aim to contribute to the theoretical basis of soft set theory by providing researchers with suggestions for studying and extracting certain algebraic structures using these new soft set operations. The distributions of soft binary piecewise operations over other complementary soft piecewise operations could be the subject of further theoretical research for soft sets in the future. Also, since soft sets are a powerful mathematical tool for detecting uncertain objects, this work will enable researchers to propose some new cryptographic or decision-making methods based on soft sets. Moreover, the study of soft algebraic structures on algebraic properties can be handled again by considering the operations defined in this article.

#### Kaynaklar

- [1] Molodtsov D. Soft set theory-first results. *Comput Math Appl* 1999; 37(1), 19-31.
- [2] Özlü Ş. Interval Valued q- Rung Orthopair Hesitant Fuzzy Choquet Aggregating Operators in Multi-Criteria Decision Making Problems. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology* 2022a; 10 (4). 1006-1025.
- [3] Özlü Ş. Interval Valued Bipolar Fuzzy Prioritized Weighted Dombi Averaging Operator Based On Multi-Criteria Decision Making Problems. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology* 2022b; 10 (4). 841-857.
- [4] Özlü Ş and Sezgin A., Soft covered ideals in semigroups. *Acta Univ. Sapientiae Math* 2021; 12 (2). 317-346.

- [5] Maji PK, Bismas R & Roy AR. Soft set theory. *Comput Math Appl* 2003; 45 (1), 555-562.
- [6] Pei D, Miao D. From Soft Sets to Information Systems. In: *Proceedings of Granular Computing*. IEEE 2005; 2, 617-621
- [7] Ali MI, Feng F, Liu X, Min WK, Shabir M. On some new operations in soft set theory. *Comput Math Appl* 2009; 57(9), 1547-1553.
- [8] Sezgin A, Atagün AO. On operations of soft sets. *Comput Math Appl* 2011; 61(5), 1457-1467.
- [9] Sezgin A, Shahzad A, Mehmood A. New Operation on Soft Sets: Extended Difference of Soft Sets. *J. New Theory* 2019; (27), 33-42.
- [10] Stojanovic NS. A new operation on soft sets: extended symmetric difference of soft sets. *Military Technical Courier* 2021; 69(4), 779-791.
- [11] Çağman N. Conditional complements of sets and their application to group theory. *J New Results Sci* 2021; 10 (3), 67-74.
- [12] Sezgin A, Çağman N, Aybek F. New conditional complements of sets and their application to group theory. in press in *Information Management and Computer Science* 2023a.
- [13] Aybek F. New restricted and extended soft set operations. MSc, Amasya University, Turkey, 2023, unpublished thesis.
- [14] Demirci AM. New type of extended operations of soft set: Complementary extended plus, union and theta operations. MSc, Amasya University, Amasya, Turkey, 2023, unpublished thesis.
- [15] Sarıalioğlu M. New type of extended operations of soft set: Complementary extended gamma, intersection and star operations. MSc, Amasya University, Amasya, Turkey, 2023, unpublished thesis.
- [16] Akbulut E. New type of extended operations of soft set: Complementary extended lambda and difference operations. MSc, Amasya University, Amasya, Turkey, 2023, unpublished thesis.
- [17] Eren ÖF, Çalışıcı H. On some operations of soft sets. *The Fourth International Conference on Computational Mathematics and Engineering Sciences*; 2019; Antalya, Turkey.
- [18] Yavuz E. Soft binary piecewise operations and their properties. MSc, Amasya University, Amasya, Turkey, 2023, unpublished thesis.
- [19] Sezgin A, Sarıalioğlu M. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise theta operation. in press in *Journal of Kadirli Faculty of Applied Sciences* 2023b.
- [20] Sezgin A, Demirci AM. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise star operation. *Ikonion Journal of Mathematics*, 2023; 5(2), 24-52.
- [21] Sezgin A, Atagün AO. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise plus operation. in press in *Matrix Science Mathematic* 2023.
- [22] Sezgin A, Çağman N. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise difference operation. in press in *Osmaniye Korkut Ata University Journal of the Institute of Science and Technology* 2023.
- [23] Sezgin A, Aybek F. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise gamma operation. *Matrix Science Mathematic* 2023; 7(1), 27-45.
- [24] Sezgin A, Aybek F, Bilgili Güngör N. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise union operation. in press in *Black Sea Journal of Engineering and Science* 2023b.
- [25] Sezgin A, Aybek F, Atagün AO. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise intersection operation. *Acta Informatica Malaysia* 2023c; 7(1), 38-53.
- [26] Sezgin A, Yavuz E. New soft set operation: Complementary soft binary piecewise lamda operation, in press in *Sinop University Journal of Science* 2023b.

## Farklı Gürültü Değerlerine Sahip Gerilim Düşümü Sinyallerinin Hızlı Fourier Dönüşümü ile Harmonik ve Toplam Harmonik Bozulum Değerlerinin İncelenmesi

Düzyün AKMAZ<sup>1\*</sup>, Harun GÜLAN<sup>2</sup>

<sup>1\*,2</sup> Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Munzur Üniversitesi, Tunceli, Türkiye

\*<sup>1</sup> dakmaz@munzur.edu.tr, <sup>2</sup> hgulan@munzur.edu.tr

(Geliş/Received: 15/09/2022;

Kabul/Accepted: 29/09/2023)

**Öz:** Gerilim düşümü sinyali en temel Güç Kalitesi (GK) bozulumu olaylarından biridir. Normal gerilim değerinin 0.1-0.9 p.u. birim değerinde (per-unit) düşmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu GK bozulumu sinyali sistemdeki hassas cihazların zarar görmesine yol açabilmektedir. Bu yüzden gerilim düşümü sinyalinin detaylı analizinin yapılması gereklidir. Harmonik analizi ve Toplam Harmonik Bozulum (THB) değerleri bu sinyalin belirlenmesi ve detaylı olarak incelenmesi için kullanılır. Bu çalışmada farklı gürültü değerlerine sahip gerilim düşümü sinyalinin harmonik büyüklükleri ve THB değerleri incelenmiştir. Harmonik büyüklükleri ve THB değerlerinin hesaplanması için Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) kullanılmıştır. Gürültüde meydana gelen değişiklik ile birlikte sinyalin farklı zaman aralıklarındaki harmonik dağılımları ve toplam harmonik bozulumu değerlerinde değişiklik gözlemlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Gerilim düşümü, gürültü, harmonik analizi, hızlı fourier dönüşümü, toplam harmonik bozulumu.

### Investigation of Harmonic and Total Harmonic Distortion Values of Voltage Sag Signals with Different Noise Values by Fast Fourier Transform

**Abstract:** The voltage sag signal is one of the most basic Power Quality (PQ) disturbance events. It is defined as a 0.1-0.9 p.u. per-unit decrease in the normal voltage value. This PQ disturbance signal can cause damage to sensitive devices in the system. Therefore, a detailed analysis of the voltage sag signal is necessary. Harmonic analysis and Total Harmonic Distortion (THD) values are used to determine and analyze this signal in detail. In this study, harmonic magnitudes and THD values of the voltage sag signal with different noise values were investigated. Fast Fourier Transform (FFT) was used to calculate harmonic magnitudes and THD values. It is observed that the harmonic distributions and total harmonic distortion values of the signal at different time intervals change with the variation in noise.

**Key words:** Voltage sag, noise, harmonic analysis, fast fourier transform, total harmonic distortion.

#### 1. Giriş

Günümüzde sanayileşmenin artması nedeniyle doğrusal olmayan yüklerin, güç elektroniği elemanlarının ve röle/koruyucu cihazların kullanımları artmıştır. Bu tür ekipmanların /cihazların artan uygulamaları, gerilim, akım ve frekans sinyallerinde istenmeyen sapmaların ana kaynağıdır [1]. Bu güç sinyallerinde normal değerlerden herhangi bir sapma, Güç Kalitesi (GK) bozuklukları olarak kabul edilir. GK sorunları, koruyucu elektrikli ve elektronik cihazların arızalanmasına, bilgisayar dosyalarının zarar görmesine, bellek arızasına ve otomatik sistemin öngörülemez çalışmasına neden olabilir [1]. Bu yüzden GK bozulmalarının doğru tespiti, analizi, segmentasyonu ve sınıflandırılması gereklidir.

Literatürde birçok çalışma GK olaylarının farklı amaçlı analizleri için geliştirilmiştir. Akmaz. [2]' de Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) (Çoklu Çözünürlük Analiz), K en yakın komşu algoritması ve kazanç oranı özellik seçme algoritmasını kullanarak GK bozulmalarını sınıflandırmıştır. Heydt ve ark. [3]' te Hızlı Fourier Dönüşümü (HFD) kullanarak GK bozulmalarını analiz etmiştir. Samanta ve ark. [4]'te Kesirli Fourier Dönüşümüne (KFD) ve Aşırı Öğrenme Makinesine (AÖM) dayalı bir yöntemi GK bozulmalarının sınıflandırılması için geliştirmiştir. Çalışmada KFD sinyal işleme aracı olarak kullanılırken, AÖM ise sınıflandırıcı olarak kullanılmıştır. Akmaz. [5]' te Stockwell Dönüşümü, ONE-R özellik seçme yöntemi ve Rastgele Orman (RO) algoritmasını kullanarak GK bozulmalarını sınıflandırmıştır. Sekar ve ark. [6]' da evrişimli sinir ağlarını kullanarak GK bozulmalarını sınıflandıran bir yöntem geliştirmiştir. Akmaz. [7]' de GK bozulmalarının analiz edilmesi için örnek seyreltme/yaklaşık türev yöntemine dayalı olan yeni bir sinyal işleme yöntemi geliştirmiştir. Önerilen sinyal işleme yönteminin ADD' ye göre GK bozulumu sinyallerini daha detaylı ve daha hızlı analiz edebildiği belirtilmiştir. Aynı zamanda çalışmada geliştirilen sinyal işleme yöntemi ve Destek Vektör Makinesi (DVM) ile GK bozulmaları

\* Sorumlu yazar: [dakmaz@munzur.edu.tr](mailto:dakmaz@munzur.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0000-0002-4183-6424, <sup>2</sup> 0000-0002-0779-7935

sınıflandırılmıştır. Çalışma sonuçları, geliştirilen sınıflandırma yönteminin hem sentetik sinyallerde hem de gerçek zamanlı sinyallerde başarılı olduğunu göstermiştir. Naderian ve ark. [8]'de gabor transformu ve DVM kullanarak GK bozulumlarını sınıflandıran bir yöntem geliştirmiştir. Akmaz. [9]'da yaklaşık türevi kullanarak GK bozulumlarını belirleyen ve arıza başlangıç/arıza bitiş zamanlarını bulan bir yöntem geliştirmiştir. Yöntem hem gürültü içeren sentetik sinyallerde hem de IEEE gerçek zamanlı sinyallerinde test edilmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Abdelsalam ve ark. [10]'da kalman filtresini ve karar ağacını, GK bozulumlarının belirlenmesi ve sınıflandırılması için kullanmıştır. Geliştirilen yöntem sentetik sinyallerde ve deneysel şartlarda test edilmiştir. Samanta ve ark. [11]'de hızlı zaman-zaman dönüşümü ve optimize edilmiş olasılıksal sinir ağını, GK bozulumlarının belirlenmesi ve sınıflandırılması için kullanmıştır. Yukarıda belirtilen çalışmaların dışında bazı hibrit yöntemler de GK bozulumu sinyallerinin incelenmesi ve sınıflandırılması için geliştirilmiştir. Hibrit yöntemlerde birden fazla yaklaşım/yöntem birlikte uygulanmaktadır. Gao ve ark. [12]'de uyarlamalı dalgalık eşik gürültü giderme ve derin inanç ağı/AÖM'ye dayalı bir hibrit yöntem geliştirmiştir. Benzetim ve deneysel sonuçlar ile yöntemin etkinliği doğrulanmıştır. Balakrishnan ark. [13]'de güç sistemindeki iletim hattı arızalarını tespit etmek ve sınıflandırmak için hibrit bir teknik önermiştir. Önerilen yaklaşımda doğrusal diskriminant analizi ve mürekkepbalığı optimize edici öğrenme süreci tabanlı RO algoritması birlikte kullanılmıştır. Yukarıda belirtilen çalışmaların dışında literatürde birçok farklı çalışma geliştirilmiştir. Bu çalışmaların gürültüye karşı duyarlılıkları, işlem kolaylıkları gibi birçok farklı özelliklerin detaylı analizleri [1,14,15]'te bulunabilir.

Gerilim düşümü en temel GK bozulumlarından biridir. Aynı zamanda bu GK bozulumu sistemlerde istenmeyen arızalara da yol açabilmektedir. Bu yüzden [2-13]'ten farklı olarak ayrıca literatürde gerilim düşümünü inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Hubbard ve ark. [16]'da sinyallerin birinci ve ikinci türevini kullanarak gerilim düşümü sinyalini analiz eden bir yaklaşım geliştirmiştir. Çalışmada gürültü etkisi de göz önünde bulundurulmuştur. Meena ve ark. [17]'de gerilim düşümü ve gerilim yükselmesini belirleyen bir yöntem geliştirmiştir. Çalışmada her örnekte güncellenen (Root Mean Square-RMS) karekök ortalama gerilim değerini ölçerek, gerilim düşümü ve gerilim yükselmesinin tespiti için değiştirilmiş bir kayan pencere algoritması uygulanmıştır. Latran ve ark. [18]'de ADD kullanılarak gerilim düşümü/yükselmesini belirleyen bir yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem sonuçları ile dq dönüşümü, HFD gibi farklı yöntem sonuçları karşılaştırılmıştır. Bastos ve ark. [19]'de iki bitişik sürgülü pencere arasındaki mutlak RMS gerilim farkını hesaplayarak bu anları çok az gecikmeyle bulan bir yöntemi gerilim düşümü/yükselmesi olayları için geliştirmiştir. Djokić ve ark. [20]'de gerilim düşümü sinyalini karakterize eden detaylı bir çalışma tamamlamıştır. Literatürden görüldüğü gibi farklı yaklaşımlar ve farklı analizler gerilim düşümü GK sinyali için geliştirilmiştir [16-20]. Gerilim düşümü sinyalinin doğru analiz edilmesinde harmonik analizi ve Toplam Harmonik Bozulum (THB) değerleri kullanılmaktadır. Bu yüzden bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak sentetik olarak üretilmiş bir gerilim düşümü sinyalinin farklı gürültü değerleri için harmonik analizi yapılmış ve THB değerleri incelenmiştir. HFD farklı zaman aralıklarında gerilim düşümü sinyalinin harmonik analizini yapmak için kullanılmıştır. MATLAB programı ise yazılımların uygulanması için bu çalışmada kullanılmıştır.

## 2. Gerilim Düşümü Güç Kalitesi Bozulumu

Gerilim düşümü, hassas ekipmanı etkileyebilen en yaygın GK olaylarından biridir. Rölelerin birçok kez çalışmasını ve tüm sistemin gereksiz yere kapanmasına neden olabilir [17]. Gerilim düşümü nominal güç frekansında 0,1p.u. ile 0,9 p.u. arasında besleme geriliminde düşüş olarak tanımlanır [17].

Gerilim düşümünün matematiksel formülleri Denklem (1)-(4)'te verilmiştir [7]:

$$v(t) = [1 - \alpha(u(t - t_1) - u(t - t_2))] \sin(2\pi * 50t + \varphi) \quad (1)$$

$$0.1 \leq \alpha \leq 0.9 \quad (2)$$

$$-\pi \leq \varphi \leq \pi \quad (3)$$

$$T \leq t_2 - t_1 \leq 9T \quad (4)$$

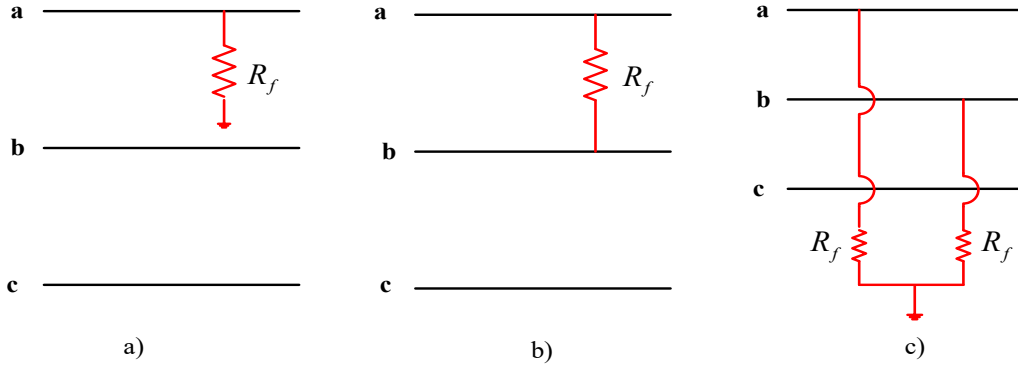
Burada  $\alpha$  gerilim çökmesinin p.u. cinsinden değeridir.  $\varphi$  sinyalin faz açısı değeridir.  $t_1$  arızanın başlangıç zamanı iken  $t_2$  arıza bitiş zamanıdır.

Gerilim düşüm sinyalinin farklı nedenleri bulunmaktadır. Bu nedenler aşağıda sıralanmıştır:

- Tek faz, iki faz ve iki faz toprak arızası gibi kısa devre arızaları gerilim düşümüne yol açabilmektedir [7]. Arıza tipine göre kısa devre arızaları sonrası bazı fazlarda gerilim düşümü olurken bazı fazlarda ise gerilim yükselmesi oluşabilmektedir. Şekil 1' de bazı kısa devre arızaları gösterilmiştir.



- Sistem empedansında ani artış [17].
- Motorların çalıştırılması gibi durumlar da gerilim düşümüne neden olabilmektedir [21].



Şekil 1. Kısa devre arızaları a) tek faz b) iki faz c) iki faz toprak kısa devre arızası.

Yukarıda görüldüğü gibi birçok farklı nedenden dolayı gerilim düşümü GK sinyali güç sistemlerinde meydana gelebilmektedir.

### 3. Güç Sistemlerinde Gürültü ve Harmonik Kavramları

Genel olarak, bir güç dağıtım sisteminde gürültünün mevcut olduğu varsayılır. Bu nedenle GK problemlerini incelerken beyaz Gauss gürültünün göz önünde bulundurulması gerekir [9]. Sinyal Gürültü Oranı (SGO) Denklem 5 ile ifade edilmektedir.

$$SGO = 10 \cdot \log(P_s/P_n) \text{ dB} \quad (5)$$

Burada  $P_s$  sinyal gücüdür ve  $P_n$  gürültüden kaynaklanan güçtür.  $P_s$  ve  $P_n$  Denklem 6 ve Denklem 7 kullanılarak tanımlanabilir:

$$P_s = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [x(k)]^2 \quad k=1,2,3,\dots,N \quad (6)$$

$$P_n = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [x_n(k)]^2 \quad k=1,2,3,\dots,N \quad (7)$$

Burada  $x(k)$  gürültüsüz temiz sinyal verisidir,  $x_n(k)$  gürültü sinyali verisidir ve  $N$  verinin uzunluğudur [9].

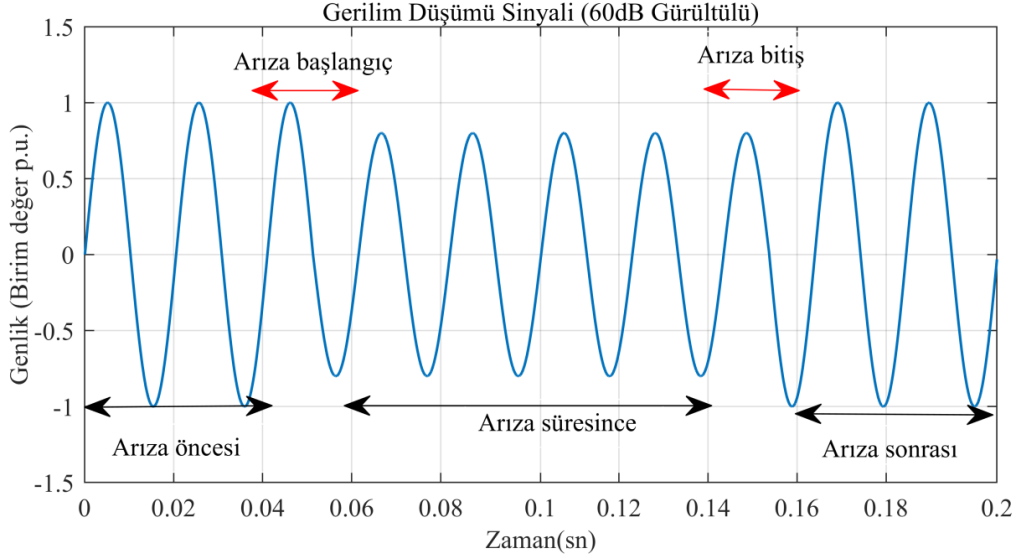
Bir harmonik, temel güç frekansının katlarındaki frekansa sahip sinüzoidal dalga şekli olarak tanımlanmaktadır [22,23]. Doğrusal olmayan özelliklere sahip yükler sonucunda harmonik akımlar ve gerilimler meydana gelmektedir [24,25]. Harmonik miktarının artması akım ve gerilim dalga formlarının bozulmasına yol açmaktadır. Güç sistemlerinde gerilim ve akım dalgalarındaki bozulma miktarını ifade etmek için THB terimi kullanılmaktadır [22,23]. THB harmoniklerin efektif değerlerinin toplamının, temel bileşenin efektif değerine oranı olarak tanımlanmaktadır. Gerilim sinyalinin THB değeri Denklem 8' deki gibi hesaplanmaktadır [26].

$$THB_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} v_n^2}}{v_1} \quad (8)$$

### 4. Uygulama

Bu çalışmada 12.8 kHz örnekleme frekansına sahip ve 10 periyot uzunluğunda bir gerilim düşümü sinyali sentetik olarak üretilmiştir. Şekil 2' de 60dB gürültüye sahip gerilim düşümü sinyali görülmektedir. Burada arıza

başlangıç zaman 0.05 sn olarak seçilirken arıza bitiş zamanı ise 0.15 sn olarak belirlenmiştir. 0.2 p.u. değerinde bir gerilim düşüm değeri uygulanmıştır. Sinyalin faz açısı sıfır olarak seçilmiştir.



Şekil 2. Gerilim düşümü sinyali.

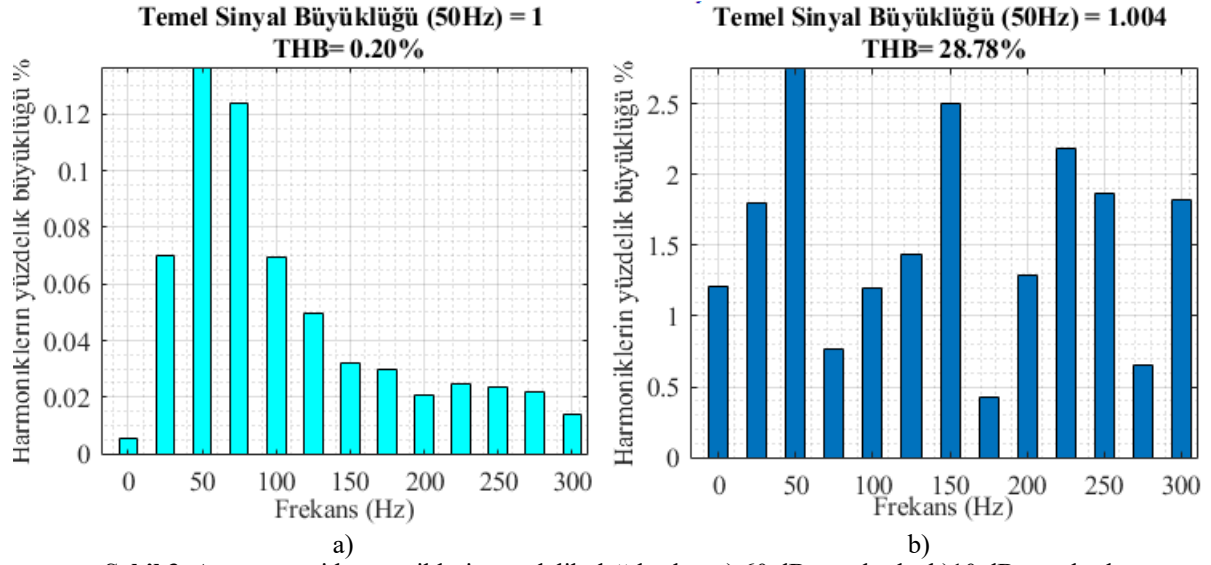
Sinyalin 0-0.04 sn arası arıza öncesi, 0.04-0.06 sn arası arıza başlangıcı, 0.06-0.14 sn arası arıza sırasında, 0.14-0.16 sn arası arıza bitiş ve 0.16-0.2 sn arası ise arıza sonrası olarak tanımlanmıştır.

**Tablo 1.** Gerilim düşümü sinyalinin farklı gürültü seviyeleri ve farklı zaman aralıklarında toplam harmonik bozulum değerleri %

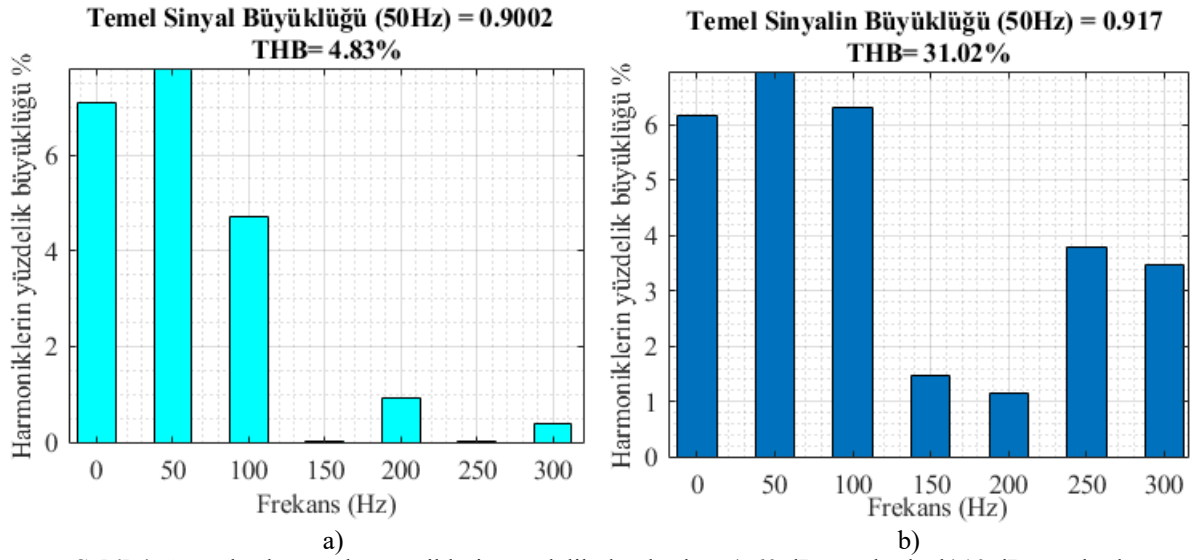
Gürültü Değeri (dB)	Arıza öncesi	Arıza başlangıç	Arıza süresince	Arıza bitiş	Arıza sonrası
60	0.2	4.83	0.33	4.85	0.19
50	0.34	4.86	0.48	4.88	0.32
40	0.98	5.09	1.14	4.88	0.90
30	2.83	5.82	3.51	6.01	2.72
20	8.97	11.62	11.18	11.40	8.73
10	28.78	31.02	36.39	31.6	28.46

Sinyali incelemek için beş farklı zaman diliminin THB değerleri incelenmiştir. Bunlar sırası ile arıza öncesi, arıza başlangıç anı, arıza sırasında, arıza bitiş anı ve arıza sonrasıdır. Detaylı bir analiz yapabilmek için sinyale sırası ile 60-50-40-30-20-10 dB gürültü değeri eklenmiştir. Bu gürültü aralığı birçok farklı çalışmadan (20-50dB) daha geniş seçilmiştir [4,6,7]. Tablo 1' de farklı gürültü değeri ve farklı zaman aralıkları için elde edilen THB değerleri gösterilmiştir. Bu tablodan görüldüğü gibi gürültü değerinin yükselmesi THB' değerinin oldukça artmasına yol açmaktadır. Örneğin 60 dB gürültüde en büyük THB değeri %4.85 iken, 10 dB gürültüde en büyük THB değeri %36.39 olmuştur. Bu değerler gürültünün THB değerini değiştirmekte oldukça etkili olduğunu göstermiştir.

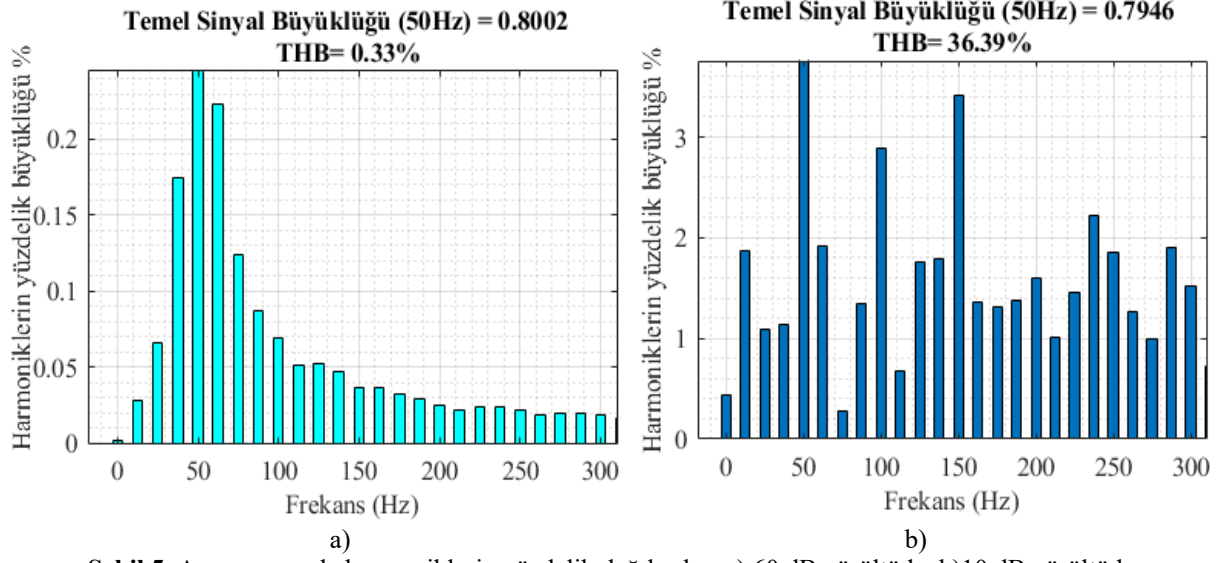
Aynı zamanda gürültünün harmoniklerin yüzdelik dağılımlarına etkisini görmek için 60dB ve 10dB gürültü içeren gerilim düşmesi sinyalleri karşılaştırılmıştır. Şekil 3- Şekil 7 arasında sırası ile arıza öncesi, arıza başlangıç anı, arıza sırasında, arıza bitiş anı ve arıza sonrası için 60 ve 10 dB' gürültüdeki gerilim düşümü sinyalinin harmoniklerin yüzdelik dağılımları görülmektedir. Bu şekillerden görüldüğü gibi gürültü, harmoniklerin yüzdelik dağılımlarını oldukça değiştirmektedir. Örneğin Şekil 3 a)'dan görüldüğü gibi 60dB gürültüde 3. harmoniğin (150Hz) yüzdelik büyüklüğü yaklaşık olarak %0.03 iken Şekil 3 b)'den görüldüğü gibi 10dB gürültüde 3. harmoniğin (150Hz) yüzdelik büyüklüğü yaklaşık olarak %2.5 olmuştur. Aynı zamanda Şekil 3-Şekil 7'den görüldüğü gibi harmoniklerin yüzdelik dağılımları da gürültü etkisiyle değişmektedir.



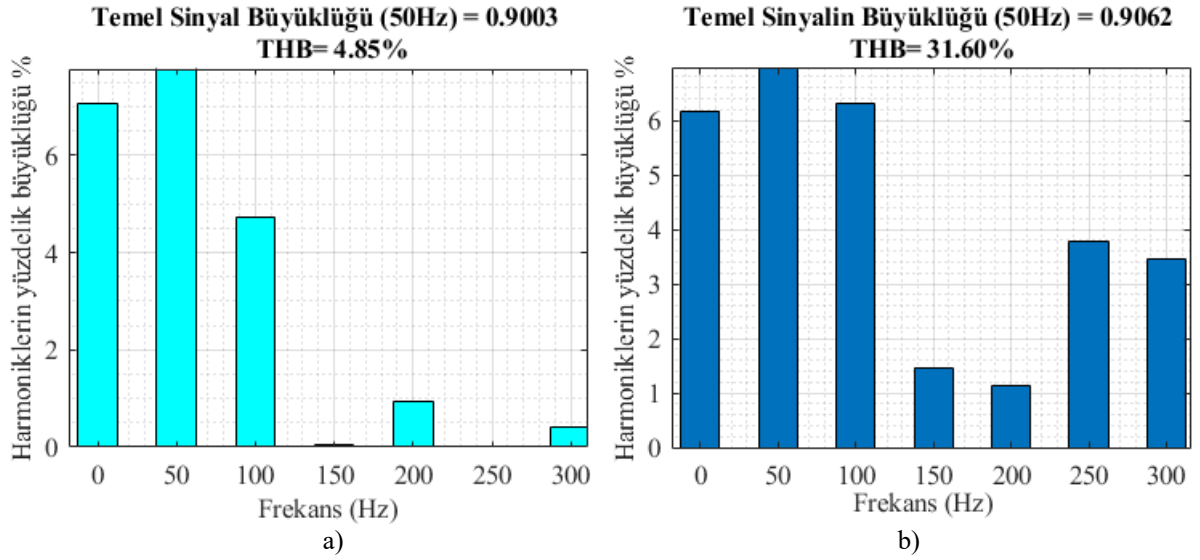
Şekil 3. Arıza öncesi harmoniklerin yüzdeler dağılımları a) 60 dB gürültüde b)10 dB gürültüde.



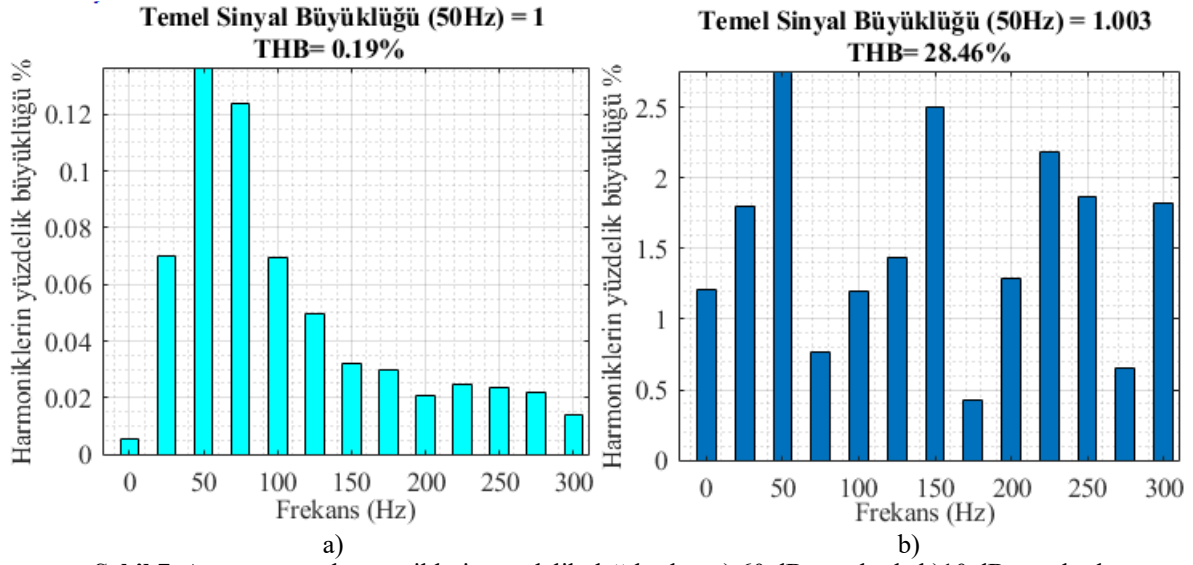
Şekil 4. Arıza başlangıcı harmoniklerin yüzdeler dağılımları a) 60 dB gürültüde b)10 dB gürültüde.



Şekil 5. Arıza sırasında harmoniklerin yüzdelerik dağılımları a) 60 dB gürültüde b)10 dB gürültüde.



Şekil 6. Arıza bitişinde harmoniklerin yüzdelerik dağılımları a) 60 dB gürültüde b)10 dB gürültüde.



Şekil 7. Arıza sonrası harmoniklerin yüzdelik dağılımları a) 60 dB gürültüde b) 10 dB gürültüde.

Yukarıda belirtilen benzetim koşullarının dışında birçok farklı benzetim gerçekleştirilmiştir. Bu benzetimlerde farklı faz açıları ( $\pi/2, \pi/3$ ), farklı gerilim düşümü değerleri (0.4, 0.8 p.u) göz önünde bulundurulmuş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir

\*Gürültü THB değerlerini etkilemektedir.

\*Gürültü aynı zaman aralıkları için gerilim düşümü sinyalinin harmonik yüzde dağılımlarını etkilemektedir.

## 5. Sonuçlar

Gerilim düşümü sinyali en temel güç kalitesi bozulumu sinyallerinden biridir. Bu yüzden gerilim düşümü sinyalinin analiz eden birçok farklı çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda gerilim düşümü sinyalinin belirlenmesi, segmentasyonu ve sınıflandırılması gibi birçok farklı amaç bulunmaktadır. Bu çalışmada ise farklı gürültü değerlerine sahip olan gerilim düşümü sinyalinin farklı zaman aralıkları için harmonik dağılımları ve toplam harmonik bozulumu değerleri incelenmiştir. Benzetim sonuçları gürültünün yükselmesi ile birlikte sinyalin farklı zaman aralıklarındaki harmonik dağılımları ve toplam harmonik bozulumu değerlerinin arttığını göstermiştir. Bu durum gerilim düşümü sinyalinin tanımlanması ve analizini zorlaştırabilmektedir. Gürültünün giderilmesinde farklı gürültü azaltma yöntemleri kullanılabilir. Gelecek çalışmalarda farklı gürültü giderme yöntemlerinin başarısı farklı şartlar altındaki gerilim düşümü sinyali için test edilebilir. Gürültü giderme sonrası harmonik dağılımları ve toplam harmonik bozulumu değerleri de incelenebilir. Aynı zamanda benzer çalışmalar gerilim yükselmesi, harmonik gibi farklı güç kalite bozulumu sinyalleri içinde test edilebilir.

## Kaynaklar

- [1] Mishra M. Power quality disturbance detection and classification using signal processing and soft computing techniques: A comprehensive review. *Int. Trans. Electr. Energy Syst* 2019; 29(8): e12008.
- [2] Akmaz D. Güç Kalitesi Olaylarının Dalgacık Dönüşümü, K-En Yakın Komşu Algoritması ve Kazanç Oranı Özellik Seçme Yöntemi Kullanılarak Tanınması. *International Journal of Innovative Engineering Applications* 2022; 6(1): 42-47.
- [3] Heydt GT, Fjeld PS, Liu CC, Pierce D, Tu L, Hensley G. Applications of the windowed FFT to electric power quality assessment. *IEEE Trans. Power Delivery* 1999; 14(4): 1411-1416.
- [4] Samanta IS, Rout PK, Mishra S. An optimal extreme learning-based classification method for power quality events using fractional Fourier transform. *Neural Comput. Appl.* 2021; 33: 4979-4995.
- [5] Akmaz D. Stockwell Dönüşümü. ONE-R Özellik Seçme Yöntemi ve Rastgele Orman Algoritması ile Güç Kalitesi Bozulumu Sinyallerinin Sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2022; 34(1): 267-276.
- [6] Sekar K, Kanagarathinam K, Subramanian S, Venugopal E, Udayakumar C. An improved power quality disturbance detection using deep learning approach. *Math. Probl. Eng.* 2022.
- [7] Akmaz D. A new signal processing approach/method for classification of power quality disturbances. *Digital Signal Process* 2022; 130: 103701.
- [8] Naderian S, Salemnia A. Method for classification of PQ events based on discrete Gabor transform with FIR window and T2FK-based SVM and its experimental verification. *IET Gener. Transm. Distrib* 2017; 11(1): 133-141.

- [9] Akmaz D. Approximate-derivative-based signal-processing method to segment power-quality disturbances. *IET Gener. Transm. Distrib* 2020; 14(21): 4835-4846.
- [10] Abdelsalam AA, Abdelaziz AY, Kamh MZ. A generalized approach for power quality disturbances recognition based on Kalman filter. *IEEE Access* 2021; 9: 93614-93628.
- [11] Samanta IS, Rout PK, Mishra S, Swain K, Cherukuri M. Fast TT transform and optimized probabilistic neural network-based power quality event detection and classification. *Electr. Eng.* 2022; 104(4): 2757-2774.
- [12] Gao Y, Li Y, Zhu Y, Wu C, Gu D. Power quality disturbance classification under noisy conditions using adaptive wavelet threshold and DBN-ELM hybrid model. *Electr. Power Syst. Res.* 2022; 204: 107682.
- [13] Balakrishnan P, Gopinath S. A new intelligent scheme for power system faults detection and classification: A hybrid technique. *Int. J. Numer. Modell. Electron. Networks Devices Fields* 2020; 33(5): e2728.
- [14] Granados-Lieberman D, Romero-Troncoso RJ, Osornio-Rios RA, Garcia-Perez A, Cabal-Yepez E. Techniques and methodologies for power quality analysis and disturbances classification in power systems: a review. *IET Gener. Transm. Distrib* 2011; 5(4): 519-529.
- [15] Saxena D, Verma K, Singh S. Power quality event classification: an overview and key issues. *International journal of engineering, science and technology* 2010; 2(3): 186-199.
- [16] Hubbard SJ, Collins ER. Uses of signal derivatives in analysis voltage sags. In : 2004 11th International Conference on Harmonics and Quality of Power 2004; pp. 531-536.
- [17] Meena P, Rao KU, Ravishankar D. A modified simple algorithm for detection of voltage sags and swells in practical loads. In: 2009 International Conference on Power Systems 2009; pp. 1-6.
- [18] Latran MB, Teke A. A novel wavelet transform based voltage sag/swell detection algorithm. *Int. J. Electr. Power Energy Syst* 2015; 71: 131-139.
- [19] Bastos AF, Lao KW, Todeschini G, Santoso S. Accurate identification of point-on-wave inception and recovery instants of voltage sags and swells. *IEEE Trans. Power Delivery* 2018; 34(2): 551-560.
- [20] Djokić SŽ, Milanović JV, Rowland SM. Advanced voltage sag characterisation II: point on wave. *IET Gener. Transm. Distrib* 2007; 1(1): 146-154.
- [21] Henderson RD, Rose PJ. Harmonics: the effects on power quality and transformers. *IEEE Trans. Ind. Appl* 1994; 30(3): 528-532.
- [22] Phipps JK, Nelson JP, Sen PK. Power quality and harmonic distortion on distribution systems. *IEEE Trans. Ind. Appl* 1994; 30(2): 476-484.
- [23] Subjak JS, Mcquillkin JS. Harmonics-causes, effects, measurements, and analysis: an update. *IEEE Trans. Ind. Appl* 1990; 26(6): 1034-1042.
- [24] Kürker F. Doğrusal olmayan yük bulunan tesislerde güç faktörüne toplam harmonik bozulmanın etkisi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2022; 9(16): 219-235.
- [25] Kürker, F. Performing power quality analysis of different LED lamps. *Turkish Journal of Electromechanics and Energy* 2022;7(1):32-40.
- [26] Bozabalı M, Üç Fazlı Sistemlerde Paralel Aktif Güç Filtre Tasarımı ve Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya 2009.

## Onobrychis Bitkisine Ait Meyve Tiplerinin Makine Öğrenmesi Yaklaşımıyla Sınıflandırılması

Mehmet Selim KIZGIN<sup>1</sup>, Zafer ÇAMBAY<sup>2</sup>, Hakan SEPET<sup>3</sup>, Salih Taha Alperen ÖZÇELİK<sup>4</sup>, Hakan UYANIK<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Milli Eğitim Bakanlığı, Elazığ Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup>Fırat Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Elazığ, Türkiye

<sup>3</sup>Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elazığ, Türkiye

<sup>4</sup>Bingöl Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Bingöl, Türkiye

<sup>5</sup>Munzur Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Tunceli, Türkiye

<sup>1</sup> mehmetseimkizgin@hotmail.com, <sup>2</sup> zcambay@firat.edu.tr, <sup>3</sup>hakan.sepet@ahievran.edu.tr, <sup>4</sup>sozcelik@bingol.edu.tr, <sup>5</sup>hakanuyanik@munzur.edu.tr

(Geliş/Received: 10/04/2023;

Kabul/Accepted: 25/09/2023)

**Öz:** Bu çalışmada amaç makine öğrenmesi ve Yerel İkili Örüntü (YİÖ) hakkında genel bir bilgi verip bu bilgi ışığında Türkiye’de yetişen korunga (*Onobrychis*) bitki meyvelerini makine öğrenmesi ile sınıflandırmaktır. 4 farklı Korunga (*Onobrychis*) türüne toplam 448 adet meyve görüntüsü kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu türler sırasıyla *O. cappadocica*, *O. argyrea*, *O. hypargyrea* ve *O. tournefortii*’dir. Korunga (*Onobrychis*) meyve çeşitlerini sınıflandırmasını yapmak için makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. Kullanılan bu yöntemler sırasıyla Destek Vektör Makinesi (DVM), Naif Bayes(NB), Karar Ağaçları (KA) ve K-En Yakın Komşu (k-EYK) olmak üzere dört farklı yöntem ile sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Bu dört farklı yöntemin pe<sup>1</sup>rformansları karşılaştırılıp en başarılı modelin %99,6 doğru sınıflandırma başarı oranı ile Destek Vektör Makinesi Yöntemi olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Makine öğrenmesi, Yerel İkili Örüntü, Örüntü Tanıma, Korunga (*Onobrychis*)

### Classification of Fruit Types of Onobrychis with Machine Learning Approach

**Abstract:** In this study, the aim is to give general information about machine learning and Local Binary Pattern (LBP) and to classify sainfoin (*Onobrychis*) plant fruits grown in Türkiye with machine learning in the light of this information. A database was created using a total of 448 fruit images of 4 different Sainfoin (*Onobrychis*) species. These species are *O. cappadocica*, *O. argyrea*, *O. hypargyrea* and *O. tournefortii*, respectively. Machine learning methods were used to classify sainfoin (*Onobrychis*) fruit varieties. These methods were classified by four different methods, namely Support Vector Machine Method, Naive Bayes Algorithm Method, Decision Trees Method and K-Nearest Neighbor Method. The performances of these four different methods were compared and it was determined that the most suitable model was the Support Vector Machine Method with a 99.6% correct classification success rate.

**Key words:** Makine öğrenmesi, Local Binary Pattern (LBP), Pattern Recognition, *Onobrychis*.

### 1.Giriş

Günümüzde bitkilerin sınıflandırılması daha çok geleneksel yöntemler ile yapılmaktadır. Geleneksel bitki sınıflandırma yöntemleri, botanikçilerin yıllarca biriktirdiği gözlemsel bilgilere ve karmaşık sınıflandırma kılavuzlarına dayanır. Bitkilerin morfolojik ve anatomik özelliklerine göre uzmanlar tarafından sınıflandırılır ve tanımlanır. Bu deneyim ve uzmanlık gerektiren süreç yıllar süren saha çalışmaları sonucunda kazanılan bir yetenektir. Bitkilerin sınıflandırılması için uzman botanikçi morfolojisi (şekil, boyut, renk, doku), anatomisi, üreme yöntemleri ve diğer özellikleri gibi gözlemlenebilir özellikleri bilmelidir. Pratik ve kullanışlı otomatik bir bitki tanıma sistemi oluşturulması, bitkilerin ayrıştırılması ve yönetilmesi açısından oldukça verimli bir çalışma olabilir. Makine öğrenmesiyle bitki sınıfının otomatik belirlenmesi zaten az sayıda olan botanik uzmanlığı mesleğindeki uzmanlık gereksiniminden kurtaracaktır. Ayrıca uzmanlar tarafından bitki sınıflandırma eyleminin manuel gerçekleştirilmesi uzun zaman alan bir işlem olacaktır. Makine öğrenmesi büyük veri kümelerinde hızlı bir şekilde çalışabilir. Bu sayede çok sayıda bitkiyi hızlıca sınıflandırabilir. Makine öğrenmesi yanlış sınıflandırmaları öğrenerek ve düzelterek zamanla daha iyi hale gelebilir. Bu durum da sürekli iyileştirmeyi mümkün kılar. Ayrıca manuel sınıflandırma için bazı durumlarda mikroskopik inceleme gerekmesi ekipman ve özel eğitim gerektirebilir. Başarılı bir makine öğrenmesi algoritması ise buna ihtiyaç duymaz. Aynı zamanda bazı bitki türlerinin morfolojik ve anatomik açıdan benzerliği manuel sınıflandırma için hata olasılığını arttırabilir. Bitkilerin tanınabilirliğini sağlamak için her türe ait bitki çeşitlerin veri tabanını kurmak gerekir. Bu veri tabanını kurmak zor ama önemli bir adımdır. Bitkileri dijital ortama aktararak bitki türlerinin çeşitlerini sınıflandırmada

\*Sorumlu Yazar mehmetseimkizgin@hotmail.com Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup>0000-0001-8176-6259, <sup>2</sup>0000-0002-1170-7525, <sup>3</sup>0000-0003-0591-3397, <sup>4</sup>0000-0002-7929-7542, <sup>5</sup>0000-0002-6870-7569



hızlı ve iyi bir verim elde edilebilir. Meyvelerin şekil ve özelliklerini kullanarak bitki tohumlarını tanıma yaklaşımı bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır [1-2].

Acar ve arkadaşları [3], yapmış oldukları çalışmada; Zambak yapraklarında oluşan pas lekelerinin Gabor dalgacık yöntemi kullanılarak pas lekesinin oluşup oluşmadığını veya sağlıklı olup olmadığını tespit ettiler. Bu çalışmada 53 resim ile çalıştılar. Alınan bu resimler her bir pikseline karşılık gelecek noktaya özellik vererek matris oluşturdular ve elde edilen bu matrisler normalizasyon ile sınıflandırılarak hastalıklı mı yoksa sağlıklı mı olduğunu tespit ettiler. Çalışmada zambak yapraklarındaki pas lekelerini Gabor dalgacık yöntemi %80 sınıflandırma başarısı elde edilmiştir.

Kılıç ve arkadaşları [4], narenciye yapraklarının hastalıklarını teşhis etmek amacıyla 4 farklı veri seti üzerinde çalışma yaptılar. Bu veri setleri üzerinden VGG16 ve AlexNet ile iki ESA modeli oluşturularak, narenciye hastalıklarını tespit etmek için kullandılar. Bu yöntemde VGG16 ve AlexNet modelleri oluşturulan veri setlerini kullanarak %82,64, %93,39 ve %92,56 doğruluk oranlarıyla başarılı bir şekilde sınıflandırıldılar.

Elmas ve arkadaşları [5], mantar türlerini tespit etmek için 18 aileye ait 472 sınıfın görüntülerini içeren düzensiz veri, düzenlenmiş veri ve düzenlenerek oluşturulmuş veri olmak üzere üç farklı veri seti oluşturdular. Bu çalışmada 6 farklı evrişimli sinir ağını transfer öğrenme yöntemi kullanılarak eğittiler. Bu transfer modelde, düzenlenmiş mantar verilerini %97,62 doğruluk oranı ile en başarılı veri seti olarak sınıflandırmışlardır.

Baranval ve arkadaşları [6], Elma yaprağı hastalığı tanımak için 6 farklı hastalığa ait 2462 görüntü içeren veri seti oluşturdu. Derin öğrenme ile elma yaprağı hastalıklarını tanımak için DenseNet-12 derin evrişim ağına dayalı üç regresyon yöntemi, çok etiketli sınıflandırma ve odak kaybı fonksiyonu ile oluşan üç farklı sınıflandırma yöntemi kullandılar. Üç regresyon yöntemindeki başarı oranı %93,51, çok etiketli sınıflandırma yöntemindeki başarı oranı %93,31 ve odak kaybı fonksiyonundaki başarı oranını ise %93,71 olarak tespit ettiler. Elma yaprağı hastalığını tespiti için %93,71 başarı oranı ile odak kaybı fonksiyonunu önerdiler.

Koklu ve arkadaşları [7], 5 farklı türden oluşan 500 asma yaprağı görüntüsüyle bir veri seti oluşturdular. Ardından veri artırma kullanarak verileri 5 kat çoğaltıp 2500 görüntü elde ettiler. MobileNetv2 ile sınıflandırma gerçekleştirdiler. Ayrıca kullandıkları derin öğrenme ağından aldıkları öznelik vektörlerinden Ki-Kare yöntemiyle öznelikleri seçerek destek vektör makineleri (DVM) ile sınıflandırdılar. Araştırmacılar Kübik DVM için %97,6 sınıflandırma başarısı elde ettiler.

Ganguly ve arkadaşları [8], derin öğrenme tekniğiyle Bonferroni füzyon öğrenme yöntemini birleştirerek BLeafNet isminde yeni bir yaprak görüntü sınıflandırma modeli geliştirdiler. Malayakew, Leafsnap ve Flavia veri setlerini kullanan araştırmacılar sırasıyla %98,54, %92,22 ve %98,7 sınıflandırma başarısı elde ettiler.

Belal ve arkadaşları [9], 12 türe ait 960 benzersiz bitki ile yaklaşık 5.000 adet bitki fidesi görüntüsü içeren bir veri seti oluşturdular. Bu bitki fidelerini derin öğrenme tekniği olan, Konvolüsyon Sinir Ağı (KSA) algoritmaları kullanarak sınıflandırma işlemi yaptılar. Bu sınıflandırma algoritması ile %99,48' lik başarı elde ettiler.

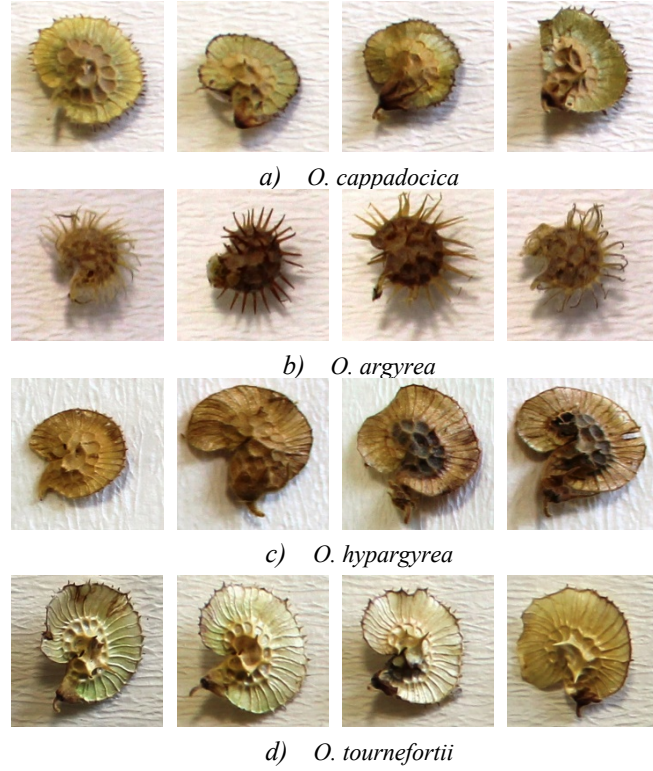
Argüeso ve arkadaşları [10], tarlada çekilen bitki görüntülerden bitki hastalığını tespit etmek için ABD'deki Penn State Üniversitesinde bulunan PlantVillage bilgi bankasından, 14 mahsul türü ve 26 hastalık içeren 38 sınıfla 54.303 yaprak görüntülerini veri seti olarak kullandılar. Bu çalışmada bitki yapraklarını sınıflandırmak için Few-Shot Learning (FSL) algoritması ile çalıştılar. Few-shot Learning algoritmasından %90 doğruluk oranı ile sınıflandırma başarısı elde ettiler.

Joggekar ve arkadaşları [11], Leafminer, Sooty Mold ve Pulvinaria üç farklı narenciye hastalıklarını tespit etmek için 1774 narenciye yaprağı görüntüsünden oluşan bir veri seti oluşturdular. Sınıflandırıcı düzeyinde çeşitlilik için AlexNet, VGG16, ResNet50 ve Inception\_ResNet\_v2 gibi farklı mimariler kullandılar. Evrişimli sinir ağların (ESA) yöntemi ile %99,04'lük başarı elde ettiler.

Bu çalışmadaki amaç, onobrychis (korunga) bitki meyvelerini tanımak ve tanınan meyveleri sınıflandırmaktır. Sınıflandırma için 4 farklı takson sınıfından 448 görüntüden oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. Toplanan görüntülerden yerel ikili örüntü (YİÖ) özellikleri çıkarılmıştır. Sonra YİÖ özellikleri çeşitli makine öğrenmesi sınıflandırıcıları aracılığıyla sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma işlemi sayesinde botanikçiler *Onobrychis* cinsini rahatlıkla tanıyabilecek ve sınıflandırabilecektir. Böylece iklim ve toprak yapısına uygun bitki seçimini yaparak daha verimli ürün elde etmesine olanak sağlayacaktır.

## 2. Materyal ve Metod

Türkiye'nin değişik bölgelerinde yetişen *Onobrychis* (korunga) cinsine ait 4 farklı taksondan 448 farklı meyve toplanarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. *Onobrychis* cinsine ait türler sırası ile *O. cappadocica*, *O. argyrea*, *O. hypargyrea* ve *O. tournefortii* 'dir. Aşağıdaki Şekil 1'de türlere ait örnek görüntüler verilmiştir [12].



**Şekil 1.** Kullanılan *Onobrychis* (korunga) bitkisine ait resimler  
a) *O. cappadocica*, b) *O. argyrea*, c) *O. hypargyrea* ve d) *O. tournefortii*

*Onobrychis* bitkisine ait taksonlar Türkiye genelinde farklı lokalitelerden toplanarak görüntüleri veri tabanına kaydedilmiştir. Her nesne ayırt edilebilecek bir fon üzerine yerleştirilerek ve meyve ile kamera arasında 40 cm yükseklik olacak şekilde görüntüleri alınmıştır. Bu alına görüntüler veri tabanına kaydedilmiştir. Bu yükseklikten, ölçümleme nesnesi olarak kullanılan uzunluğu bilinen bir nesnenin görüntüsü alınmış, paranın resimdeki boyutları ile gerçek boyutları karşılaştırılmış ve değerlerin aynı olduğu görüldüğünden kullanılan yükseklik geçerli kılınmıştır [12]. Elde edilen görüntülerin boyutu 300x300 dür.

Bu çalışmanın amacı *Onobrychis* cinsine ait meyvelerden etkili özellikler elde ederek bu özellikler üzerinden görüntülerin sınıflandırılmasıdır. Bu çalışmada Destek Vektör Makinesi, Naif Bayes Algoritması, Karar Ağaçları, K-en Yakın Komşu gibi makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmaları kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

### 3. Yerel İkili Örüntü (YİÖ)

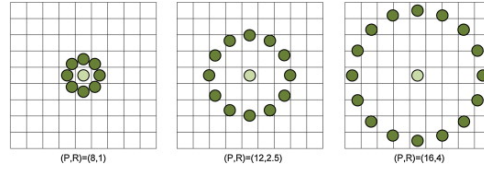
YİÖ operatörü yerel komşuluk değerlerine dayalı bir özellik çıkarma yöntemidir. Bu yöntem ilk olarak Zhou vd. tarafından ortaya çıkarılmıştır [13]. YİÖ, her bir pikselin komşu piksellerle karşılaştırılmasına dayanır, bu da yerel özelliklerin vurgulanmasına yardımcı olur. Bitki tohumları gibi nesnelerin benzersiz yerel özellikleri, tanıma ve sınıflandırmada önemlidir. YİÖ, görüntülerdeki dokusal bilgiyi yakalamak için etkili bir yöntemdir. Bitki tohumlarının yüzey dokusu ve deseni, bitki türlerini ayırt etmek için önemli bir özelliktir ve YİÖ bu özelliği vurgular. YİÖ, özellik vektörlerini düşük boyutlu tutarak, veri boyutunu azaltabilir ve hesaplama maliyetini düşürebilir. Bu durum, büyük veri setleri üzerinde etkili bir şekilde çalışmayı kolaylaştırabilir. Bitki tohumu sınıflandırmada efektif olabilecek bu güçlü yanlarından ötürü çalışma için öznitelik olarak YİÖ seçilmiştir.

YİÖ, bir görüntünün mikro örüntülerden oluştuğunu varsayar. Bu mikro örüntüler tekdüze(uniform) ve tekdüze olmayan örüntüler şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Genel olarak YİÖ 'nün uygulandığı çalışmalarda tekdüze örüntüler kullanılmaktadır. YİÖ operatörü, görüntünün her pikseli için bir etiket oluşturmaktadır [13]. Merkez piksel in komşu piksellerle karşılaştırılması sonucu elde edilen ikili tabandaki sayı merkez piksel için YİÖ değerini ifade etmektedir. YİÖ değerleri görüntüdeki her pikselin komşuları arasındaki farkın basamak fonksiyonu ile ikilileştirilmesi ile elde edilir. YİÖ etiketi aşağıdaki eşitlik ile elde edilir [14].

$$YiÖ_{P,R}(X_c) = \sum_{p=0}^{P-1} \mu(X_p - X_c) 2^p \quad (1)$$

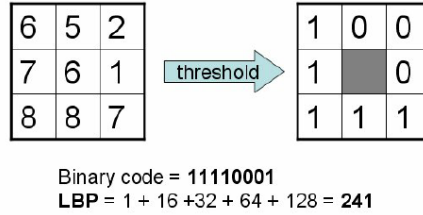
$$\mu(y) = \begin{cases} 1, & y \geq 0 \text{ ise} \\ 0, & y < 0 \text{ ise} \end{cases} \quad (2)$$

Denklem (1)'de belirtilen  $X_c$ , YİÖ etiketi üretilen merkez pikseli,  $X_p$ , merkez pikselin komşularını, R komşuların merkez piksele olan uzaklığını, P ise işleme sokulan komşu sayısını belirtir [15]. Denklem 2' de ise merkez pikselin komşuları arasındaki mesafenin sıfıra veya sıfırdan büyük olduğunda 1 sonucu ürettiğini sıfırdan küçük olduğunda ise sıfır değerini ürettiğini belirten denklemdir. Bu yapı farklı dairesel komşuluklar içinde kullanılabilirliğini göstermektedir. Farklı P ve R değerlerin kullanılması ile farklı ölçekteki dokuların analizini gerçekleştirmek mümkün olmaktadır [15]. Şekil 2'de farklı YİÖ operatörleri verilmiştir.



Şekil 2. Farklı P ve R parametrelerine göre YİÖ operatörleri [16].

Şekil 3'te de YİÖ operatörü ile bir pikselin etiketlenmesine ilişkin örnek verilmiştir.



Şekil 3. Bir piksel için YİÖ değerinin elde edilmesi [17]

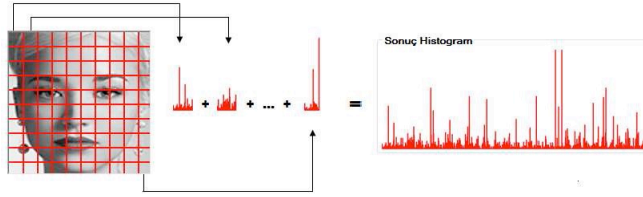
Her YİÖ sayısal değerinin tümü doku analizinde kullanılmaz [17]. Tekdüze örüntüler, YİÖ dilinde 1-0 veya 0-1 gibi geçiş sayıları 2 veya 2'den daha az olanlardır. Örnek verecek olursak 11111 ve 00000 örüntüleri herhangi bir geçiş olmadığından 0 geçişe, 001100 ve 111011 örüntüleri ise 2 sayı geçişine sahip olduklarından tekdüze örüntüler olarak ifade edilir. Ancak 10111010 sayısı 5 geçişli 00100100 sayısı ise 4 geçişli bir sayı olduklarından bunlar tekdüze örüntü değildir. 3x3 alt resimler için 256 farklı YİÖ kodu oluşmaktadır. Bunların 58 tanesi tekdüze örüntüdür. Tekdüze olmayan örüntülerin tümü tek bölmede toplanarak toplam 59 bölme elde edilir. YİÖ histogramları bu 59 örüntü üzerinden çıkarılmaktadır [18].

YİÖ merkez pikselin komşular ile arasındaki sıralamasını aynen alır, fakat komşuların sıralamasını almaz. Bundan dolayı ikilik sayı arasındaki geçiş düzenine bakarak YİÖ'nün düzenli olup olmadığına karar verilir. Düzenli olabilmesi için ölçüt olarak 1-0 veya 0-1 geçişlerin en fazla iki tane olması şartı koşulur. 256 YİÖ kodu incelendiğinde ise 58 tanesi düzenli 198 tanesi ise düzensizdir. Düzenli YİÖ kodlarının bulunması için aşağıdaki denklemler kullanılır. Denklem 3' de ve Denklem 4'te belirtilen  $U_c$  merkez pikselin düzenlilik ölçüsü iken s ise özel dönüşüm fonksiyonunu belirtir [19].

$$U_c = \sum_{i=0}^{p-1} |s(g_i - g_c) - s(g_{i-1} - g_c)| \quad (3)$$

$$YiÖ_{cj} = \begin{cases} \sum_{i=0}^{P-1} |s(g_i - g_c), \text{eğer } U_c \leq j, j = 2 \\ P + 1, \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad (4)$$

Histogram, YİÖ ile etiketlenen resim üzerindeki verilerin dağılımlarını belirlemek için kullanılır. Görüntü üzerinde genel bir histogram oluşturmaktansa, lokal dağılımlara göre histogram oluşturmak görüntüyü sisteme tanıtmaya işleminde daha başarılı olacaktır. Lokal histogramı oluşturmak için resim belirli boyutlarda (20x20 gibi) bloklara ayrılır. Daha sonra elde etmiş olduğumuz her bir bloğun histogramı çıkarılır. YİÖ' llerde düzenli olanlar, dikkate alınır. Her blokta 58 adet düzenli blok olduğundan bunlar dikkate alınır. Düzensiz olanlar için ise tek bir değer tutmak yeterli olacaktır. Örnek verilecek olursa 10x10'luk bloklar için 59x100 tane özellik vektörü bulunur. Şekil 4'te görüldüğü gibi alt bloklardan oluşmuş histogramlar uç uca eklenerek YİÖ lokal histogramı oluşturulur [20].



Şekil 4. YİÖ Histogramının elde edilmesi [21]

#### 4. Bulgular ve Tartışma

Sınıflandırma kavramı, verinin daha önceden belirlenen sonuçlara uygun olarak ayrıştırılmasını sağlayan bir yöntemdir. Sınıflandırma algoritmaları, daha önceden verilen eğitim kümesinden bu ayrışma şeklini öğrenirler ve daha sonra sınıfı belli olmayan test verileri verildiğinde doğru şekilde ayrıştırmaya çalışırlar. Sonuçlar, daha önceden bilindiği için sınıflama, veri kümesini denetimli (supervised) olarak öğrenirler. Sınıflandırma yöntemleri, verilen bir eğitim kümesinden bu dağılım şeklini diğer bir deyişle hangi parametreler ile gözlemlerin hangi kategorilere ayrışacağını öğrenirler ve daha sonra test verileri geldiğinde doğru şekilde sınıflandırmaya çalışırlar. Veri kümesi üzerinde verilen bu sınıfları belirten değerlere etiket ismi verilir ve gerek eğitim gerekse test sırasında verinin sınıfının belirlenmesi için kullanılırlar [21,22].

Bu çalışmada amacımız *Onobrychis* cinsine ait meyvelerden etkili özellikler elde ederek bu özellikler üzerinden görüntülerin sınıflandırılmasıdır. Bu çalışmada Destek Vektör Makinesi, Naive Bayes Algoritması, Karar Ağaçları, K-en Yakın Komşu ve Logistik Regrasyon yöntemleri gibi farklı sınıflandırma algoritmaları kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sınıflandırmaya ait sonuçlar Tablo 1'de verilmiş ve aşağıdaki bölümlerde detaylandırılmıştır..

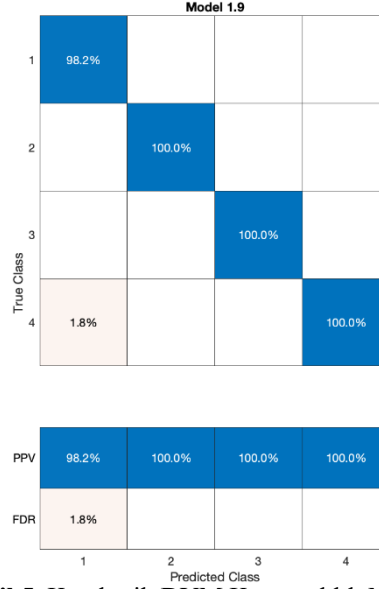
Tablo 1. Sınıflandırma Sonuçları

Sınıflandırma Metodu	Elde edilen sınıflandırma başarısı
DVM	99,6
Naive Bayes	96,2
Karar Ağaçları	92,4
k-EYK	96,2

##### 4.1 Destek vektör makinesi yöntemi

Destek vektör makineleri (DVM), iki farklı modelde kullanılmaktadır. Birincisi regresyon analizi ikincisi ise sınıflandırma modelidir. Denetimli öğrenme modeline dayandığından sınıflandırma modeli daha çok tercih edilmektedir. Bu yöntem çalışacak verinin tipine bağlı olarak, çekirdek fonksiyonlarında da kullanılabilir. Bu özelliğinden dolayı lineer ve lineer olmayan sınıflandırma işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Sınıflandırma modeli uygulanırken verinin yapısına bağlı olarak iki farklı düzlem görülmektedir. Eğer tam ayrıştırılabilir veri

kullanılırsa veriler hiper düzlem ile sınıflandırılır. Tam tersi durumda veriler tam ayrıştırılmayan durumda kullanılmışsa aynı boyutta tek bir düzlemde sınıflandırma işlemi gerçekleşir. Bu özelliğinden dolayı farklı çekirdek fonksiyonları tercih edilmektedir [23].



**Şekil 5.** Kuadratik DVM Karmaşıklık Matrisi

Şekil 5'te gösterilen Kuadratik DVM sınıflandırma modeline göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Birinci satırda gösterilen *O. cappadocica* bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %98,2 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

İkinci satırda gösterilen *O. argyrea* bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %100 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Üçüncü satırda gösterilen *O. hypargyrea* bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %100 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Dördüncü satırda gösterilen *O. tournefortii* bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %100 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Yukarıdaki sonuçlara göre, Kuadratik DVM sınıflandırma modeline göre başarı oranı %99,6 çıktığı görülmektedir. Bu başarı oranına göre *O. cappadocica* bitki meyvesi %98,2 doğruluk oranı ile ortalama başarı oranının altında kaldığı, *O. argyrea*'nin meyvesi %100, *O. hypargyrea*'nin meyvesi %100 ve *O. tournefortii*'nin meyvesi %100 doğruluk oranları ile ortalama başarı oranının üstünde olduğu görülmektedir. Quadratic Svm sınıflandırma modeli *O. argyrea*, *O.hypargyrea* ve *O. tournefortii* bitki meyvelerinde daha başarılı bir sonuç verdiği söylenebilir.

#### 4.2 Naive bayes algoritma yöntemi

Naive Bayes algoritma yöntemi, sınıflandırma işlemi için daha önce sisteme tanıtılmış olan verileri kullanarak daha sonra verilen verinin hangi sınıfa dahil olacağını tahmin eden istatistik tabanlı bir algoritma yöntemidir. Çalışma yöntemi olarak, sisteme tanıtılmış olan verilerin ve sınıfların bulunma sıklığını hesaplayıp, bu hesaba göre yeni gelen verinin hangi sınıfa dahil olacağını tahmin eder. Kolay uygulanabilirliği ve hızlı hesaplama yönteminden dolayı veri madenciliği sınıflandırma modelleri içinde en fazla tercih edilen algoritma yöntemidir [23].

Şekil 6'da gösterilen Gaussian Naive Bayesian sınıflandırma modeline göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Birinci satırda gösterilen *O. cappadocica* bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %94,5 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

İkinci satırda gösterilen *O. argyrea* bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %97,4 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Üçüncü satırda gösterilen *O. hypargyrea* bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %97,4 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Dördüncü satırda gösterilen *O. tournefortii* bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %95,4 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

**Model 1.6**

	1	2	3	4
1	94.5%	2.6%		4.6%
2		97.4%		
3			97.4%	
4	5.5%		2.6%	95.4%

PPV	94.5%	97.4%	97.4%	95.4%
FDR	5.5%	2.6%	2.6%	4.6%

Predicted Class  
1 2 3 4

**Şekil 6.** Gaussian Naive Bayesian Karmaşıklık Matrisi

Yukarıdaki sonuçlara göre, Gaussian Naive Bayesian sınıflandırma modeline göre başarı oranı %96,2 çıktığı görülmektedir. Bu başarı oranına göre *O. cappadocica* bitki meyvesi %94,5 ve *O. tournefortii* bitki meyvesi %95,4 doğruluk oranları ile ortalama başarı oranının altında kaldığı, *O. argyrea*'nin meyvesi %97,4 ve *O. hypargyrea*'nin bitki meyvesi %97,4 doğruluk oranları ile ortalama başarı oranının üstünde olduğu görülmektedir. Gaussian Naive Bayesian sınıflandırma modeli *O. argyrea* ve *O. hypargyrea*'nin meyvelerinde daha başarılı bir sonuç verdiği söylenebilir.

#### 4.3 Karar ağaçları yöntemi

Karar ağacı modeli isminden de anlaşılacağı üzere ağaç yapısına benzetilmektedir. Ağaç yapısı gibi kök, dal ve yapraklardan oluşmaktadır. Karar ağaçları sınıflandırma işlemini ilk köklerde yapar, daha sonra sırasıyla düğümler, dallar ve yaprak (karar sınıfı) şeklinde gider. Ağaç yapısında yapraklar elde edilinceye kadar devam eder. Düğüm noktaları karar verme işleminin yapıldığı yerdir. Buradaki sonuca göre dallar oluşur ve elde edilen dallara göre yapraklar elde edilir. Eğer yaprak oluşmuyorsa düğüm oluşturulur ve bu işlem yaprak (karar sınıfı) oluşuncaya kadar devam edilir [24].

**Model 1.1**

True Class	1	84.6%	2.7%	2.6%	6.7%
	2	3.4%	96.4%	0.9%	
	3	0.9%	0.9%	95.7%	
	4	11.1%		0.9%	93.3%
		1	2	3	4
PPV	84.6%	96.4%	95.7%	93.3%	
FDR	15.4%	3.6%	4.3%	6.7%	

Predicted Class

**Şekil 7.** Fine Tree Karmaşıklık Matrisi

Şekil 7’de gösterilen Fine Tree sınıflandırma modeline göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Birinci satırda gösterilen *O. cappadocica*’nın bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %84,6 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

İkinci satırda gösterilen *O. argyrea*’nin bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %96,4 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Üçüncü satırda gösterilen *O. hypargyrea*’nin bitki meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %95,7 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Dördüncü satırda gösterilen *O. tournefortii*’nin meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %93,3 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Yukarıdaki sonuçlara göre, Fine Tree sınıflandırma modeline göre başarı oranı %92,4 çıktığı görülmektedir. Bu başarı oranına göre *O. cappadocica*’nın bitki meyvesi %84,6 doğruluk oranı ile ortalama başarı oranının altında kaldığı, *O. argyrea*’nın meyvesi %96,4, *O. hypargyrea*’nın meyvesi %95,7 ve *O. tournefortii*’nin meyvesi %93,3 doğruluk oranları ile ortalama başarı oranının üstünde olduğu görülmektedir. Fine Tree sınıflandırma modeli *O. argyrea*, *O. hypargyrea* ve *O. tournefortii* meyvelerinde daha başarılı bir sonuç verdiği söylenebilir.

#### 4.4 K-En yakın komşu yöntemi

k-EYK sınıflandırma yöntemi en eski ve en basit yöntemlerden biridir k-EYK modelinde, yeni gelen verinin daha önceden K kategoriye ayrılmış olan verilere yakınlığını inceler. Yeni bir veri geldiğinde en yakın komşusuna bakıp, verinin hangi sınıfta olduğuna karar verir. Basit olmasına rağmen rekabetçi sonuçlar elde edilir. Bazı durumlarda, karmaşık öğrenme algoritmalarından daha iyi sonuçlar elde eder [24].



**Model 1.14**

True Class	1	93.9%	0.9%		3.7%
	2		98.2%		
	3			100.0%	
	4	6.1%	0.9%		96.3%
		1	2	3	4
PPV	93.9%	98.2%	100.0%	96.3%	
FDR	6.1%	1.8%		3.7%	

Şekil 8. K-EYK için Karmaşıklık Matrisi

Şekil 8’de gösterilen Fine Knn sınıflandırma modeline göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Birinci satırda gösterilen *O. cappadocica*’nın meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %93,9 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

İkinci satırda gösterilen *O. argyrea* ’nin meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %98,2 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Üçüncü satırda gösterilen *O. hypargyrea* ’nin meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %100 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Dördüncü satırda gösterilen *O. tournefortii*’nin meyvesi diğer meyve çeşitlerinden %96,3 doğruluk oranı ile ayrılmıştır.

Yukarıdaki sonuçlara göre, Fine Knn sınıflandırma modeline göre başarı oranı %96,2 çıktığı görülmektedir. Bu başarı oranına göre *O. cappadocica*’nın meyvesi %93,9 ve *O. tournefortii*’nin meyvesi %96,3 doğruluk oranları ile ortalama başarı oranının altında kaldığı, *O. argyrea*’nin meyvesi %98,2 ve *O. hypargyrea*’nin meyvesi %100 doğruluk oranları ile ortalama başarı oranının üstünde olduğu görülmektedir. Fine Knn sınıflandırma modeli *O. argyrea*, *O. hypargyrea* ve *O. tournefortii* bitki meyvelerinde daha başarılı bir sonuç verdiği söylenebilir.

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, Onobrychis cinsinin 4 taksonuna (*O. cappadocica*, *O. argyrea*, *O. hypargyrea* ve *O. tournefortii*) ait meyve görüntüleri kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirildi. Bu sınıflandırma işlemi için dört farklı makine öğrenmesi algoritması kullanıldı.

İlk kullanılan sınıflandırma algoritması DVM sınıflandırma algoritmasıdır. Doğrusal DVM, ikinci dereceden Kuadratik DVM, Kübik DVM, kaba gauss DVM ve çekirdek DVM olmak üzere beş farklı tip DVM sınıflandırma yöntemi kullanıldı. Bu yöntemler arasında ikinci dereceden kuadratik DVM yöntemi %99,6 ile en yüksek sınıflandırma başarısı veren yöntem olmuştur.

Kullanılan bir diğer sınıflandırma algoritması Naive Bayes algoritmasıdır. Gauss Naive Bayes ve Kernel Naive Bayes olmak üzere iki farklı sınıflandırma yöntemi uygulandı. Bu yöntemler arasında Gauss Naive Bayes sınıflandırma yöntemi %96,2 ile en yüksek sınıflandırma başarısı veren yöntem olmuştur.

Kullanılan bir diğer sınıflandırma algoritması Karar ağaçları algoritmasıdır. Güzel ağaç, ortalama ağaç, kaba ağaç, güçlendirilmiş ağaçlar, yükseltilmiş ağaç ve torbalı ağaç olmak üzere altı farklı sınıflandırma yöntemi uygulandı. Bu yöntemler arasında güzel ağaç sınıflandırma yöntemi %92,4 ile en yüksek sınıflandırma başarısını veren yöntem olmuştur.

Kullanılan bir diğer sınıflandırma algoritması k-EYK sınıflandırma algoritmasıdır. İyi k-EYK, ortalama k-EYK, kaba k-EYK, kosinüs k-EYK, kübik k-EYK, ağırlıklı k-EYK ve artırılmış k-EYK olmak üzere yedi farklı sınıflandırma yöntemi uygulandı. İyi k-EYK sınıflandırma yöntemi %96,2 ile en yüksek sınıflandırma başarısını veren yöntem olmuştur.



Dört farklı algoritmayla toplamda 20 farklı makine öğrenmesi yöntemi ile sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu 20 farklı sınıflandırma yöntemi içerisinde en başarılı yöntem %99,6 başarı oranı ile ikinci dereceden DVM (Quadratic SVM), sınıflandırma yöntemi olduğu söylenebilir. Elde edilen sonuçlar  $\pm 0,77$  hata toleransı ile doğruluk göstermektedir. Çalışmanın en büyük avantajı yüksek sınıflandırma başarı oranı ile doğru bir sınıflandırma yapabilesidir. Çalışmanın dezavantajı 448 görüntü kullanılmış olmasıdır. Bu veri sayısı yetersiz gelebilecektir. Gelecekte daha çok kategori içeren daha büyük bir veri seti kullanılması ile çalışma daha ileri bir noktaya taşınabilir.

### Teşekkür

Bu makale sorumlu yazar Mehmet Selim Kızgın'ın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

### Kaynaklar

- [1] Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M. Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1: Yapay Sinir Ağları. Ufuk Yayıncılık, Kayseri, 2003.
- [2] Schalkoff RJ, Artificial Neural Networks, McGraw-Hill Inc., Singapore, 1997.
- [3] Acar, E., Çalışkan A., Sezgin N. Gabor Dalgacık Dönüşümü Tabanlı Yapay Sinir Ağı Modeli ile Zambak Yapağı İmgelerinden Pas Hastalıklarının Tespiti, Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi Cilt1, Sayı 2 Batman, 2012.
- [4] Kılıç, E., Ecemiş, İN, İlhan, H.O. Narenciye Ağaç, Yaprak Hastalıklarının Evrişimli Sinir Ağları ile Sınıflandırılması. 5. International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies. 2021.
- [5] Elmas, B., Evrişimli Sinir Ağları ile Mantar Görüntülerinden Mantar Türlerinin Transfer Öğrenme Yöntemiyle Tanımlanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2021, Cilt 25, Sayı 1, 74-88.
- [6] Baranwal, S., Khandelwal, S., & Arora, A., Elma yaprakları hastalık tespiti için derin öğrenme evrişimli sinir ağı. Bilim, teknoloji ve yönetimde sürdürülebilir bilgi işlem (SUSCOM) üzerine uluslararası konferansın bildirilerinde, Amity Üniversitesi Rajasthan, Jaipur- Hindistan, Şubat 2019.
- [7] Koklu, M., Unlersen, MF, Ozkan, I. A., Aslan, M. F., & Sabanci, K., A CNN-SVM study based on selected deep features for grapevine leaves classification. Measurement, 188, 110425, 2022.
- [8] Ganguly, S., Bhowal, P., Oliva, D., & Sarkar, R., BLeafNet: a Bonferroni mean operator based fusion of CNN models for plant identification using leaf image classification. Ecological Informatics, 69, 101585, 2022.
- [9] Hoşgören, H. (2004). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Yetişen Onobrychis Miller Türlerinin Sistematik, Morfolojik ve Kromozom Sayısı Bakımından Araştırılması. D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Diyarbakır
- [10] Argüeso, D., Picon, A., Irusta, U., Medela, A., San-Emeterio, MG, Bereciartua, A., & Alvarez-Gila, A., Tarlada çekilen görüntüleri kullanarak bitki hastalıklarının sınıflandırılması için Few-Shot Learning yaklaşımı. Tarımda Bilgisayar ve Elektronik, 175 , 105542, 2020.
- [11] Joekar, RN ve Tiwari, N., Bitki yaprağı hastalığının tanımlanması ve teşhisi için derin öğrenme tekniklerinin gözden geçirilmesi. Bilgi İşlem ve İletişimde Akıllı Trendler: SmartCom 2020 Bildiri Kitabı, 435-441, 2021.
- [12] Elçi, Ş., Anadolu'nun Önemli Yem Bitkilerinden Birkaç Korunga (Onobrychis) Türü Üzerinde Bazı Morfolojik ve Biyolojik Araştırmalar. Ziraat Fak. Yem Bit. Yem Bit. Yem Bit. Mera Kürsüsü, Ankara, 1994.
- [13] Hedge, IC, Onobrychis Adans. in Davis, P.H., Flora of Turkey and the East Aegean Island, Vol. 3, s. 560-589, Edinburg Univ. Pres, UK, 1970.
- [14] Zhou, S. R., Yin, J. P., Zhang, JM, Local binary pattern (LBP) and local phase quantization (LBQ) based on Gabor filter for face representation, Neurocomputing, Vol. 116, 260-264, 2013.
- [15] Zhao, G., Pietikainen, M., Dynamic texture recognition using local binary patterns with an application to facial expressions, IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 29 (6), 915-928. Ph.D. Thesis, North Dakota State University, North Dakota, USA, 2008.
- [16] Kaya, Y., Uyar, M., Tekin, R., Yildirim, S., 1D-Local Binary Pattern Based Feature Extraction for Classification of Epileptic EEG Signals. Applied Mathematics and Computation. 243. 10.1016/j.amc.2014.05.128, 2014.
- [17] Maenpaa, T., Pietikainen, M., Texture analysis with local binary patterns. Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision. 10.1142/9789812775320\_0011, 2005.
- [18] Goering, R., Matlab edges closer to electronic design automation world, EE Times, 2004.
- [19] Nabiyevev, VV, Yapay Zeka: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi, Seçkin Yayınevi .Ankara, 2010.
- [20] Anjanappa, D., Raja, D., Venugopal. K., Face Recognition Based on Windowing Technique Using DCT, Average Covariance and Artificial Neural Network. 335-342. 10.1109/ICIIBMS.2018.8549981, 2018.
- [21] Bouchrika, I., Harrati, N., Ladjailia, A., Khedairia, S., Age Estimation from Facial Images based on Hierarchical Feature Selection. 10.1109/STA.2015.7505156, 2015.
- [22] Hedge, I.C., Onobrychis Adans. in Davis, P.H., Flora of Turkey and the East Aegean Island, Vol. 3, s. 560-589, Edinburg Univ. Pres, UK., 1970.
- [23] Yılmaz, A., Yapay Zeka(5.Baskı). Ankara: Kodlab Yayıncılık, 2017.
- [24] Maenpaa,T., Pietikaainen M., Texture Analysis with Local Binary Patterns, University of Oulu, 2004. Jasitha, P., Dileep, MR ve Divya, M., Venasyon bazlı bitki, GoogLeNet ve VGG kullanarak sınıflandırmadan çıkar. 2019'da 4. Uluslararası Elektronik, Bilgi, İletişim ve Teknoloji Son Trendler Konferansı, mayıs 2019, (RTEICT) (s. 715-719). IEEE

## Derin Kurgu (Deepfake) Araçları ile Üretilen Resimlerin Adli Analizi ve Derin Kurgu Tespiti Üzerine Nicel Bir Çalışma

Mahmut Hilmi BAŞ<sup>1\*</sup>, Ahmet ŞENOL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Üsküdar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siber Güvenlik Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Üsküdar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siber Güvenlik Bölümü, İstanbul, Türkiye

\*<sup>1</sup> [mahmuthilmi.bas@st.uskudar.edu.tr](mailto:mahmuthilmi.bas@st.uskudar.edu.tr),

<sup>2</sup> [ahmet.senol@uskudar.edu.tr](mailto:ahmet.senol@uskudar.edu.tr)

(Geliş/Received: 24/08/2023;

Kabul/Accepted: 25/09/2023)

**Öz:** Günümüz teknolojisi hayal gücünün sınırlarını zorlayarak hızlı ve ulaşılabilir cihazlarla yaşamımızın büyük bir bölümünde yerini almaktadır. Teknolojik büyüme birçok alanda insanlara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ancak, sosyal medyanın ve teknolojinin bireylere ulaşma hızı ve niceliği göz önüne alındığında, bu teknolojik ivmenin bireyler ve toplumlar üzerindeki etkisi her geçen gün artmaktadır. Sosyal medya ve teknolojinin sağladığı maddi ve manevi faydaların yanı sıra, manipüle edilmiş resimler, videolar, sesler, sahte haberler ve diğer siber suçlar gibi aksi durumlarla da karşılaşabilmektedir. Bu nedenle, sanal dünyada bırakılan kalıntıların kötü niyetli kişiler tarafından kullanılabilmesi konusunda bilinçli olmak önemlidir. Bu çalışma, 2022-2023 eğitim-öğretim yılında uygulanmış, metodolojik açıdan nicel bir çalışmadır. Araştırmanın çalışma grubu, adli bilişim alanında çalışan (60 katılımcı) ve adli bilişimci olmayan (60 katılımcı) toplam 120 katılımcıdan oluşmaktadır. Araştırmanın veri toplama araçları, sosyo-demografik form ve araştırmacı tarafından geliştirilen ve derin kurgu (deepfake) tespit becerisini ölçmek için 30 maddeden oluşan "Doğru Yanlış Testi"dir. Araştırmanın bazı sonuçlarına göre, Swapface derin kurgu yapma programı vasıtasıyla yapılan fotoğraflarda doğru tespit oranı daha düşüktür. Swapface programı vasıtasıyla yapılan derin kurgu fotoğraflarının, Face Swapper programıyla yapılan derin kurgu fotoğraflarına göre daha başarılı olduğu görülmüştür. Derin kurgu teknolojisiyle oluşturulan fotoğrafların tespit edilmesinde çıplak insan gözüyle tespitin kolay olmadığı, birtakım araçların kullanılması gerektiği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Adli bilişim, deepfake, makine öğrenmesi, manipülasyon, siber güvenlik, yapay zekâ.

### A Quantitative Study on Forensic Analysis of Images Produced with Deepfake Tools and Deepfake Detection

**Abstract:** Today's technology pushes the limits of imagination and takes its place in a large part of our lives with fast and accessible devices. Technological growth provides great convenience to people in many areas. However, considering the speed and quantity of social media and technology reaching individuals, the impact of this technological acceleration on individuals and societies is increasing day by day. In addition to the material and moral benefits provided by social media and technology, adverse situations such as manipulated images, videos, sounds, fake news and other cyber-crimes may also be encountered. Therefore, it is important to be aware that artifacts left in the virtual world can be used by malicious individuals. This study is a methodologically quantitative study implemented in the 2022-2023 academic year. The study group of the research consists of a total of 120 participants who work in the field of computer forensics (60 participants) and those who are not computer forensic experts (60 participants). The data collection tools of the research are the socio-demographic form and the "True False Test" developed by the researcher, which consists of 30 items to measure deepfake detection skills. According to some results of the research, the correct detection rate is lower in photographs taken through the Swapface deep editing program. It has been observed that deep editing photographs made through the Swapface program are more successful than deep editing photographs made with the Face Swapper program. It has been determined that it is not easy to detect photographs created with deep editing technology with the naked human eye and that some tools must be used.

**Key words:** Forensics, deepfake, machine learning, manipulation, cyber security, artificial intelligence.

#### 1. Giriş

Yapay zekâyâ dayalı teknolojilerin geliştirilmesi, verilerdeki belirli dalgalanmalar açısından insanlar ve makineler arasındaki etkileşimde bir dereceye kadar risk içerir [1]. Hayatın her aşamasında insanlar, özel ve anlamlı anları yakalamak için farklı medya araçlarını kullanırlar. Bu görseller, videolar ve kayıtlar günümüzde çok popüler ve dijital platformlarda hatıra olarak yerini buluyor. Ancak, bu anılar mutlaka insanların onları nasıl gördüğü değil, insanların onları nasıl görmesini isteyip istemedikleridir. Burada yapay zekâyâ dayanan derin-kurgu (deepfake) adlı bir teknikten bahsetmek gerekiyor. Derin-kurgu, alternatif bakış açıları sağlamak için görüntüleri,

\* Sorumlu yazar: [mahmuthilmi.bas@st.uskudar.edu.tr](mailto:mahmuthilmi.bas@st.uskudar.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0009-0000-4603-8352, <sup>2</sup> 0000-0001-9891-4596

videoları ve sesleri değiştiren makine öğrenimi ve yapay zekâya dayalı bir teknolojidir [2]. Deepfake kelimesi, "derin" ve "sahte" kelimelerini birleştiren türetilmiş bir kelimedir. Türkçe 'de "derin" ve "sahte" anlamına gelir. Derin-kurgu, uzun zaman önce hayatımıza nüfuz etmiş bir teknolojidir. Derin-kurgu ilk olarak 1990'larda akademik araştırmacılar tarafından geliştirildi. Daha sonra çeşitli endüstrilerde geliştirilip ve kullanıldığı görülmüştür [3]. Derin-kurgu görüntülere, videolara ve seslere uygulanır [4].

Derin-kurgu görüntüler; bir kişinin orijinal görüntüsünün çeşitli işlemler uygulanarak başka bir sahte görüntüyle değiştirilmesi esasına dayanır [5]. İnternette derin-kurgu teknolojisi ile oluşturulmuş birçok resim vardır. Derin-kurgu video; kişinin yüz ifadelerinin, hareketlerinin ve görüntülerinin birtakım işlemler sonucu ortaya çıkan gerçek video üzerinde değişiklikler yapılarak yeni bir görüntü oluşturulması esasına dayanmaktadır. Derin-kurgu ses; insanların söylemediklerini söylemiş olmak için insanların gerçek seslerini manipüle etmek ve alıntılamak üzerine kuruludur. Derin-kurgunun temel amacı, orijinal verilerin yetersiz kaldığı durumlarda en gerçekçi verileri üretmektir [6]. Derin-kurgu teknikleri geliştikçe, üzerinde oynanmış verileri gerçek verilerden ayırt etmek daha da zorlaşmaktadır. Dünyadaki örneklerine bakıldığında ortaya çıkan sahte içerikler ciddi güvenlik açıkları oluşturmuştur ve oluşturmaya da devam edecektir [7].

Derin-kurgu resimler, videolar ve sesler internette gerçek verilerden daha hızlı yayılabilir. Sahte videolar oluşturmak için yapay zekâ uygulamaları kullanılabilir. Yüz haritalama teknolojisi ve yapay zekâ kullanılarak, bir kişinin yüzü diğerinkiyle değiştirilebilir, videoları ve resimleri birleştirebilir [9]. Derin-kurgu ilk ortaya çıktığında eğlence amaçlı kullanılsa da teknolojinin gelişmesiyle birlikte siyaseti, finansı ve daha birçok alanı tehdit edecek şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Derin-kurgu yapmak için kullanılan araçlar geliştikçe onları tespit etmek için kullanılan araçlarında aynı ölçüde gelişmesi gerekmektedir.

## 2. Kuramsal Çerçeve

Derin-kurgu teknolojisi, yapay zekâ ve makine öğrenmesi kullanılarak elde edilen süreçlerin adli bilişim alanında tespiti için materyal ve yöntemler araştırılmıştır. Literatür taraması için, siber güvenlik, adli bilişim, makine öğrenmesi ve yapay zekâ konularında hakemli uluslararası konferans, bildiri kitapları ve dergilerde yayınlanan makaleler incelenmiştir. Anahtar kelime olarak derin-kurgu tespit yöntemleri kullanılmıştır.

### 2.1. Derin-kurgu algılama veri kümeleri

Derin-kurgu algılama veri kümeleri, verilerin gerçek veya sahte olduğunu sınıflara ayırmak için genellikle ikili sınıflandırıcılardan yararlanır. Bu yöntem, sınıflandırma modellerini eğitilmesi için çok sayıda ve çok iyi kalitede gerçek ve üzerinde oynama yapılmış veri gerektirmektedir. Derin-kurgu tespit yöntemlerinin, kullanılan teknolojilerinin büyümesi ve gelişmesi üzerinde büyük katkıları olduğu bilinen ilk veri kümeleri UADFV ve DFTIMIT veri kümeleridir [15,16]

FaceForensics++ veri seti, YouTube'dan indirilen 977 videoyu içermekte olup, 1000 adet orijinal yüz fotoğrafı ve bu fotoğrafların manipüle edilmiş (derin-kurguya uğramış) versiyonlarını barındırmaktadır. Manipüle edilerek değişime uğramış veriler dört yöntemle üretilmiştir. Bu yöntemler; Deepfakes, Face2Face, FaceSwap ve NeuralTextures şeklindedir [1].

Google tarafından Jigsaw ile iş birliği yapılarak yayınlanan DeepFakeDetection veri seti (DFD), 16 farklı sahnede 28 ücretli oyuncu tarafından 363'ün üzerinde orijinal sekansın yanı sıra derin-kurgu teknolojisi kullanılarak oluşturulmuş 3000'den fazla manipüle edilmiş video görüntüsü içermektedir [1]. Facebook tarafından yayınlanan Deepfake Detection Challenge (DFDC) veri seti, derin-kurgu, GAN tabanlı ve denetimsiz modeller kullanılarak üretilmiş, 3426 aktörden oluşturularak toplam 100.000'den fazla video içeren, halka açık bir diğer büyük veri setidir [2].

Li, Y ve ark. tarafından yayınlanan Celeb-DF (v2) veri seti, çevrimiçi dolaşan sentezlenmiş videolarla aynı kalitede görüntüler sağlayarak derin-kurgu algoritması ile oluşturulan gerçek ve sahte videoları içeren Celeb-DF (v1)'in bir uzantısıdır [3]. Bu veri kümesi, farklı yaş, etnik grup ve farklı cinsiyet konularını içeren 5639 video ve bunlara karşılık gelen derin-kurgu videoları bulundurmaktadır. DeeperForensics-1.0 veri seti, yüzler üzerine uygulanmış derin-kurguların tespiti için en büyük yüz sahteciliği tespit veri setini temsil eden büyük ölçekli bir kıyaslamadır. Bu kıyaslama, uçtan uca yüz değiştirme çerçevesi tarafından oluşturulan toplam 17,6 milyon kareyi oluşturan 60.000 videoyu barındırır. Ayrıca, daha büyük ölçek ve daha yüksek çeşitlilik için daha zorlu bir kıyaslama noktası elde etmek için kapsamlı gerçek dünya pertürbasyonları uygulanmıştır [4].

Yonsei Üniversitesi'nden çalışmaları kapsamındaki araştırma ve analiz için, uzmanlar tarafından oluşturulmuş yüksek kaliteli PhotoShopped yüz görüntüleri içeren "Gerçek ve Sahte Yüz Tespiti" veri seti gözler, burun, ağız veya yüzün tamamıyla ayrılmış farklı yüzlerin bileşimi olan 960 sahte ve 1081 gerçek görüntü içermektedir [5]. Bu çalışmada kullanılan ikinci veri seti, Nvidia tarafından toplanan Flickr veri setinden 70K

gerçek yüzün yanı sıra 1 milyon sahte yüzden oluşturulan 70K sahte yüzü içeren “140K Gerçek ve Sahte Yüzler”dir. StyleGAN tarafından oluşturulan bu veri seti Bojan tarafından yayınlandı [6]. Bu iki veri seti, birçok kaliteli veri sağlamak için hem GAN tarafından oluşturulan görüntüleri hem de profesyoneller tarafından oluşturulan görüntüleri dahil etmek için kullanılmıştır.

Yukarıda belirtilen veri setleri, görüntü ve video sınıflandırması, yeni verilerin üretilmesi ve genişletilmesi için önemli bir yol haritası oluşturmuşlardır. Derin-kurgu teknolojisi için üretilen veri setleri, bazı faktörlere ve birtakım öğelere dayalı olarak iki farklı bölüme ayrılmıştır. Verilerin üretilmesinde yer alan yayınlanma süresi ve sentezleme algoritmaları göz önüne alındığında, UADFV ve DF-TIMIT birinci nesil olarak kategorize edilmektedir. Üretilen verilerin niteliği ve niceliği göz önünde bulundurularak DFD, DeeperForensics, DFDC ve Celeb-DF veri setleri ikinci nesil olarak kategorize edildiği görülmüştür [3].

## 2.2. Derin-kurgu tespit algoritmaları

Derin-kurgu algılama algoritmaları, içeriğin anlamsal ve bağlamsal olarak anlaşılmasını sağlayarak ortaya çıkan derin-kurgu izlerini gizlemeyi amaçlar. Adli bilişim alanındaki araştırmalar, bir veri üzerinde derin-kurgu uygulandığının tespit edilmesinde bazı kusurların bariz bir biçimde öne çıktığını tespit etmiştir. Bu kusurların; insan yüzlerinde meydana gelen yüz sallanmaları, fotoğraflardaki parlamalar ve bozulmalar, bir kişinin fotoğraflardaki hareketlerindeki dalgalanmalar, konuşma ve ağız hareketlerinde ortaya çıkan tutarsızlıklar, mikrofon standı, harici ışık stantları gibi sabit nesnelere anormal konumlandırılmaları, fotoğraflara uygulanmış aydınlatmalardaki tutarsızlıklar, fotoğraflardaki yansımalar ve gölgeler; bulanık kenarlar, yüz özelliklerinin açılı ve bulanıklığı, nefes eksikliği, doğal olmayan göz yönü, yanakta bilinen bir ben, yara izi, doğum lekesi, gamze gibi eksik yüz özellikleri, giysi ve saçın yumuşaklığı ve ağırlığının orantısızlığı, aşırı pürüzsüz cilt tonları, eksik veya fazla saç ve diş detayları, yüz simetrisinde yanlış hizalamalar, piksel seviyelerindeki tutarsızlıklar ve fotoğraf üzerindeki devamlılıkta bir kopukluk, derin-kurgu tespit algoritmaları tarafından kullanılan tüm göstergeler ve özelliklerdir [7]. CNN ve GAN gibi derin öğrenme teknikleri ve algoritmalarının kullanılması, adli bilişim alanında derin-kurgu tespitini çok daha zor hale getirmiştir. Bunun nedeni, derin-kurgu teknolojisi ile yapılmış fotoğrafların yüz ifadesini ve fotoğraf üzerindeki aydınlatmayı koruyabilmesidir [8].

Frekans alanı, JPEG Ghost and Error Level Analysis (ELA), görüntüler üzerindeki manipülasyon izlerini belirlemek için kullanılan ilk yöntemlerden biridir. Ancak derin öğrenme ve GAN algoritmaları ile manipüle edilmiş görüntüleri belirlemede başarılı oldukları söylenemez. Yapay sinir ağları, derin-kurgu tespitini algılama için en yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir. Derin-kurgu medyadaki karıştırma ve gürültü izlerini belirlemek için X-ışınlarının ve spektrogramların kullanımına ilişkin bazı öneriler vardır [23,24]. Ancak, bu tür yöntemler rastgele gürültüyü algılayamaz ve düşük çözünürlüklü görüntülerle karşılaşıldığında performans düşüşü yaşamaya eğilimlidir. Derin-kurgu, esas olarak derin-kurgu görüntüler üreten bir CNN ve sahte videoları sentezleyen bir kodlayıcı-kod çözücü ağ yapısı (ED) veya GAN kullanılarak uygulanmaktadır [2]. Yalnızca yüz bölgesindeki anormalliklere odaklanan derin-kurgu algılama teknikleri, bütünsel ve özellik tabanlı eşleştirme teknikleri olarak kategorize edilebilir [9].

Daha çok derin-kurgu yüz görüntülerini tanımlamak için kullanılan ve Temel Bileşen Analizi (PCA), Destek Vektör Makineleri (SVM) ve CNN'yi içeren geniş kapsamlı teknikler, yüzü bir bütün olarak analiz etmektedirler. Bu teknikler, doğrusal olarak birleştirilmiş daha küçük görüntü piksel kümeleri oluşturularak verilerin boyutsallığını azaltmayı amaçlar. Daha sonra gerçek ve sahte görüntüleri tanımlamak için bir ikili sınıflandırıcı kullanılır. Bununla birlikte hem derin-kurgu video hem de görüntü tanımlama, özellik tabanlı veya dikkat tabanlı eşleştirme teknikleri kullanılır; bu, tüm yüzü haritalayabilen gözler, burun, dudaklar, cilt, baş pozisyonu, renk değişiklikleri vb. kapsar, farklı odak alanlarına böler [10].

Holistik teknikler, lokalize derin-kurgu özelliklerin (yüz ve çene bölgelerindeki anormallikler) tespitinde başarılı olmuştur ve tespit için önemli olabilecek spesifik özelliklerin (gözler, burun, ağız) belirlenmesinde kullanılabilir [11].

Konvolüsyonel Sinir Ağı (CNN) tabanlı görüntü sınıflandırma ve tanıma modellerinin, derin-kurguya maruz kalmış görüntüleri orijinal olanlardan sınıflandırmak için eğitilebilir olduğu kanıtlanmıştır [12].

Luca ve ark. Beklenti-Maksimizasyon algoritmasını kullanarak GAN görüntüleri oluşturma sürecinde kalan evrişim izlerini temsil eden parmak izlerini çıkarmayı ve algılamayı amaçlamışlardır [13]. Wang ve ark. ProGAN'da eğitilmiş standart bir sınıflandırıcı, dikkatli ön ve son işleme ve veri artırma ile koşulsuz bir CNN üreticinin şaşırtıcı derecede iyi bir şekilde görünmeyen mimarilere, veri setlerine genelleştirilebileceğini göstermişlerdir [14]. CNN ayrıca göz kırpmaya eksikliği, bir görüntüdeki gözlerdeki eksik ayrıntılar ve yüz sarma artefaktları gibi manipülasyon tekniklerini tespit etmek üzere eğitilmiştir [18,19]. Ayrıca, CNN'lerin, yüzleri yüksek çözünürlüklü kaynaklarla daha fazla sarmak için çalışan üretim yöntemlerinin ayırt edici izlerini yakalayabildiği gösterilmiştir [15].

VGG19 ve VGG16, CNN tabanlı modellerin katman derinliğini (23/26 katman) artırarak büyük ölçekli sahte görüntü tanımayı önemli ölçüde iyileştirmiştir [16]. Chang ve ark. derin sahte bir yüz görüntüsünü algılamak için görüntü büyütme ve gürültü seviyesi analizine dayalı gelişmiş bir VGG ağı, yani NA-VGG sunmuşlardır. Celeb-DF veri setini kullanan deneysel sonuçlar, NA-VGG'nin diğer son teknoloji sahte görüntü dedektörlerine göre doğruluğu geliştirdiğini göstermektedir [17]. Kim ve ark. gizlenmiş yüz görüntülerinden gerçek yüz görüntülerini sınıflandırmak için VGG-16'nın ShallowNet mimarisinden daha iyi bir performansa sahip olduğunu göstermişlerdir [18]. Ayrıca, DenseNet mimarisinin, her katmanı diğer tüm katmanlara bağlayan ileri beslemeli tasarım ağı ile hesaplama açısından daha verimli olduğu da kanıtlanmıştır [19]. DenseNet mimarisinde, önceki tüm katmanların özellik haritaları, her katman için girdi olarak kullanılmaktadır. DenseNet, en gelişmiş performansı elde etmek için önemli ölçüde daha az parametre ve hesaplama gerektirir [12]. Hsu, Chih-Chung, Yi-Xiu Zhuang ve Chia-Yen Lee çalışmalarında, geliştirilmiş bir DenseNet omurga ağı ve Siyam ağ mimarisinden oluşan, yeni CFFN'ye dayalı sahte bir yüz görüntüsü detektörü önermişlerdir. Kapsamlı analizleri, DenseNet gibi derin özelliklere dayalı derin sahte tespit sistemlerinin aynı tür manipülasyon tekniği üzerinde eğitilip test edildiğinde önemli doğruluk elde ettiğini göstermiştir [20].

Özellikle dayalı teknikler, doğal olmayan göz kırpmaya modelleri ve geçici titreme gibi derin-kurgu oluşturma yöntemlerinin eksikliklerini belirlemeye başlamıştır ve bunun sonucunda, belirlenen eksiklikleri ele alan veri kümeleri üzerinde eğitilen daha gelişmiş bir derin-kurgu model ortaya çıkmasına imkân tanımıştır. Yang ve ark. başın duruş yönünü tahmin etmek için yüz işaretlerinin kullanılabilirliğini göstermişlerdir [21]. Huang, Y ve ark. Chang, X ve ark. çalışmalarında, gözbebeklerindeki tutarsızlıkların derin-kurguya uğramış verinin göstergelerinden biri olduğunu göstermişlerdir. Eğitim sürecine sesin de dahil edildiği bazı araştırmalar dudak hareketleri ile ses eşleştirme arasındaki farkın gerçek ve sahte medyayı birbirinden ayırdığını göstermiştir [22]. Adli teknikler kullanarak siyasi liderlerin yüz ifadelerini ve konuşma kalıplarını modellemek mümkün olabilmektedir [23]. Ancak böyle bir yaklaşımı tüm dünya için eğitmek ve yaygınlaştırmak daha zor bir iş olacaktır. Özellik tabanlı teknikler, deformasyonlara karşı daha toleranslıdır, ancak öncelikle etki alanına özgü veri kümelerinde en iyi performansı elde etmek için tasarlanmıştır. Bütüncül teknikler, insan yüzlerini öğrenmeye ve sınıflandırma için yüksek boyutlu semantik özellikleri çıkarmaya odaklanır. Öncelikle, etki alanına özgü veri kümelerinde en iyi performans için tasarlanmıştır.

Xception ve EfficientNet gibi denetlenen alandaki uzamsal özelliklerden ve uzamsal-zamansal anomalilerden yararlanan diğer tekniklerin CNN'lerden daha verimli olduğu gösterilmiştir [42-43]. Xception mimarisi, bir başlangıç modülü olarak anlaşılabilir konvolüsyonlar nedeniyle model parametrelerinin daha verimli kullanılmasını sağlama iddiasındadır. Kumar ve Bhavsar Xception'ın metrik öğrenmeyle birleştiğinde yüksek sıkıştırılabilir senaryolarda sınıflandırmayı geliştirebileceğini göstermişlerdir [26]. Celeb-DF veri setinde derin sahte video tanımlama için %99,2'lik bir AUC puanı ve %90,71'lik bir doğruluk elde edebilmişlerdir. İsmail ve ark. deneysel analizlerinde, XceptionNet'in ek bir Bi-LSTM ve LSTM katmanıyla birleştiğinde %79 ROC-AUC skoru elde edebildiğini göstermiştir [27]. Li ve ark. Xception'ın yüz görüntüsü veri setlerinde iyi bir performansa sahip olmadığını (73,2 AUC) ve ayrıca, en düşük gerçek pozitif orana sahipken yüksek bir gerçek negatif oranına sahip olduğunu göstermiştir [28]. Özetlemek gerekirse, Xception sahte video tespiti için daha iyi performans sağlayabilir; ancak, farklı veri kümelerinde genelleştirilebilirlik sorunu ele almaz ve yalnızca görüntülerle beslendiğinde iyi performans göstermez. EfficientNET, bileşik katsayı kullanarak tüm derinlik/genişlik/çözünürlük boyutlarını eşit şekilde ölçeklendiren yeni bir ölçeklendirme yöntemi önerir. Coccomini ve ark. DFDC veri setinde %0,95'lik bir AUC ve %88'lik bir F1 skoru elde edebilmiştir [29]. Pokroy ve Egorov CNN'lerin farklı bir göreve aktarılması zor olan daha karmaşık modellerle uğraşmak zorunda kalacağı gerçeğinden dolayı, tüm boyutlarda artan bir ölçeğin her zaman daha yüksek doğruluğa yol açmayabileceğini göstermiştir [28]. Mitra ve ark. EfficientNet'in derinlemesine ayrılabilir konvülsiyonunu kullanarak, sahte videoların tespit edilmesinin karmaşıklığını düşürerek FaseForensics++ veri kümesinde %96 doğruluk elde edebilmiştir [30]. Sonuç olarak, Xception ve EfficientNet, tüm boyutları eşit şekilde ölçeklendirerek, model parametrelerinin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir. Dahası, derinlemesine ayrılabilir konvülsiyonları sayesinde hem zaman içinde hem de birden çok yüz boyunca çıkarılan çıktıyı toplayarak uzamsal özellikleri ve uzamsal-zamansal anomalileri çıkarabilirler. Bu yöntemler, videonun tamamı üzerinde daha iyi bir sonuç çıkarabileceklerini göstermiştir; ancak, tek bir görüntü üzerinde derin-kurgu sınıflandırmasında herhangi bir gelişme göstermemişlerdir (derin-kurgu görüntü algılama). Son bilimsel çalışmalar, her iki yöntemin de dezavantajlarını ele alarak bir bütünsel ve özellik tabanlı algılama ağları topluluğu uygulamaya odaklanmıştır.

Dolescki ve ark. bir toplama operatörü olarak kabul edilen belirli bir fayda fonksiyonuna sahip bir sınıflandırıcı koleksiyonunu içeren bir sınıflandırma yöntemini uygulayan çalışmalarında, %87'lik bir doğruluk elde edebilmişlerdir [31]. Silva ve ark. insanları algılama döngüsüne dahil eden hiyerarşik olarak açıklanabilir bir adli tıp algoritması uygulayarak DFDC veri setinde %92 doğruluk elde edebilmişlerdir [11]. Hanqing ve ark. çoklu uzamsal dikkat kafaları, dokusal özellik geliştirme blokları ve düşük seviyeli dokusal özellikleri ve yüksek seviyeli semantik özellikleri bir araya getirerek %97'lik bir doğruluk elde edebilen çok-dikkatli bir derin-kurgu algılama

ağı önermişlerdir [32]. Bonettini ve ark. EfficientNetB4'ü dikkat katmanları ve Siyam eğitimi ile birleştiren farklı eğitilmiş Konvolüsyonel Sinir Ağı (CNN) modellerini bir araya getirerek DFDC'de %87'lik AUC'ye ulaşmayı başardı [33]. Du ve ark. ham içeriği ve onun frekans alanı temsilini aynı anda analiz eden iki ayrı EfficientNet mimarisi ile doğruluk ve verimlilik arasında iyi bir dengenin sağlanabileceğini göstermişlerdir [34]. Derin-kurguları belirlemeye ve önlemeye yönelik en başarılı yaklaşımların, bir ikili sınıflandırma görevinin omurgası olarak CNN'lere dayanan derin öğrenme yöntemleri olduğu göz önüne alındığında ve derin sahte sınıflandırma yapılırsa büyük bir 2D CNN modelinin EfficientNet modelinden daha iyi olduğu kanıtlanabilir [11].

### 3. Materyal ve Yöntem

Yapılan literatür taramasında derin-kurguya maruz kalmış verileri tespit etmede birtakım araçlar ve algoritmaların kullanıldığı görülmüştür. Kullanılan her algoritmanın yoğunlaştığı ve dikkate aldığı bazı kriterler mevcuttur. Bu kriterler genelde yüzdeki kişinin yüzünün titremesi, bir fotoğrafta parlama veya bozulma, bir kişinin bir fotoğrafta sallanma hareketi, tutarsız konuşma veya ağız hareketleri, mikrofon standı veya dış mekan ışık standı gibi sabit nesnelerin anormal konumlandırılması, bir fotoğrafta dengesiz aydınlatma, bir fotoğrafta yansımalar veya gölgeler; Renk tonları, eksik veya fazla saç ve dişler, yanlış hizalanmış yüz simetrisi, uyumsuz piksel değerleri ve fotoğraf sürekliliğindeki kesintilerin tümü, derin sahte algılama algoritmaları ve özelliklerinde kullanılan göstergeler olarak belirtilmiştir [5]. Gün geçtikçe daha da popüler hale gelen derin-kurgu teknolojisi ile üretilen sahte verilerin adli davalarda dijital kanıt olma potansiyelleri artmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında dijital kanıtları raporlayan profesyonellerin dijital materyaller içerisinde bu kanıtlar ile karşılaşma ihtimalleri artacaktır. Adli analiz yapan profesyonellerin bu şekilde kanıtlar ile karşılaştıklarında doğru karar verme süreçlerinin anlaşılması adli bilişim açısından önemlidir. Bu çalışmada ise herhangi bir derin-kurgu tespit aracı, yazılımı ve algoritması kullanılmadan çıplak insan gözü ile tespit edilip edilemeyeceği, derin-kurgu yapma programlarından rastgele seçilen 2 adet derin-kurgu yapma programının derin-kurgu yapmadaki başarı oranı, adli bilişim alanında tecrübe sahibi dijital materyal incelemesi gerçekleştiren bireylerin, herhangi bir şekilde hiçbir dijital veri incelememiş bireylere göre ne kadar başarılı oldukları ve bireylerin derin-kurguya maruz kalmış fotoğrafları hangi özelliklerinden dolayı tercih ettikleri test edilmiştir.

#### 3.1 Ön hazırlık

Ankette kullanılmak üzere en geniş kapsamlı veri setleri üzerinde literatür taraması yapılmıştır. Deney aşamasında kaggle internet sitesi üzerinde bulunan Bojan Tunguz tarafından oluşturulan 1-million-fake-faces isimli veri seti kullanılmıştır [35]. Veri seti içerisinde, rastgele 15 erkek 15 bayan fotoğrafı seçilerek, fotoğraflar rastgele isimlendirilmiştir. Seçilen fotoğraflardan 5 adet bayan ve 5 adet erkek fotoğrafı herhangi bir işleme tabi tutulmadan orijinal olarak ankete eklenmiştir. Geriye kalan 10 adet erkek 10 adet bayan fotoğrafına derin-kurgu uygulanmıştır. Derin-kurgu uygulaması olarak Swapface ve FaceSwapper derin-kurgu yapma programları kullanılmıştır. Sonuç olarak 15 erkek fotoğrafının 5 tanesi orijinal olarak bırakılmış, 5 tanesine FaceSwapper, 5 tanesine Swapface uygulaması ile derin-kurgu uygulanmıştır. Aynı şekilde toplam 15 bayan fotoğrafının 5'i orijinal olarak bırakılmış, 5 tanesine FaceSwapper, 5 tanesine Swapface uygulaması ile derin-kurgu uygulanmıştır.

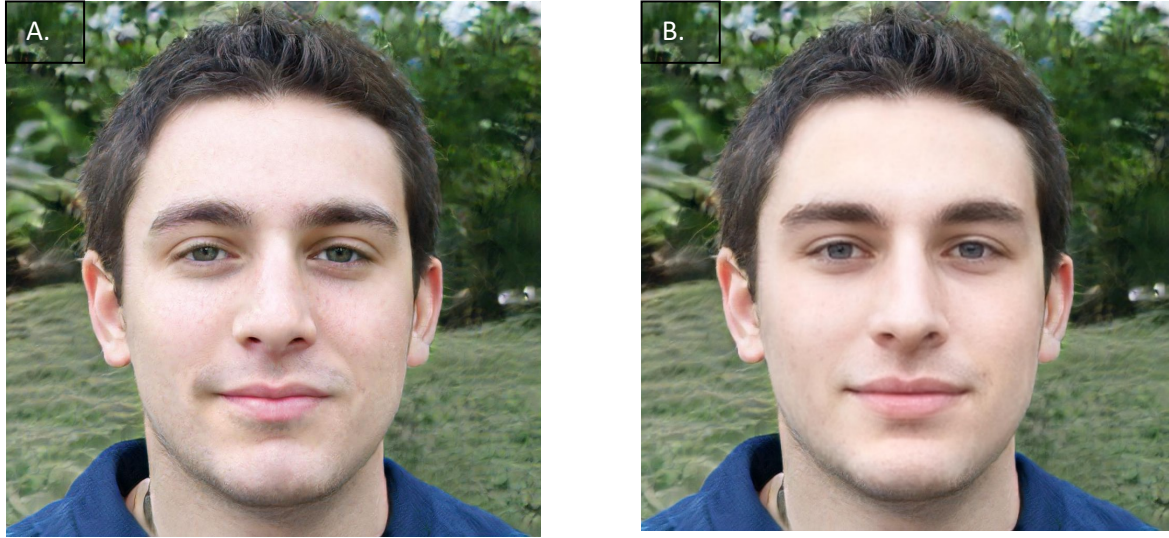
#### 3.2 Deney aşaması

Swapface programı ile oluşturulmuş 5 adet erkek ve 5 adet bayan fotoğrafı, Face Swapper programı ile oluşturulmuş 5 adet erkek ve 5 adet bayan fotoğrafı ve üzerinde herhangi bir oynama yapılmamış 5 adet erkek ve 5 adet bayan fotoğrafı bulunmaktadır. Oluşturulan bu fotoğraflarda deneye katılan adli bilişim alanında tecrübe sahibi olan, bu alanda incelemeler yapmış ve adli bilişim alanında hiç çalışmamış katılımcılara derin-kurgu uygulanmış fotoğrafları herhangi bir araç kullanmadan ayırt edip edemeyeceklerini tespit etmek amacıyla açık kaynak araştırması neticesinde tespit edilen Google forms programına yüklendi. Katılımcılara;

- ❖ Cinsiyetiniz nedir?
- ❖ Bilgisayar bilgi düzeyiniz nedir?
- ❖ Adli Bilişim alanında çalıştınız mı?
- ❖ Adli Bilişim alanında kaç yıldır çalışmaktasınız?
- ❖ Adli Bilişim alanında incelemeler yaptınız mı?
- ❖ Deepfake (derin-kurgu) hakkında bilgi sahibi misiniz?
- ❖ Hiç üzerinde oynama yapılmış bir fotoğraf tespitiniz oldu mu?

- ❖ Hazırlanmış olan 30 adet fotoğraf tek tek gösterilerek, gösterilen her bir fotoğraf için fotoğraf üzerinde orijinal mi oynama yapılmış mı?

Soruları ankete katılan bireylere yöneltilmiştir. Çalışmaya 60 kişi adli bilişim alanında tecrübeye sahip olan bireyler ve 60 kişi adli bilişim alanında herhangi bir tecrübesi bulunmayan bireyler katılım sağlamışlardır. Deneysel aşamaları açık kaynak araştırması neticesinde tespit edilen Google forms programı vasıtasıyla online olarak gerçekleştirilmiştir. Denekler, orijinal ve manipüle edilmiş görüntüleri tanıma konusunda sınırlı yeteneğe sahipti. Bazıları fotoğraflardan çok arka planlarında bir oynama olup olmadığı konusunda sorun yaşadı. Bazıları ise rastgele seçilen bireylerin fiziki özelliklerinden yola çıktılar ve bu onları yanılttı. Rastgele seçilen bayan fotoğrafları üzerinde makyaj yapılıp yapılmaması da denekler için ayırt edici bir faktör haline geldi. Gözler üzerindeki parlaklığın fotoğraftaki bireyin yaşı ile orantılı olup olmama durumu ayırt etmede dikkat ettikleri kriterlerden olduğu bilgisine ulaşıldı. Bazı denekler fotoğraflar üzerindeki simetriden yola çıkarak fotoğraflardaki kişilerin yüzlerindeki orantılılık ölçülerine dikkat ettiler. Fotoğrafların kusursuz olması da bazılarının dikkatini çekti. Birçok denek üzerinde bayan fotoğrafı üzerinde derin-kurgu tespitinin erkek fotoğraflarına göre daha zorlandıkları görülmüştür. Deneysel sayısal verileri aşağıda analiz edilip tarafınıza sunulmuştur. Derin-kurgu uygulanmış ve uygulanmamış fotoğraflara örnek Resim-1’de görülmektedir.



**Resim 1:** Orijinal resim ile derin-kurgu yapılmış örnek resim. (A. orijinal resim-B. derin-kurgu yapılmış resim.)

#### 4. Evren ve örneklem

Araştırma Türkiye’de Adli Bilişim alanında çalışan ve adli bilişim alanında çalışmayan ancak bilgisayar bilgisi olan bireylerle yürütülmüştür. Çalışma araştırmaya gönüllü katılım gösteren 60 Adli Bilişim personeli ve 60’ı Adli Bilişim alanında çalışmayan toplam 120 kişi ile yürütülmüştür. Çalışmaya katılanların bazı demografik Verileri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Araştırmaya Katılanların Demografik Analizi

Demografik Özellik	Kategori	Sayı (f)	Yüzde (%)
Cinsiyet	Erkek	74	61.7
	Kadın	46	38.3
Adli Bilişimde Çalışma Durumu	Adli Bilişimde Çalışıyor	60	50
	Adli Bilişimde Çalışmıyor	60	50
Adli Bilişimde Çalışma Süresi	1-5 Yıl	17	14.2
	6-10 Yıl	43	35.8
Adli Bilişimde Materyal İnceleme Durumu	Çalışmıyor	60	50
	İnceledim	61	50.8
	İncelemedim	59	49.2
Deepfake(derin-kurgu) Hakkında Bilgi Sahibi Olma	Bilgi Sahibiyim	61	50.8
	Bilgi Sahibi Değilim	59	49.2
	Başlangıç Düzeyinde	9	7.5
Bilgisayar Bilgisi	Orta Düzeyde	75	62.5
	İleri Düzeyde	36	30

Demografik verilerin analizine göre araştırmaya katılanların 74'ü (%61,7) erkektir. Kadınların sayısı ise 46 (%38,3) kişi ile ikinci sıradadır. Erkeklerin 41'i (%55,4) adli bilişim alanında çalışmaktadır. Kadınların ise 19'u (%41) adli bilişim alanında çalışmaktadır. Hem adli bilişim alanında çalışanlar açısından hem de araştırmaya katılanlar açısından erkekler daha çok sayı ve oradadır. Adli Bilişim alanında çalışma süresi bakımından ise 6-10 arasında çalışanların sayısı (f=43, %35,8) 1-5 Yıl arasında çalışanların sayısından (f=17, %14,2) daha fazladır. Hem derin-kurgu (deepfake) konusunda bilgisi olduğunu belirtenler hem de adli bilişimde materyal incelediğini belirtenlerin sayısı (f=59, %49,2) aynıdır. Bilgisayar bilgi düzeyine ilişkin çalışanların öznel anlatımına göre büyük çoğunluk (f=75, %62,5) orta düzeyde çok azı (f=9, %7,5) ise başlangıç düzeyinde bilgilerinin olduğunu belirtmiştir.

#### 4.1 Veri toplama aracı

Veri toplama aracı araştırmacı tarafından geliştirilen 30 sorudan oluşan Doğru Yanlış testidir. Testte 10 Orijinal fotoğraf, 9 FaceSwapper programı vasıtası ile derin-kurgu işlemi uygulanmış fotoğraf ve 11 Swapface programı vasıtası ile derin-kurgu işlemi uygulanmış fotoğraf verilerle bireylerden doğrusunu bulmaları istenmiştir. Ayrıca testte katılımcıların bazı demografik ve derin-kurgu ile ilgili geçmişlerindeki deneyimleri yoklayan soruların olduğu anket uygulanmıştır. Araştırmada kullanılan test, katılımcıların derin-kurgu programları vasıtası ile yapılmış derin-kurgu fotoğraflarını ve herhangi bir işleme maruz kalmamış orijinal fotoğraf olup olmadığını, verilen fotoğrafın hangi programla üzerinde oynandığını belirlemeye yarayacak sorular içeren "Deepfake (derin-kurgu) Fotoğrafları Belirleme" testidir. Test maddeleri araştırmacı tarafından hazırlanmıştır. Bu maddeler ve fotoğraflar uzman görüşüne başvurularak incelemeleri sağlanmıştır. Kullanılan testin uzman incelemesi sonucunda gelen görüşler neticesinde herhangi bir düzeltmeye gidilmesine gerek kalmadan kullanılmasının uygun olduğu değerlendirilmiştir. Katılımcıların verilen bir fotoğrafın orijinal ya da değil, Swapface programı vasıtası ile derin-kurgu yapılmış veya değil, FaceSwapper programı vasıtası ile derin-kurgu yapılmış fotoğraf ve değil şeklinde tespitle bulunmalarını yoklamaktadır. Testten elde edilen verilerin KR-20 güvenilirlik katsayısı ile güvenilirliği hesaplanmıştır. KR-20 soruların doğru-yanlış ya da 1 ve 0 olarak kodlandığı objektif test türlerinde ve madde güçlük indekslerinin farklı olduğu durumda uygulanır [44]. Bu nedenle de güvenilirlik bu yöntemle hesaplanmıştır. KR-20 Güvenirlik katsayısı 0.78'dir. Bu değer testin iyi düzeyde güvenilir olduğunu göstermektedir. Uygulanan testteki soruların madde güçlük indekslerinin yanı sıra madde ayırt edicilik indeksleri de %27 üst grup alt grup tekniği kullanılarak hesaplanmıştır. Madde Güçlük ve Ayırt edicilik indekslerine ilişkin yapılan hesaplamalar Tablo 2'de verilmiştir.



**Tablo 2.** Madde Güçlük ve Ayırt Edicilik İndeksleri

Soru No ve Yoklanan Fotoğraf Türü	Madde Güçlüğü	Madde Ayırt Ediciliği	Soru No ve Yoklanan Fotoğraf Türü	Madde Güçlüğü	Madde Ayırt Ediciliği
1-Orijinal	.53	.24	16- Swapface	.30	.45
2-Swapface	.50	.31	17- Swapface	.63	.48
3-Swapface	.45	.12	18-FaceSwapper	.64	.42
4-Orijinal	.57	.39	19- Swapface	.38	.48
5-Swapface	.36	.42	20-Orijinal	.50	.58
6-FaceSwapper	.47	.52	21-FaceSwapper	.61	.67
7- Orijinal	.73	.12	22-Orijinal	.68	.19
8-FaceSwapper	.26	.24	23- Swapface	.23	.42
9-Swapface	.53	.55	24-FaceSwapper	.50	.64
10-Swapface	.22	.33	25-Orijinal	.79	.19
11-Swapface	.42	.45	26- Swapface	.52	.61
12-FaceSwapper	.44	.61	27-FaceSwapper	.57	.61
13-FaceSwapper	.50	.67	28- Orijinal	.63	.42
14-Orijinal	.71	.55	29- FaceSwapper	.54	.39
15-Orijinal	.46	.52	30- Orijinal	.48	.58

En zor madde 0.22 güçlük indeksi ile 10 Numaralı Swapface programı vasıtası ile derin-kurgu yapılmış Fotoğraf sorusu, ikinci sırada 0.23 güçlük indeksi ile 23 numaralı Swapface programı vasıtası ile derin-kurgu yapılmış sorusu izlemektedir. En kolay madde 0.79 güçlük indeksi ile 25 numaralı üzerinde herhangi bir oynama yapılmamış Orijinal Fotoğraf sorusu olmuştur. İkinci sırada kolay soru 0.71 güçlük indeksi ile 14 numaralı üzerinde herhangi bir oynama yapılmamış Orijinal Fotoğraf sorusu gelmektedir. Testin ortalama güçlük indeksi ise 0.51 ile orta güçlük düzeyindedir. Bir testte zor, kolay ve orta güçlükte soruların olması gerektiği dikkate alındığında testin güçlük açısından yerinde olduğu söylenebilir [43-44]. Testin genelde tüm sorularının ayırt edici olduğu ancak 0.12 ayırt edicilik indeksine sahip 7. Orijinal Fotoğraf sorusunun ayırt ediciliğinin düşük diğer soruların ise orta bazılarının iyi ve mükemmel düzeyde ayırt edici olduğu gözlenmiştir. 7. Sorunun zayıf ayırt edicilik gücünde olduğu ancak testin D-Y testi olduğu dikkate alındığında zayıf olsa da alınmıştır [36]. Ayrıca testte negatif ayırt edici soruların alınmaması gerektiği ancak 0.19 ve üstünün düzletme ile alınabileceği genellikle ifade edilen bir durum olsa da 0.12 ayırt edicilik indeksine sahip 7. Sorunun kolay bir soru olarak testte yer almasının yararlı olacağı değerlendirilmiştir. Bu nedenle de testten çıkarılmayarak teste alınmıştır [43].

#### 4.2 Verilerin toplanması ve analizi

Araştırma verileri yüz yüze yapılan uygulama ile toplanmıştır. Katılımcılara araştırmanın herhangi bir yerinde istelerse vazgeçebilecekleri belirtilmiştir. Çalışmaya katılan toplam 120 kişiden elde edilen verilerin analizinde aşağıdaki analiz süreçleri izlenmiştir;

1- Betimsel Analiz: Demografik verilerin analizinde frekans ve yüzde, katılımcıların derin-kurgu ile ilgili fotoğrafları bilme düzeyinin belirlenmesinde ortalama ve standart sapma değerlerinden yararlanılmıştır.

2- Verilerin tek doğrusal normalliklerinin incelenmesi: Verilerin tek doğrusal normalliklerinin incelenmesinde Çarpıklık ve Çarpıklık ölçülerinden yararlanılmıştır. Ayrıca her bir bağımsız değişkenin kategorisi içinde Çarpıklık ve Basıklık değerleri incelenmiştir. Tek doğrusal normalliklerin incelenmesinde farklı ölçümler dikkate alınsa da Çarpıklık ve Basıklık ölçüleri için  $\pm 2$  aralığının yeterli olduğuna işaret etmiştir [37]. George ve Mallery ise basıklık ve çarpıklık değerlerinin hataya oranlamasının %95 güven düzeyi için 1.96 güven aralığını dikkate alınmasını önermiştir[38]. Ayrıca çoklu normallik için hem tek doğrusal normallik hem tüm bağımsız değişkenin düzeylerinde normalliğe sahip olması gerektiğine işaret etmiştir. Bunun yanı sıra P-P ve Q-Q eğrilerinin histogramların incelenmesini önermektedirler.

Hair ve ark. uç değerlerin olmaması gerektiğini bunun için Mahalanobis Uzaklığının hesaplanmasını her bir bağımsız değişkenin (iki ve daha fazla bağımsız değişken açısından) bağımlı değişkenlerin ikili kombinasyonlarının doğrusal olması önerilmiştir [39]. Bu çerçevede her bir analiz sürecinde bağımsız değişkenlerin kombinasyonu olarak bağımlı değişkenlerin doğrusal olup olmadığı dağılım matrisinden (scatter matrix) incelenmiştir. Ayrıca uç değerler için (outliers) Mahalanobis D2 uzaklığı hesaplanmıştır. Tüm değişken kombinasyonlarında 0.05 güven düzeyi için 1 serbestlik derecesinde Ki-Kare değeri 3.841'in altında olduğu

gözlenmiştir. İlgili koşulların sağlandığı normallik durumlarında parametrik karşılanmadığı durumda ise parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Bu çerçevede;

3- Cinsiyet, adli bilişim alanında çalışma durumu, adli bilişimde materyal inceleme durumu, üzerinde oyna yapılmış fotoğraf tespit durumu, derin-kurgu hakkında bilgi sahibi olup olmama açısından Bağımsız Gruplar t - Testi ile analiz yapılmıştır.

4- Adli bilişim alanında çalışma süresi bakımından derin-kurgu fotoğrafları ile ilgili düzeyinin farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için Tek Yönlü Varyans Analizi uygulanmıştır. Farklılık olduğu durumda farkın kaynağı için Scheffe testi ile analiz yapılmıştır.

5- Bilgisayar bilgisi açısından derin-kurgu fotoğrafları ile ilgili düzeyinin farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için Başlangıç düzeyi kategorisinde gözlenen sayının az olması nedeni ile Mann Whitney U testi ile analiz yapılmıştır.

6- Orijinal, FaceSwapper derin-kurgu yapma programı ve Swapface derin-kurgu yapma programı vasıtası ile yapılmış fotoğrafları ayırma bilgi testi puanları arasında ilişkinin incelenmesinde Pearson Momentler Korelasyon analizi uygulanmıştır.

7- Cinsiyet ve Deepfake (derin-kurgu) Fotoğraflar Hakkında Bilgilerinin Olup Olmadığına Yönelik analizde Faktöryel MONOVA analizi (İki yönlü MANOVA) uygulanmıştır. Tip I hatayı önlemek için Bonferroni düzeltilmesi uygulanmıştır. Farkın olduğu durumda izleme testi ile farkın kaynağı test edilmiştir. İzleme testi için Scheffe analizi uygulanmıştır.

8- Farklılığın gözlemlendiği durumlarda farklılığın önem düzeyini belirlemek için etki büyüklüğü değeri incelenmiştir. Etki büyüklüğü hesaplamalarında İlişkisiz Örneklemeler t Testi ve Tek Yönlü Varyans Analizinde Cohen d, İki Yönlü MANOVA için kısmi Eta Kare Değeri ( $\eta^2$ ) incelenmiştir. Bunun için aşağıdaki ölçütler dikkate alınmıştır [40], [41].

Cohen d = 0.2 = Küçük/önemsiz

Cohen d = 0.5 = Orta

Cohen d = 0.8 = Büyük

Eta Kare ( $\eta^2$ ) = 0.01 = Küçük/önemsiz

Eta Kare ( $\eta^2$ ) = 0.06 = Orta düzey

Eta Kare ( $\eta^2$ ) = 0.14 = Büyük

Verilerin analizinde SPSS 24 paket programı kullanılmıştır. Ayrıca Jamovi programından yararlanılmıştır. Anlamlılık düzeyi için 0.05 dikkate alınmıştır.

## 5. Bulgular

### 5.1 Betimsel analiz sonuçları

Araştırmanın birinci problemi “Adli Bilişim çalışanlarının orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeyi nedir?” olarak belirlenmiştir. Söz konusu araştırma problemi için betimsel analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3.** Deepfake(derin-kurgu) Bilgi Düzeyi Betimsel Analiz Sonuçları

	Fotoğraf Sayısı	Min.	Mak.	Toplam	Ort.	SS	Çarpıklık	Basıklık
Orijinal Fotoğraf	10	.00	10	727	6.05	2.12	.045	-.571
FaceSwapper Fotoğraf	9	.00	9	542	4.51	2.42	.088	-.935
SwapFace Fotoğraf	11	.00	11	543	4.52	2.53	.540	-.406
Genel Ortalama	30	2	30	1812	15.10	5.67	.325	-.007

Çarpıklık için hata: .221, Basıklık için hata: .438

Betimsel analiz sonucuna göre çalışanların orijinal fotoğrafları belirleme düzeyi (Ort.=6.05, SS=2.12) daha yüksektir. FaceSwapper derin-kurgu yapma programı (Ort=4.51, SS=2.42) ve SwapFace derin-kurgu yapma programı (Ort.=4.52, SS=2.53) fotoğraflarını belirleme düzeyi ise düşüktür. Çalışanların orijinal fotoğraf ile derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeyine ilişkin genel başarı ortalaması (Ort.=15.18, SS=5.67) orta düzeydedir. Her bir resme ait puanların Basıklık ve Çarpıklık değerleri  $\pm 2$ 'nin çok altındadır. Ayrıca Basıklık ve Çarpıklık ölçülerinin hataya oranı da  $\pm 3$ 'ün çok altındadır. Histogramlar ve Q-Q eğrileri ile P-P eğrileri incelenmiştir. Ayrıca uç değer olup olmadığı da kontrol edilmiştir. Analiz sonucunda uç değerler olmadığı verilerin tek doğrusal normallik sağladığı gözlenmiştir.

## 5.2 Çalışanların orijinal ve deepfake (derin-kurgu) fotoğrafları belirleme düzeylerinin cinsiyet açısından analizi

Çalışmanın ikinci problemi “Çalışanların orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeyi cinsiyet açısından farklılık göstermekte midir?” şeklinde belirlenmiştir. Analiz öncesi Orijinal Fotoğraf, FaceSwapper derin-kurgu yapma programı ve Swapface derin-kurgu yapma programı Fotoğraf puanlarının bağımsız değişkenin (cinsiyet) her bir düzeyi için (kadın ve erkek) Basıklık ve Çarpıklıkları incelenmiştir. Hem erkeklerin (Çarpıklık=  $\pm 1$ , Hata=.279; Basıklık=  $\pm 1$ , Hata=.552) hem de kadınların (Çarpıklık=  $\pm 1$ , Hata=.350; Basıklık=  $\pm 1$ , Hata=.688) her bir resme ait puanların Çarpıklık ve Basıklık değerlerinin ve bunların ve hataya oranlarının da düşük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca varyansların homojen olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle Bağımsız Gruplar t Testi ile analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 4’te verilmiştir.

**Tablo 4.** Cinsiyet Açısından Analiz Sonuçları

	Cinsiyet	N	Ort.	SS	Levene Testi		t	sd	p
					F	p			
Orijinal Fotoğraf Puanı	Erkek	74	5.86	2.16	.013	.908*	-1.267	118	.208*
	Kadın	46	6.37	2.06					
FaceSwapper Fotoğraf Puanı	Erkek	74	4.14	2.38	.045	.833*	-2.225	118	.028**
	Kadın	46	5.13	2.39					
Swapface Fotoğraf Puanı	Erkek	74	4.79	2.56	1.209	.274*	1.503	118	.135*
	Kadın	46	4.09	2.43					
Genel Ortalama	Erkek	74	14.79	5.63	.040	.841*	-.763	118	.447*
	Kadın	46	15.58	5.29					

\*p>.05, \*\*p<.05

Analiz sonucunda çalışanların derin-kurgu (deepfake) konusunda genel başarı puanları cinsiyet açısından anlamlı farklılık göstermemektedir (t=-.763, p>.05). Orijinal Fotoğraf konusunda (t=-1.267, p>.05) ve Swapface Fotoğraf (t=1.503, p>.05) ayırmada kadın ve erkekler arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Bununla birlikte FaceSwapper Fotoğraf puanında erkeklerin ortalaması (Ort.=4.14, SS=2.38), kadınların puan ortalamasından (Ort.=5.13, SS=2.39) daha düşük olduğu gözlenmiştir (t=-2.225, p<.05). Kadınların FaceSwapper fotoğraflarını ayırma konusunda erkelerden daha iyi olduğu söylenebilir. Farkın önemine ilişkin yapılan güç testi analiz sonucu (Cohen d= .42) düşük düzeye yakın bir anlamlılığa işaret etmektedir.

### 5.3 Çalışanların orijinal ve deepfake (derin-kurgu) fotoğrafları belirleme düzeylerinin adli bilişimde çalışma durumu açısından analizi

Araştırmanın üçüncü problemi “Çalışanların orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeyi adli bilişimde çalışıp çalışmama durumları açısından farklılık göstermekte midir?” olarak belirlenmiştir. Analiz öncesinde Orijinal, FaceSwapper ve Swapface Fotoğraf puanlarının bağımsız değişkenin (adli bilişimde çalışma-çalışmama) her bir düzeyi için Basıklık ve Çarpıklıkları incelenmiştir. Hem çalışanların (Çarpıklık= ±1, Hata=.309; Basıklık= ±1, Hata=.608) hem de çalışmayanların (Çarpıklık= ±1, Hata=.309; Basıklık= ±1, Hata=.608) her bir resme ait puanlarının Çarpıklık ve Basıklık değerlerinin bunların ve hataya oranlarının da düşük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca varyansların homojen olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle Bağımsız Gruplar t Testi ile analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 5’te verilmiştir.

**Tablo 5.** Adli Bilişimde Çalışıp Çalışmama Durumu Açısından Analiz Sonuçları

	Adli Bilişimde Çalışma	N	Ort.	SS	Levene Testi		t	sd	P
					F	p			
Orijinal Fotoğraf Puanı	Evet	60	5.68	2.22	.759	.835*	-1.954	118	.053*
	Hayır	60	6.43	1.96					
FaceSwapper Fotoğraf Puanı	Evet	60	3.80	2.22	.469	.495*	-3.381	118	.001**
	Hayır	60	5.23	2.41					
Swapface Fotoğraf Puanı	Evet	60	4.23	2.46	.034	.855*	-1.266	118	.208*
	Hayır	60	4.82	2.58					
Genel Ortalama	Evet	60	13.71	5.28	.003	.955*	-2.836	118	.005*
	Hayır	60	16.48	5.40					

\*p>.05, \*\*p<.05

Analiz sonucu, adli bilişimde çalışma durumunun derin-kurgu genel başarı puanları üzerinde anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir (t=-2.836, p<.05). Adli bilişimde çalıştığını belirtenlerin puan ortalaması (Ort.=13.71, SS=5.28), çalışmadığını belirtenlerin ortalamasından (Ort.=16.48, SS=5.40) daha düşük olduğu görülmektedir. Etki büyüklüğüne ilişkin yapılan analiz sonucu (Cohen d=.52) farklılığının öneminin orta düzeye yakın olduğunu göstermektedir. FaceSwapper fotoğraflarını belirleme konusunda adli bilişimde çalışanlar (Ort.=3.80, SS=2.22) ile adli bilişimde çalışmayanların (Ort.=5.23, SS=2.41) puan ortalamaları arasında adli bilişimde çalışmayanlar lehine anlamlı farklılık gözlenmiştir (t=-3.381, p<.05). Farkın önemine ilişkin etki büyüklüğü değeri (Cohen d=.62) farkın orta düzeyde önemli olduğunu göstermektedir. Orijinal Fotoğraf puanları (t=-1.954, p>.05) ile Swapface puanlarında (t=-1.266, p>.05) ise adli bilişimde çalışanlarla çalışmayanlar arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

### 5.4. Çalışanların orijinal ve derin-kurgu (deepfake) fotoğrafları belirleme düzeylerinin derin-kurgu (deepfake) konusunda bilgi sahibi olup olmama durumu açısından analizi

Araştırmanın dördüncü problemi “Çalışanların orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeylerinin daha önceden derin-kurgu konusunda bilgi sahibi olup olmamaları açısından farklılık göstermekte midir?” olarak belirlenmiştir. Analiz öncesinde Orijinal Fotoğraf, FaceSwapper ve Swapface Fotoğraf puanlarının bağımsız değişkenin (derin-kurgu konusunda bilgi sahibi olup olmama) her bir düzeyi için Basıklık ve Çarpıklıkları incelenmiştir. Hem bilgi sahibi olduğunu belirtenlerin (Çarpıklık= ±1, Hata=.306; Basıklık= ±1, Hata=.604) hem de bilgi sahibi olmadığını belirtenlerin (Çarpıklık= ±1, Hata=.311; Basıklık= ±1, Hata=.613) her bir resme ait puanların Basıklık ve Çarpıklık değerlerinin ve bunların hataya oranlarının da düşük olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle Bağımsız Gruplar t Testi ile analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 6.** Deepfake (derin-kurgu) Konusunda Bilgi Sahibi Olma Durumu Açısından Analiz Sonuçları

	Deepfake (derin-kurgu) Hakkında Bilgi	N	Ort.	SS	Levene Testi		t	Sd	p
					F	p			
Orijinal Fotoğraf Puanı	Evet	59	5.90	2.12	.014	.907*	-.819	118	.414*
	Hayır	61	6.22	2.13					
FaceSwapper Fotoğraf Puanı	Evet	59	4.06	2.47	.933	.336*	-2.104	118	.037**
	Hayır	61	4.98	2.29					
Swapface Fotoğraf Puanı	Evet	59	4.26	2.30	.591	.444*	-1.158	118	.249*
	Hayır	61	4.79	2.74					
Genel Ortalama	Evet	59	14.22	5.20	.036	.849*	-1.779	118	.078*
	Hayır	61	16.00	5.69					

\*p&gt;.05, \*\*p&lt;.05

Analiz sonucunda derin-kurgu konusunda önceden bilgi sahibi olmanın genel başarı puanları üzerinde anlamlı etkiye sahip olmadığını göstermektedir ( $t=-1.779$ ,  $p>.05$ ). derin-kurgu konusunda bilgi sahibi olduğunu belirtenlerin genel puan ortalaması (Ort.=14.22, SS=5.20) ile bilgi sahibi olmadığını belirtenlerin ortalaması (Ort.=16.00, SS=5.69) arasında istatistiksel açıdan farklılık yoktur. FaceSwapper fotoğraflarını belirleme konusunda derin-kurgu hakkında bilgi sahibi olduğunu belirtenlerin ortalaması (Ort.=4.06, SS=2.47) ile derin-kurgu konusunda bilgi sahibi olmadığını belirtenlerin ortalaması (Ort.=4.98, SS=2.29) arasında derin-kurgu hakkında bilgi sahibi olmadığını belirtenlerin lehine anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $t=-2.104$ ,  $p<.05$ ). Farkın önemine ilişkin etki büyüklüğü değeri (Cohen  $d=.38$ ) farkın öneminin düşük olduğunu göstermektedir. Orijinal Fotoğraf puanları ( $t=-.819$ ,  $p>.05$ ) ile Swapface puanlarında ( $t=-1.158$ ,  $p>.05$ ) ise derin-kurgu konusunda bilgi sahibi olduğunu belirtenler ile bilgi sahibi olmadığını belirtenler arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Daha önceden derin-kurgu konusunda bilgi sahibi olmak ya da olmamanın özellikle Orijinal ve Swapface fotoğraflarını belirleme konusunda etkili olmadığını söyleyebilir.

### 5.5. Çalışanların orijinal ve deepfake (derin-kurgu) fotoğrafları belirleme düzeylerinin üzerinde oynama yapılmış fotoğraf tespit etme durumu açısından analizi

Araştırmanın beşinci problemi “Çalışanların orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeylerinin üzerinde oynama yapılmış fotoğrafları tespit edip etmeme açısından farklılık göstermekte midir?” olarak belirlenmiştir. Analiz öncesinde Orijinal FaceSwapper ve Swapface Fotoğraf puanlarının bağımsız değişkenin (üzerinde oynama yapılmış fotoğrafları tespit edip etmemiş olma) her bir düzeyi için Basıklık ve Çarpıklıkları incelenmiştir. Üzerinde oynama yapılmış fotoğrafları tespit ettiğini belirtenler (Çarpıklık=  $\pm 1$ , Hata=.311; Basıklık=  $\pm 1$ , Hata=.613) ile üzerinde oynama yapılmış fotoğrafları tespit etmediğini belirtenlerin (Çarpıklık=  $\pm 1$ , Hata=.306; Basıklık=  $\pm 1$ , Hata=.604) puanlarının Çarpıklık ve Basıklık değerlerinin ve hataya oranlarının da düşük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca varyansların homojen olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle Bağımsız Gruplar t Testi ile analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 7.** Üzerinde Oynama Yapılmış Fotoğrafları Tespit Etme Açısından Analiz Sonuçları

	Üzerinde Oynanmış Fotoğraf Tespiti	N	Ort.	SS	Levene Testi		t	Sd	p
					F	p			
Orijinal Fotoğraf Puanı	Evet	59	6.20	1.95	1.547	.216*	.733	118	.465*
	Hayır	61	5.92	2.28					
FaceSwapper Fotoğraf Puanı	Evet	59	4.86	2.41	.195	.659*	1.556	118	.122*
	Hayır	61	4.18	2.39					
Swapface Fotoğraf Puanı	Evet	59	4.55	2.56	.586	.446*	.146	118	.885*
	Hayır	61	4.49	2.51					
Genel Ortalama	Evet	59	15.62	5.09	.282	.596*	1.033	118	.304*
	Hayır	61	14.59	5.86					

\*p&gt;.05

Analiz sonucunda üzerinde oynanmış fotoğrafı tespit edip etmemiş olmamanın derin-kurgu genel başarı puanları üzerinde anlamlı etkiye sahip olmadığını göstermektedir ( $t=1.033$ ,  $p>.05$ ). Daha önce üzerinde oynanmış fotoğraf tespit ettiğini belirtenlerin puan ortalaması (Ort.=15.62, SS=5.09) ile daha önce üzerinde oynanmış fotoğraf tespit etmediğini belirtenlerin ortalaması (Ort.=14.59, SS=5.86) arasında istatistiksel açıdan farklılık

yoktur. Orijinal Fotoğraf puanları ( $t=-.819$ ,  $p>.05$ ), FaceSwapper puanları ( $t=1.556$ ,  $p>.05$ ) ile Swapface puanlarında ( $t=.146$ ,  $p>.05$ ) daha önce üzerinde oynanmış fotoğraf tespit ettiğini belirtenler ile üzerinde oynanmış fotoğraf tespiti yapmadığını belirtenler arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Daha önce üzerinde oynanmış fotoğraf tespit etmiş olup olmama, derin-kurgu fotoğraflarını orijinalinden ayırma ve hangi programla fotoğrafların üzerinde oynandığını belirleme konusunda bir deneyim olsa da bu deneyim yeterli bir teknik bilgi edinmeyi sağlamadığı söylenebilir.

### 5.6. Çalışanların orijinal ve deepfake (derin-kurgu) fotoğrafları belirleme düzeylerinin adli bilişim alanında inceleme yapma durumu açısından analizi

Araştırmanın altıncı problemi “Çalışanların orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeyleri adli bilişim alanında inceleme yapma durumu açısından farklılık göstermekte midir?” olarak belirlenmiştir. Analiz öncesinde Orijinal, FaceSwapper ve Swapface Fotoğraf belirlemeye yönelik puanlarının bağımsız değişkenin her bir düzeyi için Basıklık ve Çarpıklıkları incelenmiştir. Adli bilişim alanında inceleme yapmadığını belirtenler (Çarpıklık=  $\pm 1$ , Hata=.311; Basıklık=  $\pm 1$ , Hata=.613) ile adli bilişim alanında inceleme yapmadığını belirtenlerin (Çarpıklık=  $\pm 1$ , Hata=.306; Basıklık=  $\pm 1$ , Hata=.604) puanlarının çarpıklık ve basıklık değerlerinin düşük olduğu ve hataya oranlarının da düşük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca varyansların homojen olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle Bağımsız Gruplar t Testi ile analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8.** Adli Bilişim Alanında İnceleme Yapma Açısından Analiz Sonuçları

	Adli Bilişimde İnceleme	N	Ort.	SS	Levene Testi		t	Sd	p
					F	p			
Orijinal Fotoğraf Puanı	Evet	61	5.64	2.24	2.289	.133*	-2.230	118	.028**
	Hayır	59	6.49	1.92					
FaceSwapper Fotoğraf Puanı	Evet	61	3.85	2.12	2.404	.124*	-3.169	118	.002**
	Hayır	59	5.20	2.54					
Swapface Fotoğraf Puanı	Evet	61	4.28	2.36	1.217	.272*	-1.085	118	.281*
	Hayır	59	4.78	2.69					
Genel Ortalama	Evet	61	13.77	5.03	.918	.340*	-2.767	118	.007**
	Hayır	59	16.47	5.66					

\* $p>.05$ , \*\* $p<.05$

Analiz sonucunda üzerinde oynanmış (derin-kurgu) ya da oynanmamış (orijinal) fotoğrafları adli bilişim alanında inceleme yapma yapmamış olmanın genel başarı puanları üzerinde anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir ( $t=-2.767$ ,  $p<.05$ ). Adli bilişim alanında inceleme yaptığını belirtenlerin puan ortalaması (Ort.=13.77, SS=5.03) ile adli bilişim alanında inceleme yapmadığını belirtenlerin ortalaması (Ort.=16.47, SS=5.66) arasında adli bilişimde inceleme yapmadığını belirtenlerin lehine istatistiksel açıdan farklılık vardır. Farkın önemine ilişkin yapılan etki büyüklüğü analizi (Cohen  $d=.50$ ) orta düzeye yakın bir öneme işaret etmektedir. Orijinal Fotoğraf puanlarında da adli bilişimde inceleme yapanların puan ortalaması (Ort.=5.64, SS=2.24) ile yapmayanların ortalaması (Ort.=6.49, SS=1.92) arasında adli bilişimde inceleme yapmayanlar lehine anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $t=-2.230$ ,  $p<.05$ ). Farkın önemine ilişkin etki büyüklüğü analizi (Cohen  $d=.39$ ) farklılığın dikkate alınacak bir önemde olmadığına işaret etmektedir. FaceSwapper puanlarında da adli bilişim alanında inceleme yapanların puan ortalaması ile (Ort.=3.85, SS=2.12) ile adli bilişim alanında inceleme yapmamış olanların puan ortalamaları (Ort.=5.20, SS=2.54) arasında adli bilişimde inceleme yapmamış olanlar lehine anlamlı farklılık belirlenmiştir ( $t=-3.169$ ,  $p<.05$ ). Farkın önemine ilişkin etki büyüklüğü değeri (Cohen  $d=.58$ ) orta düzeye yakın bir farklılığa işaret etmektedir. Swapface puanlarında ise adli bilişim alanında inceleme yaptığını belirtenler ile inceleme yapmadığını belirtenler arasında farklılık gözlenmemiştir ( $t=-1.217$ ,  $p>.05$ ).

### 5.7. Çalışanların orijinal ve deepfake (derin-kurgu) fotoğrafları belirleme düzeylerinin adli bilişimde çalışma süresi açısından analizi

Araştırmanın yedinci sorusu “Çalışanların orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeyleri adli bilişimde çalışma süresi açısından farklılık göstermekte midir?” şeklinde belirlenmişti. Öncelikle bağımsız değişkenin her bir düzeyi açısından derin-kurgu konusundaki bilgi düzeyi puanlarının betimsel analizi ve varyansların homojenliği incelenmiştir. Analiz sonuçları Tablo 9’da sunulmuştur.

**Tablo 9.** Çalışanların Orijinal ve Deepfake (derin-kurgu) Fotoğrafları Belirleme Düzeylerinin Adli Bilişimde Çalışma Süresi Açısından Betimsel ve Varyansların Homojenliği Analiz Sonuçları

		N	Ort.	SS	Levene Testi		Çarpıklık (Hata)	Sivrilik (Hata)
					F	p		
Orijinal Fotoğraf	a) 1-5 Yıl	17	5.64	2.11	.587	.558*	.884(.550)	.222(.663)
	b) 6-20 Yıl	43	5.72	2.30			-.095(.361)	-.496(.709)
	c) Çalışmıyor	60	6.41	1.96			.108(.309)	-.888(.608)
	Toplam	120	6.05	2.12				
FaceSwapper Fotoğraf	a) 1-5 Yıl	17	3.88	2.42	.113	.893*	.695(.550)	-.773(.663)
	b) 6-20 Yıl	43	3.83	2.25			.408(.361)	-.655(.709)
	c) Çalışmıyor	60	5.18	2.38			-.309(.309)	-.520(.608)
	Toplam	120	4.51	2.42				
Swapface Fotoğraf	a) 1-5 Yıl	17	4.94	3.00	1.127	.182*	.625(.550)	-.374(.663)
	b) 6-20 Yıl	43	4.02	2.13			-.432(.361)	-.986(.709)
	c) Çalışmıyor	60	4.76	2.63			.412(.309)	-.548(.608)
	Toplam	120	4.52	2.53				
Genel Ortalama	a) 1-5 Yıl	17	14.47	6.07	.029	.971*	.964(.550)	.930(.663)
	b) 6-20 Yıl	43	13.58	5.05			.111(.361)	-.114(.709)
	c) Çalışmıyor	60	16.36	5.42			.235(.309)	-.068(.608)
	Toplam	120	15.10	5.49				

\*p&gt;.05

Çalışanların orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeylerinin adli bilişimde çalışma süresi açısından yapılan betimsel analizinde Genel Ortalaması en yüksek (Ort.=16.36, SS=5.42) olanlar Çalışmayan kategorisine aittir. En düşük ortalama ise (Ort.=13.58, SS=5.05) 6-10 Yıl Çalışan kategorisine aittir. Orijinal Fotoğraf (Ort.=6.41, SS=1.96) ve FaceSwapper (Ort.=5.18, SS=2.38) boyutlarında en yüksek ortalama Çalışmıyor kategorisine aittir. Swapface Fotoğraf boyutunda en yüksek ortalama (Ort.=4.94, SS=3.00) 1-5 Yıl Çalışanlara aittir. Orijinal Fotoğraf puanlarında en düşük ortalama (Ort.=5.64, SS=2.11) 1-5 Yıl çalışanlara aittir. FaceSwapper (Ort.=3.83, SS=2.25) ve Swapface Fotoğraf puanlarında (Ort.=4.02, SS=2.13) ise en düşük ortalama 6-10 Yıl çalışanlara aittir. Puanların tüm kategori düzeyinde Çarpıklık ve Basıklık ölçülerinin ve hataya oranlarının  $\pm 1$  aralığı altında olduğu ve normal dağıldığı gözlenmiştir. Ayrıca varyansların homojenliğine ilişkin Levene testi sonuçlarının anlamlı olmadığı ( $p>.05$ ) başka bir ifade ile varyansların homojen ve puan dağılımının normal olduğu belirlenmiştir. Orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeyinin çalışma konusunda farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile analiz yapılmıştır. Farklılık gözlemlendiği durumda farkın kaynağını belirlemek için Scheffe analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 10'da sunulmuştur.

**Tablo 10.** Adli Bilişimde Çalışma Süresi Bakımından Orijinal ve Deepfake (derin-kurgu) Fotoğrafları Belirleme Düzeyi Puanlarının Analiz Sonuçları

		Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Farkın Kaynağı (Scheffe)
	Grup İçi	523.117	117	4.471			
	Toplam	538.592	119				
FaceSwapper Fotoğraf	Gruplar Arası	53.358	2	26.679	4.842	.010**	c>b
	Grup İçi	644.609	117	5.509			
	Toplam	697.967	119				
Swapface Fotoğraf	Gruplar Arası	17.274	2	8.637	1.357	.261*	-
	Grup İçi	744.651	117	6.365			
	Toplam	761.925	119				
Genel Ortalama	Gruplar Arası	202.166	2	101.083	3.482	.034**	c>b
	Grup İçi	3396.634	117	29.031			
	Toplam	3598.800	119				

\*p&gt;.05, \*\*p&lt;.05

Analiz sonucunda orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme düzeyine ilişkin genel ortalamalarda anlamlı farklılık belirlenmiştir ( $F=3.482$ ,  $p<.05$ ). Farkın kaynağına ilişkin analiz sonuçları Çalışmayanların puan ortalamasının 6-10 yıl süredir çalışanlardan daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Etki büyüklüğüne ilişkin analiz sonucu (Cohen  $d=.51$ ) orta düzeye yakın bir öneme işaret etmektedir. Bir diğer farklılık FaceSwapper Fotoğraflarını belirleme puanlarında da gözlenmiştir ( $F=4.842$ ,  $p<.05$ ). Farkın kaynağına ilişkin Scheffe analizi,

adli bilişimde çalışmayanların puan ortalamasının adli bilişimde 6-10 yıl sürede çalışanlara göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Farkın önemine ilişkin etki büyüklüğü analizi (Cohen  $d=.59$ ) orta düzeyde bir öneme işaret etmektedir. Orijinal Fotoğraf ( $F=1.731$ ,  $p>.05$ ) ve Swapface Fotoğrafları ( $F=1.357$ ,  $p>.05$ ) belirleme puanları arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

### 5.8. Çalışanların orijinal ve deepfake (derin-kurgu) fotoğrafları belirleme düzeylerinin bilgisayar bilme durumları açısından analizi

Araştırmanın sekizinci sorusu “Çalışanların orijinal ve deepfake (derin-kurgu) fotoğrafları belirleme düzeyleri bilgisayar bilgisi açısından farklılık göstermekte midir?” şeklinde belirlenmişti. Analiz öncesinde bağımsız değişkenin her bir düzeyi açısından puanlarının normalliği incelenmiştir. Tüm bağımsız değişken kategorilerinde puanlarının Çarpıklık ve Basıklık ölçümlerinin  $\pm 1$  ve hataya oranları  $\pm 0.8$  olsa da Bilgisayarı orta düzeyde bildiğini belirtenlerin puanlarında uç değer gözlenmiştir. Ayrıca bilgisayarı başlangıç düzeyinde bildiğini belirtenlerin kategorisinde gözlenen sayı az olduğundan Kruskal Wallis H Testi ile analiz yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 11’de sunulmuştur.

**Tablo 11.** Çalışanların Orijinal ve Deepfake (derin-kurgu) Fotoğraflarını Belirleme Düzeylerinin Bilgisayar Bilgisi Açısından Analiz Sonuçları

	Bilgisayar Bilgi Düzeyi	N	Sıra Ortalama	K-W H	Sd	p
Orijinal Fotoğraf	Başlangıç Düzeyi	9	53.94	2.096	2	.351*
	Orta Düzey	75	64.02			
	İleri Düzey	36	54.81			
FaceSwapper Fotoğraf	Başlangıç Düzeyi	9	74.39	3.607	2	.165*
	Orta Düzey	75	62.61			
	İleri Düzey	36	52.63			
Swapface Fotoğraf	Başlangıç Düzeyi	9	79.22	2.940	2	.230*
	Orta Düzey	75	59.59			
	İleri Düzey	36	57.71			
Genel Ortalama	Başlangıç Düzeyi	9	72.89	3.177	2	.204*
	Orta Düzey	75	62.67			
	İleri Düzey	36	52.88			

\* $p>.05$

Analiz sonucunda çalışanların orijinal ve derin-kurgu fotoğrafları belirleme genel ortalamaları açısından anlamlı farklılık gözlenmemiştir (K-W H=3.177,  $p>.05$ ). Orijinal Fotoğraf (K-W H=2.096,  $p>.05$ ), FaceSwapper Fotoğraf (K-W H=3.607,  $p>.05$ ) ve Swapface Fotoğrafları (K-W H=2.940,  $p>.05$ ) belirleme puanları arasında da anlamlı farklılık belirlenmemiştir. Çalışanların başarı puanlarının bilgisayar bilgisine göre farklılık göstermediği söylenebilir. Araştırmaya katılanların önemli bir kısmı orta düzeyde bilgisayar bilgisine sahip olmakla birlikte sıra ortalamalarının istatistiksel açıdan farklılık oluşturmadığını göstermektedir.

### 5.9. Çalışanların orijinal ve deepfake (derin-kurgu) fotoğrafları belirleme düzeyleri arasında korelasyon analizi

Çalışmanın dokuzuncu sorusu “Çalışanların orijinal, FaceSwapper ve Swapface Fotoğrafları belirleme testi puanları arasında ilişki var mıdır?” olarak belirlenmişti. Puanlar arasında ilişki olup olmadığını belirlemek için Pearson Momentler korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 12’de verilmiştir.



**Tablo 12.** Orijinal ve Deepfake (derin-kurgu) Fotoğrafları Belirleme Testi Puanları Arasında Korelasyon Analizi

	Orijinal Fotoğraf	FaceSwapper Fotoğraf	Swapface Fotoğraf	Genel Ortalama
Orijinal Fotoğraf	1			
FaceSwapper Fotoğraf	.531*	1		
Swapface Fotoğraf	.291*	.396*	1	
Genel Ortalama	.754*	.828*	.747*	1

\*p&lt;.05

Analiz sonucunda en yüksek korelasyon ( $r=.531$ ,  $p<.05$ ) Orijinal Fotoğrafları belirleme puanı ile FaceSwapper Fotoğrafları belirleme puanları arasında gözlenmiştir. Bu iki yazılıma dayalı fotoğrafı tespit etme puanları arasında orta düzeyde pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. En düşük korelasyon ( $r=.291$ ,  $p<.05$ ) Orijinal Fotoğraf ile Swapface Fotoğraf puanları arasındadır. Bu iki yazılıma dayalı fotoğrafı tespit etme puanları arasındaki ilişki pozitif ve orta düzeye yakındır. FaceSwapper ile Swapface fotoğrafını tespit etme arasında ise pozitif orta düzeyde korelasyon vardır ( $r=.396$ ,  $p<.05$ ). Genel ortalama puanları ile orijinal, FaceSwapper ve Swapface puanları arasında güçlü ilişki belirlenmiştir. Çalışanların Orijinal fotoğrafları ayırma düzeyi arttıkça üzerinde oynanmış fotoğrafları ayırmaya yönelik puanlarının da arttığı söylenebilir. Bu durum hangi fotoğrafın orijinal hangi fotoğrafın üzerinde oynanan fotoğraf olduğunun belirlenmesi ile ilişki bir durum olduğu söylenebilir.

### 5.10. Adli bilişimde çalışma durumu ile cinsiyetin ortak etkisine yönelik analiz

Araştırmanın 10. Sorusu “Çalışanların cinsiyet ile derin-kurgu hakkında bilgi sahibi olup olmadıklarının ortak etkisinin Orijinal, FaceSwapper, Swapface Fotoğrafları tespit etme düzeyleri üzerinde anlamlı etkiye sahip midir?” olarak belirlenmişti. Araştırma sorusunun cevabı için öncelikle betimsel analiz, varyansların ve kovaryans matrislerinin homojenliği incelenmiştir. Ayrıca tüm bağımlı değişkenler arasında doğrusal ilişki incelenmiştir. Puanlarda uç değerler olup olmadığı Mahalanobis  $D^2$  hesaplanarak incelenmiştir. Bağımsız değişkenlerin her bir düzeyi için çoklu normallik varsayımı, Histogramlar, P-P ve Q-Q eğrileri Çarpıklık ve Basıklık düzeyleri test edilmiştir. Verilerin normal dağılım gösterdiği, uç değerlerin olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca her bir bağımsız değişken açısından bağımlı değişkenler arasındaki doğrusallık için matris dağılımı incelenmiş ve değişkenlerin çoklu normallik sağladığı ve doğrusal ilişki olduğu belirlenmiştir. Betimsel ve Varyansların homojenliği için Levene Testi Tablo 13’te sunulmuştur.

**Tablo 13.** Cinsiyet ve Deepfake (derin-kurgu) Fotoğraflar Hakkında Bilgilerinin Olup Olmadığı Açısından Puanların Betimsel ve Varyansların Homojenliği Analizi

	Deepfake (derin-kurgu) Hakkında Bilgi	Cinsiyet	N	Ort.	SS	Levene Testi	
						F	p
Orijinal Fotoğraf	Evet	Erkek	44	5.59	2.16	.067	.977*
		Kadın	17	6.70	1.86		
	Hayır	Erkek	30	6.26	2.13		
		Kadın	29	6.17	2.17		
FaceSwapper Fotoğraf	Evet	Erkek	44	3.40	2.12	.366	.778*
		Kadın	17	5.76	2.56		
	Hayır	Erkek	30	5.20	2.35		
		Kadın	29	4.75	2.24		
Swapface Fotoğraf	Evet	Erkek	44	4.31	2.26	.504	.680*
		Kadın	17	4.11	2.44		
	Hayır	Erkek	30	5.50	2.84		
		Kadın	29	4.06	2.46		

\*p&gt;.05

Analiz sonucunda Orijinal Fotoğraflar boyutunda en yüksek ortalama (Ort.=6.70, SS=1.86) derin-kurgu hakkında bilgisi olduğunu belirten kadınlara aittir. Bu boyutta en düşük ortalama (Ort.=5.59, SS=2.16) derin-kurgu hakkında bilgisi olduğunu belirten erkeklere aittir. FaceSwapper boyutunda en yüksek ortalama (Ort.=5.76, SS=2.56) derin-kurgu hakkında bilgisinin olduğunu belirten kadınlara aittir. En düşük düşük ortalama (Ort.=3.40, SS=2.12) derin-kurgu konusunda bilgilerinin olduğunu belirten erkeklere aittir. Swapface boyutunda en yüksek ortalama (Ort.=5.50, SS=2.84) derin-kurgu konusunda bilgi sahibi olmadığını belirten erkeklere aittir. En düşük

ortalama ise (Ort.=4.06, SS=2.46) derin-kurgu konusunda bilgilerinin olmadığını belirten kadınlara aittir. Levene testi analizi tüm boyutlarda varyansların homojen olduğu gözlenmiştir. Kovaryans Matrislerinin homojenliğine ilişkin Box M testi (Box's M= 24.614,  $F_{(18, 20662.620)}=1.294$ ,  $p>.05$ ) anlamlı olmadığı başka bir ifade ile homojen olduğu gözlenmiştir. Gerek dağılımların normal gerekse varyans ve kovaryans matrislerinin homojen olduğu gözlemlendiğinden Wilks's Lamda Analizine ilişkin analiz sonuçları Tablo 14'te verilmiştir.

**Tablo 14.** Çok Yönlü Varyans Analizi

Etki		Değer	F	Sd Hata	p.	Kısmi Eta Kare
Sabit	Wilks' Lambda	.101	339.528 <sup>b</sup>	114.000	.000*	.899
Cinsiyet	Wilks' Lambda	.899	4.253 <sup>b</sup>	114.000	.007*	.101
Deepfake (derin-kurgu) Hakkında Bilgi	Wilks' Lambda	.985	.578 <sup>b</sup>	114.000	.631	.015
CinsiyetxDeepfake (derin-kurgu) Hakkında Bilgi	Wilks' Lambda	.920	3.315 <sup>b</sup>	114.000	.023*	.080

a. Design: Intercept + Cinsiyet + Deepfake (derin-kurgu)\_Hakkında Bilgi + Cinsiyet \* Deepfake (derin-kurgu) Hakkında Bilgi

b. Exact statistic

\*  $p<.05$

Analiz sonucunda Cinsiyet açısından anlamlı farklılık belirlenmiştir ( $\lambda=.899$ ,  $F=4.253$ ,  $p<.05$ ). derin-kurgu hakkında bilgi sahibi olup olmamanın ise anlamlı etkisi gözlenmemiştir ( $\lambda=.985$ ,  $F=.578$ ,  $p>.05$ ). Cinsiyet ile derin-kurgu hakkında bilgi sahibi olmanın ortak etkisi ise anlamlıdır ( $\lambda=.920$ ,  $F=3.315$ ,  $p<.05$ ). Hangi testte gruplar arası farklılık olduğuna yönelik analiz sonucu Tablo 15'te verilmiştir.

**Tablo 15.** Gruplar Arası Test Etkisi

Kaynak	Bağımlı Değişken	Tip III: Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	p	Kısmi Eta Kare
Doğrulanmış Model	Orijinal	18.421 <sup>a</sup>	3	6.140	1.369	.256	.034
	FaceSwapper	96.161 <sup>b</sup>	3	32.054	6.178	.001	.138
	Swapface	39.253 <sup>c</sup>	3	13.084	2.100	.104	.052
Sabit	Orijinal	4096.379	1	4096.379	913.508	.000	.887
	FaceSwapper	2450.673	1	2450.673	472.375	.000	.803
	Swapface	2170.311	1	2170.311	348.368	.000	.750
Cinsiyet	Orijinal	6.975	1	6.975	1.556	.215	.013
	FaceSwapper	24.532	1	24.532	4.729	.032	.039
	Swapface	17.822	1	17.822	2.861	.093	.024
Deepfake (derin-kurgu) Hakkında Bilgi	Orijinal	.136	1	.136	.030	.862	.000
	FaceSwapper	4.124	1	4.124	.795	.374	.007
	Swapface	8.596	1	8.596	1.380	.243	.012
Cinsiyet *	Orijinal	9.790	1	9.790	2.183	.142	.018
	FaceSwapper	52.376	1	52.376	10.096	.002	.080
	Swapface	10.137	1	10.137	1.627	.205	.014
Error	Orijinal	520.170	116	4.484			
	FaceSwapper	601.806	116	5.188			
	Swapface	722.672	116	6.230			

a  $R^2 = .034$  (Düzeltilmiş  $R^2 = .009$ )

b.  $R^2 = .138$  (Düzeltilmiş  $R^2 = .115$ )

c  $R^2 = .052$  (Düzeltilmiş  $R^2 = .027$ )

Analiz sonucunda cinsiyet açısından FaceSwapper puanlarında anlamlı farklılık gözlenmiştir ( $F=4.729$ ,  $p<.05$ ). Kadınların FaceSwapper fotoğraflarını belirleme puanları erkelerden daha yüksektir. Cinsiyet\*Deepfake (derin-kurgu) hakkında çalışanların bilgi düzeyinin ortak etkisi sadece FaceSwapper Fotoğrafları ayırma bilgisinde

gözlenmiştir. Farklılığın kaynağını belirlemeye yönelik yapılan izleme testi analiz sonucunda kadın bilgi sahibi olanların ortalamasının erkek bilgi sahibi olanlardan daha yüksek olduğu ayrıca bilgi sahibi olmadığını belirten erkeklerin bilgi sahibi olduğunu belirtenlere göre daha yüksek ortalamaya sahip oldukları belirlenmiştir. Eta Kare değeri ( $\eta^2=.080$ ) gözlenen farklılığın orta düzeyde bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

### 5.11. Üzerinde oynama yapılmış fotoğraf tespit durumu ile cinsiyetin ortak etkisine yönelik analiz

Araştırmanın 11. Sorusu “Çalışanların cinsiyet ile üzerinde oynanmış fotoğrafları tespit etmiş olup olmama durumunun ortak etkisinin Orijinal, FaceSwapper, Swapface Fotoğrafları belirleme düzeyleri üzerinde anlamlı etkiye sahip midir?” olarak belirlenmişti. Araştırma sorusunun cevabı için öncelikle betimsel analiz, varyansların ve kovaryans matrislerinin homojenliği incelenmiştir. Ayrıca tüm bağımlı değişkenler arasında doğrusal ilişki test edilmiştir. Puanlarda uç değerler olup olmadığı Mahalanobis  $D^2$  uzaklığı hesaplanarak incelenmiştir. Bağımsız değişkenlerin her bir düzeyi için çoklu normallik varsayımı, Histogramlar, P-P ve Q-Q eğrileri Çarpıklık ve Basıklık düzeyleri test edilmiştir. Ayrıca bağımsız değişkenin her bir düzeyi bakımından bağımlı değişkenler arasında doğrusallık için matris dağılımı incelenmiştir. Verilerin normal dağılım gösterdiği, uç değerlerin olmadığı ve değişkenler arasında doğrusal ilişki olduğu gözlenmiştir. Betimsel ve Varyansların homojenliği için Levene Testi Tablo 16’da sunulmuştur.

**Tablo 16.** Cinsiyet ve Üzerinde Oynanmış Fotoğraf Tespit Durumu Açısından Puanların Betimsel ve Varyansların Homojenliği Analizi

	Üzerinde Oynanmış Fotoğraf Tespiti	Cinsiyet	N	Ort.	SS	Levene Testi	
						F	p
Orijinal Fotoğraf	Evet	Erkek	39	5.66	1.92	1.425	.239*
		Kadın	20	7.25	1.58		
	Hayır	Erkek	35	6.08	2.40		
		Kadın	26	5.69	2.14		
FaceSwapper Fotoğraf	Evet	Erkek	39	4.00	2.10	1.469	.076*
		Kadın	20	6.55	2.11		
	Hayır	Erkek	35	4.28	2.67		
		Kadın	26	4.03	2.00		
Swapface Fotoğraf	Evet	Erkek	39	4.33	2.46	2.069	.108*
		Kadın	20	5.00	2.77		
	Hayır	Erkek	35	5.31	2.62		
		Kadın	26	3.38	1.89		

\*p>.05

Analiz sonucunda Orijinal Fotoğraflar boyutunda en yüksek ortalama (Ort.=7.25, SS=1.58) daha önce üzerinde oynama yapılmış fotoğraf tespiti yapan kadınlara aittir. Bu boyutta en düşük ortalama (Ort.=5.66, SS=1.92) daha önce üzerinde oynama yapılmış fotoğraf tespiti yapan erkeklere aittir. FaceSwapper boyutunda en yüksek ortalama (Ort.=6.55, SS=2.11) daha önce üzerinde oynama yapılmış fotoğraf tespiti yapan kadınlara aittir. En düşük düşük ortalama (Ort.=4.00, SS=2.10) daha önce üzerinde oynama yapılmış fotoğraf tespiti yapan erkeklere aittir. Swapface boyutunda en yüksek ortalama (Ort.=5.31, SS=2.82) daha önce üzerinde oynama yapılmış fotoğraf tespiti yapmadığını belirten yapan erkeklere aittir. En düşük ortalama ise (Ort.=3.38, SS=1.89) daha önce üzerinde oynama yapılmış fotoğraf tespiti yapmadığını belirten kadınlara aittir.

Levene testi analizi tüm boyutlarda varyansların homojen olduğu gözlenmiştir. Kovaryans Matrislerinin homojenliğine ilişkin Box M testi (Box’s  $M=28.009$ ,  $F_{(18, 20662.620)}=1.477$ ,  $p>.05$ ) anlamlı olmadığı başka bir ifade ile homojen olduğu gözlenmiştir. Gerek dağılımların normal gerekse varyans ve kovaryans matrislerinin homojen olduğu gözlemlendiğinden Wilks’s Lamda Analizine ilişkin analiz sonuçları Tablo 17’de verilmiştir.

**Tablo 17.** Çok Yönlü Varyans Analizi

Etki		Değer	F	Sd Hata	p.	Kısmi Eta Kare
Sabit	Wilks' Lambda	.093	372.743 <sup>b</sup>	114.000	.000	.907
Üzerinde Oynanmış Fotoğraf Tespiti	Wilks' Lambda	.943	2.280 <sup>b</sup>	114.000	.083	.057
Cinsiyet	Wilks' Lambda	.889	4.750 <sup>b</sup>	114.000	.004	.111
Cinsiyet X Üzerinde Oynanmış Fotoğraf Tespiti	Wilks' Lambda	.891	4.640 <sup>b</sup>	114.000	.004	.109

a. Design: Intercept + Üzerinde Oynanmış Fotoğraf Tespiti + Cinsiyet + Cinsiyet \* Üzerinde Oynanmış Fotoğraf Tespiti

b. Exact statistic

\*p<.05

Analiz sonucunda Cinsiyet açısından anlamlı farklılık belirlenmiştir ( $\lambda=.943$ ,  $F=4.253$ ,  $p<.05$ ). Daha önce üzerinde oynanmış fotoğraf belirleme deneyimine sahip olmanın ise etkisi anlamlı değildir ( $\lambda=.889$ ,  $F=4.750$ ,  $p>.05$ ). Cinsiyet ile daha önce üzerinde oynanmış fotoğraf tespit etmiş olmanın ortak etkisi ise anlamlı bulunmuştur ( $\lambda=.891$ ,  $F=4.640$ ,  $p<.05$ ). Hangi testte gruplar arası farklılık olduğuna yönelik analiz sonucu Tablo 18'de verilmiştir.

**Tablo 18.** Gruplar Arası Test Etkisi

Kaynak	Bağımlı Değişken	Tip III: Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	P	Kısmi Eta Kare
Doğrulanmış Model	Orijinal	37.894 <sup>a</sup>	3	12.631	2.926	.037	.070
	FaceSwapper	100.912 <sup>b</sup>	3	33.637	6.535	.000	.145
	Swapface	61.562 <sup>c</sup>	3	20.521	3.399	.020	.081
Sabit	Orijinal	4274.273	1	4274.273	990.249	.000	.895
	FaceSwapper	2496.843	1	2496.843	485.104	.000	.807
	Swapface	2279.052	1	2279.052	377.476	.000	.765
Üzerinde Oynanmış Fotoğraf Tespiti	Orijinal	9.087	1	9.087	2.105	.149	.018
	FaceSwapper	34.725	1	34.725	6.747	.011	.055
	Swapface	2.821	1	2.821	.467	.496	.004
Cinsiyet	Orijinal	9.924	1	9.924	2.299	.132	.019
	FaceSwapper	37.166	1	37.166	7.221	.008	.059
	Swapface	11.181	1	11.181	1.852	.176	.016
Cinsiyet * Üzerinde Oynanmış Fotoğraf Tespiti	Orijinal	27.388	1	27.388	6.345	.013	.052
	FaceSwapper	54.843	1	54.843	10.655	.001	.084
	Swapface	47.247	1	47.247	7.825	.006	.063
Error	Orijinal	500.698	116	4.316			
	FaceSwapper	597.054	116	5.147			
	Swapface	700.363	116	6.038			

a R<sup>2</sup> = .070 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .046)

b. R<sup>2</sup> = .145 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = .122)

c R<sup>2</sup> = .081 (Düzeltilmiş R<sup>2</sup> = :057)

Analiz sonuçları cinsiyetin etkisinin sadece FaceSwapper Fotoğrafları belirleme puanlarında gözlenmiştir ( $F=7.221$ ,  $p<.05$ ). Kadınların ortalaması erkeklerden daha yüksektir. Kadınlar FaceSwapper yazılımı ile oynanmış fotoğrafları tespit etme konusunda daha yüksek puanlara sahiptir.

Cinsiyet\*Daha Önce Üzerinde Oynanmış Fotoğraf Tespiti yapmış olmanın ortak etkisinin Orijinal ( $F=6.345$ ,  $p<.05$ ), FaceSwapper ( $F=10.655$ ,  $p<.05$ ) ve Swapface Fotoğrafları ( $F=7.825$ ,  $p<.05$ ) ayırma bilgisinin üçünde de

gözlenmiştir. Farklılığın kaynağını belirlemeye yönelik yapılan izleme testi ve Tip I hatayı engellemek için yapılan Bonferroni düzeltmesine analiz sonucunda:

Orijinal Fotoğrafları tespit etme bilgisinde daha üzerinde oynanmış fotoğrafları daha önceden tespit etmiş olan kadınların ortalamasının üzerinde oynama yapılmış fotoğrafları daha önceden tespit etmiş erkekler arasında kadınlar lehine farklılık olduğu gözlenmiştir. Üzerinde oynanmış fotoğrafları daha önceden tespit etmiş olan kadınlar erkeklere göre orijinal fotoğrafları belirleme konusunda daha yüksek puana sahiptirler. Eta Kare değeri ( $\eta^2=.052$ ) gözlenen farklılığın orta düzeye yakın bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

FaceSwapper Fotoğraflarını tespit etme bilgisinde anlamlı farklılık üzerinde oynama yapılmış fotoğrafları daha önce tespit etmiş kadınlar ile erkeler arasında kadınlar lehine olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Üzerinde oynama yapılmış fotoğrafları daha önce tespit etmiş kadınların üzerinde oynama yapılmış fotoğrafı daha önce ayırmamış kadın ve erkelerden daha yüksek ortalamaya sahip oldukları gözlenmiştir. Eta Kare değeri ( $\eta^2=.084$ ) gözlenen farklılığın orta düzeyde bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

Swapface Fotoğraflarını tespit etme bilgisinde anlamlı farklılık sadece üzerinde oynanmış fotoğrafları daha önce tespit etmemiş olan erkekler ile yine üzerinde oynanmış fotoğrafları tespit etmemiş olan kadınlar arasında gözlenmiştir. Üzerinde oynanmış fotoğrafları tespit etme deneyimi olmayan erkelerin ortalamasının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Eta Kare değeri ( $\eta^2=0.63$ ) gözlenen farklılığın orta düzeyde bir öneme sahip olduğunu göstermektedir.

## 6. Sonuç ve Öneriler

Adli bilişim alanında çalışan veya çalışmayan bireylerin derin-kurgu tespiti yapabilme becerisi değerlendirilmiş ve rastgele seçilen derin-kurgu yapma programlarının başarısı ölçülmüştür. Ayrıca, adli bilişim alanında çalışan veya çalışmayan bireyler üzerinde farkındalık yaratılmaya çalışılmıştır. Araştırma sonucunda; Swapface derin-kurgu yapma programı, FaceSwapper programına göre daha başarılıdır. Orijinal fotoğraf tespiti, en doğru cevaplanan sorulardan biridir. Adli bilişim alanında çalışanlar, orijinal fotoğrafları daha doğru tespit etmişlerdir. Cinsiyet, derin-kurgu tespit etme başarısında önemli değildir. Kadınlar, FaceSwapper fotoğraflarını tespit etmede daha başarılıdır. Derin-kurgu tespiti konusunda adli bilişim alanında çalışmanın daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Derin-kurgu hakkında bilgi sahibi olmanın, derin-kurgu tespiti konusunda önemi vardır. Üzerinde oynanmış fotoğrafı tespit etmenin, derin-kurgu tespiti konusunda önemi vardır. Adli bilişim alanında daha önceden inceleme yapmış olmanın, derin-kurgu tespit konusunda önemi vardır. Adli bilişim alanında çalışılan sürenin, derin-kurgu tespiti konusunda etkisi yoktur. Bilgisayar bilgisi düzeyinin, derin-kurgu tespiti konusunda etkisi yoktur. Kadınlar, daha önce üzerinde oynama yapılmış fotoğrafları tespit etmede daha başarılıdır.

Adli bilimcilerin dijital materyallerin uygulama kısımlarından yüklü olarak bulunan derin-kurgu yapma programı olup olmadığını manuel olarak kontrol etmeleri, hiçbir şey yapmaktan daha etkili bir yol gösterici olacaktır. Adli bilişim yazılımlarına derin-kurgu teknolojisi tespit edebilen araçlar eklenmesi önemlidir. Bu, hata yapma oranını azaltacak ve derin-kurgu sahtekârlıklarının önüne geçecektir. Derin-kurgu tespit algoritmalarının bir yazılım altında birleştirilerek bireylerin kullanımına açılması veya online olarak tespit yapabilen sitelerin geliştirilmesi, bu alanda ihtiyaç duyulan önemli adımlardan biridir. Var olan teknoloji ile oluşturulan fotoğrafların çıplak gözle tespit edilmesi zor olduğundan, bu alanda kullanılacak araçlar gereklidir.

Teknolojik gelişmeler ışığında, bu problem daha da büyüyeceği açıktır. Bireyler derin-kurgu konusunda bilgilendirilmeli ve sosyal medyada gördükleri ve duydukları haberlerin doğruluğunu tespit etmeden inanmamalıdır. Derin-kurgu uygulamaları geliştikçe, derin-kurgu tespit yöntemleri ve uygulamaları da gelişmeye devam edecektir.

Dijital dünya ve yapay zekâ teknolojileri farklı yaşam deneyimleri sunarken, derin kurgu manipülasyonu en yüksek tehdit olarak ortaya çıkıyor. Bu nedenle, yeni filtreleme mekanizmaları ve derin kurguyu tespit eden uygulamaların geliştirilmesi ve kolay erişilebilir hale getirilmesi gerekiyor [42].

## Teşekkür

Bu çalışma Dr. Öğr. Görevlisi Ahmet ŞENOL danışmanlığında 18.09.2023 tarihinde tamamlanan, sorumlu yazar Mahmut Hilmi BAŞ'ın "Deepfake Teknolojisinin Adli Bilişimdeki Yeri ve Deepfake Tespiti Üzerine Nicel Bir Çalışma" başlıklı yüksek lisans tezi esas alınarak hazırlanmıştır (Yüksek Lisans Tezi, Üsküdar Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2023).

## Kaynaklar

- [1] A. Rossler, D. Cozzolino, L. Verdoliva, C. Riess, J. Thies, ve M. Niessner, “FaceForensics++: Learning to detect manipulated facial images”, *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, c. 2019-Octob, ss. 1–11, 2019, doi: 10.1109/ICCV.2019.00009.
- [2] I. Goodfellow vd., “Generative adversarial networks”, *Communications of the ACM*, c. 63, sayı 11, ss. 139–144, 2020, doi: 10.1145/3422622.
- [3] Y. Li, X. Yang, P. Sun, H. Qi, ve S. Lyu, “Celeb-DF: A Large-Scale Challenging Dataset for DeepFake Forensics”, *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, ss. 3204–3213, 2020, doi: 10.1109/CVPR42600.2020.00327.
- [4] L. Jiang, R. Li, W. Wu, C. Qian, ve C. C. Loy, “Deeperforensics-1.0: A large-scale dataset for real-world face forgery detection”, *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, ss. 2886–2895, 2020, doi: 10.1109/CVPR42600.2020.00296.
- [5] M. Taeb ve H. Chi, “Comparison of Deepfake Detection Techniques through Deep Learning”, *Journal of Cybersecurity and Privacy*, c. 2, sayı 1, ss. 89–106, 2022, doi: 10.3390/jcp2010007.
- [6] E. Şafak ve N. Barışçı, “Hafif Evrimsel Sinir Ağları Kullanılarak Sahte Yüz Görüntülerinin Tespiti”, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, c. 2022, sayı 4, ss. 1282–1289, 2022, doi: 10.31202/ecjse.1133527.
- [7] M. Westerlund, “The emergence of deepfake technology: A review”, *Technology Innovation Management Review*, c. 9, sayı 11, ss. 39–52, 2019, doi: 10.22215/TIMREVIEW/1282.
- [8] P. Korshunov ve S. Marcel, “DeepFakes: a New Threat to Face Recognition? Assessment and Detection”, ss. 1–5, 2018, [Çevrimiçi]. Available at: <http://arxiv.org/abs/1812.08685>
- [9] D. Dagar ve D. K. Vishwakarma, “A literature review and perspectives in deepfakes: generation, detection, and applications”, *International Journal of Multimedia Information Retrieval*, c. 11, sayı 3, ss. 219–289, 2022, doi: 10.1007/s13735-022-00241-w.
- [10] A. A. Maksutov, V. O. Morozov, A. A. Lavrenov, ve A. S. Smirnov, “Methods of Deepfake Detection Based on Machine Learning”, *Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2020*, ss. 408–411, 2020, doi: 10.1109/EIConRus49466.2020.9039057.
- [11] S. H. Silva, M. Bethany, A. M. Votto, I. H. Scarff, N. Beebe, ve P. Najafirad, “Deepfake forensics analysis: An explainable hierarchical ensemble of weakly supervised models”, *Forensic Science International: Synergy*, c. 4, sayı January, s. 100217, 2022, doi: 10.1016/j.fsisyn.2022.100217.
- [12] S. Tariq, S. Lee, H. Kim, Y. Shin, ve S. S. Woo, “GaN is a friend or foe? A framework to detect various fake face images”, *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, c. Part F1477, sayı April, ss. 1296–1303, 2019, doi: 10.1145/3297280.3297410.
- [13] D. Cozzolino, J. Thies, A. Rössler, C. Riess, M. Nießner, ve L. Verdoliva, “ForensicTransfer: Weakly-supervised Domain Adaptation for Forgery Detection”, 2018, [Çevrimiçi]. Available at: <http://arxiv.org/abs/1812.02510>
- [14] S. Y. Wang, O. Wang, R. Zhang, A. Owens, ve A. A. Efros, “CNN-Generated Images Are Surprisingly Easy to Spot. For Now”, *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, ss. 8692–8701, 2020, doi: 10.1109/CVPR42600.2020.00872.
- [15] Y. Li ve S. Lyu, “Exposing DeepFake Videos By Detecting Face Warping Artifacts”, sayı November 2018, 2018, [Çevrimiçi]. Available at: <http://arxiv.org/abs/1811.00656>
- [16] K. Simonyan ve A. Zisserman, “Very deep convolutional networks for large-scale image recognition”, *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*, ss. 1–14, 2015.
- [17] X. Chang, J. Wu, T. Yang, ve G. Feng, “DeepFake Face Image Detection based on Improved VGG Convolutional Neural Network”, *Chinese Control Conference, CCC*, c. 2020-July, ss. 7252–7256, 2020, doi: 10.23919/CCC50068.2020.9189596.
- [18] J. Kim, S. Han, ve S. S. Woo, “Classifying Genuine Face images from Disguised Face Images”, *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2019*, ss. 6248–6250, 2019, doi: 10.1109/BigData47090.2019.9005683.
- [19] G. Huang, Z. Liu, L. Van Der Maaten, ve K. Q. Weinberger, “Densely connected convolutional networks”, *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017*, c. 2017-Janua, ss. 2261–2269, 2017, doi: 10.1109/CVPR.2017.243.
- [20] C. C. Hsu, Y. X. Zhuang, ve C. Y. Lee, “Deep fake image detection based on pairwise learning”, *Applied Sciences (Switzerland)*, c. 10, sayı 1, 2020, doi: 10.3390/app10010370.
- [21] F. Matern, C. Riess, ve M. Stamminger, “Exploiting visual artifacts to expose deepfakes and face manipulations”, *Proceedings - 2019 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision Workshops, WACVW 2019*, ss. 83–92, 2019, doi: 10.1109/WACVW.2019.00020.
- [22] P. Korshunov ve S. Marcel, “Speaker inconsistency detection in tampered video”, *European Signal Processing Conference*, c. 2018-Septe, ss. 2375–2379, 2018, doi: 10.23919/EUSIPCO.2018.8553270.
- [23] S. Agarwal, H. Farid, Y. Gu, M. He, K. Nagano, ve H. Li, “Protecting world leaders against deep fakes”, *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, c. 2019-June, ss. 38–45, 2019.
- [24] F. Chollet, “Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions”, *Proceedings - 30th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2017*, c. 2017-Janua, ss. 1800–1807, 2017, doi:

- 10.1109/CVPR.2017.195.
- [25] Q. V. Le Mingxing Tan, “EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks Mingxing”, *Canadian Journal of Emergency Medicine*, c. 15, sayı 3, s. 190, 2013.
- [26] A. Kumar, A. Bhavsar, ve R. Verma, “Detecting Deepfakes with Metric Learning”, *2020 8th International Workshop on Biometrics and Forensics, IWBF 2020 - Proceedings*, sayı March, 2020, doi: 10.1109/IWBF49977.2020.9107962.
- [27] A. Ismail, M. Elpeltagy, M. S. Zaki, ve K. Eldahshan, “An integrated spatiotemporal-based methodology for deepfake detection”, *Neural Computing and Applications*, c. 34, sayı 24, ss. 21777–21791, 2022, doi: 10.1007/s00521-022-07633-3.
- [28] A. A. Pokroy ve A. D. Egorov, “EfficientNets for DeepFake Detection: Comparison of Pretrained Models”, *Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2021*, ss. 598–600, 2021, doi: 10.1109/ElConRus51938.2021.9396092.
- [29] D. A. Coccomini, N. Messina, C. Gennaro, ve F. Falchi, “Combining EfficientNet and Vision Transformers for Video Deepfake Detection”, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, c. 13233 LNCS, ss. 219–229, 2022, doi: 10.1007/978-3-031-06433-3\_19.
- [30] A. Mitra, S. P. Mohanty, P. Corcoran, ve E. Kougianos, “A Novel Machine Learning based Method for Deepfake Video Detection in Social Media”, *Proceedings - 2020 6th IEEE International Symposium on Smart Electronic Systems, iSES 2020*, ss. 91–96, 2020, doi: 10.1109/iSES50453.2020.00031.
- [31] M. Dolecki, P. Karczmarek, A. Kiersztyn, ve W. Pedrycz, “Utility functions as aggregation functions in face recognition”, *2016 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, SSCI 2016*, sayı 2014, 2017, doi: 10.1109/SSCI.2016.7850120.
- [32] H. Zhao, W. Zhou, D. Chen, T. Wei, W. Zhang, ve N. Yu, “Multi-attentional Deepfake Detection”, *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, ss. 2185–2194, 2021, doi: 10.1109/CVPR46437.2021.00222.
- [33] N. Bonettini, L. Bondi, E. D. Cannas, P. Bestagini, S. Mandelli, ve S. Tubaro, “Video face manipulation detection through ensemble of CNNs”, *Proceedings - International Conference on Pattern Recognition*, ss. 5012–5019, 2020, doi: 10.1109/ICPR48806.2021.9412711.
- [34] C. X. T. Du, L. H. Duong, H. T. Trung, P. M. Tam, N. Q. V. Hung, ve J. Jo, “Efficient-Frequency: A hybrid visual forensic framework for facial forgery detection”, *2020 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, SSCI 2020*, ss. 707–712, 2020, doi: 10.1109/SSCI47803.2020.9308305.
- [35] B. Tunguz, “1 Million Fake Faces - 1 | Kaggle”. <https://www.kaggle.com/datasets/tunguz/1-million-fake-faces> (erişim 21 Mayıs 2023).
- [36] R. F. Burton, “Multiple-choice and true/false tests: Myths and misapprehensions”, *Assessment and Evaluation in Higher Education*, c. 30, sayı 1, ss. 65–72, 2005, doi: 10.1080/0260293042003243904.
- [37] B. M. Byrne, *Structural Equation Modeling with Amos: Basic Concepts, Applications, and Programming, Third edition*. 2016. doi: 10.4324/9781315757421.
- [38] Darren George and Paul Mallery, “Front 1 Front 2 Open Data”, ss. 1–404, 2019.
- [39] J. Hair, R. Anderson, B. Babin, ve W. Black, “Multivariate Data Analysis.pdf”, *Australia : Cengage*, c. 7 edition. s. 758, 2010.
- [40] J. Cohen, “F Tests on Means in the Analysis of Variance and Covariance”, *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, ss. 273–406, Oca. 1977, doi: 10.1016/B978-0-12-179060-8.50013-X.
- [41] J. T. E. Richardson, “Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research”, *Educational Research Review*, c. 6, sayı 2, ss. 135–147, 2011, doi: 10.1016/j.edurev.2010.12.001.
- [42] Ş. Özdemir, “Yeni Nesil Tehdit: Derin Kurgu (DeepFake)”, *TRT Akademi*, c. 6, sayı 13, ss. 904–917, 2021, doi: 10.37679/trta.1002526.
- [43] Tekin, H. (1996). Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme, *Yargı Yayınları*, 9. Baskı, Ankara, 312s.
- [44] Tezci, E. (2016). Eğitimde ölçümler ve değerlendirme. *Detay Yayıncılık, Ankara*.

## Çay Tesisi Atıklarından Hidrotermal Yöntemle Aktif Karbon Üretimi

Mustafa BOYRAZLI<sup>1</sup>, Mustafa SÜNER<sup>2</sup>, Emrah ÇELİK<sup>3</sup>, Ayşegül DERE<sup>4</sup>, Canan Aksu  
CANBAY<sup>5\*</sup>, Erdoğan KARİP<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3, 6</sup> Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye

<sup>4</sup>Fırat Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik Programı, 23119, Elazığ, Türkiye

<sup>5</sup> Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye

<sup>1</sup>[mboyrazli@firat.edu.tr](mailto:mboyrazli@firat.edu.tr), <sup>2</sup>[msnr023@gmail.com](mailto:msnr023@gmail.com), <sup>3</sup>[emrahcelik@firat.edu.tr](mailto:emrahcelik@firat.edu.tr), <sup>4</sup>[a.dere@firat.edu.tr](mailto:a.dere@firat.edu.tr), <sup>5</sup>[caksu@firat.edu.tr](mailto:caksu@firat.edu.tr),

<sup>6</sup>[erdogankarip13@gmail.com](mailto:erdogankarip13@gmail.com).

(Geliş/Received: 19/09/2023;

Kabul/Accepted: 30/09/2023)

**Öz:** Çay tesis atıkları, fabrikada işlenen çaydan arda kalan organik atıklardır. Karadeniz Bölgesinde fabrikalarda yapılan çay üretimi sırasında her yıl on binlerce ton çay tesis atıkları oluşmaktadır. Bu çalışmada, Rize-ÇAYKUR tesislerinden temin edilen çay tesis atıkları kullanılarak hidrotermal yöntemle aktif karbon üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, numuneler hem aktifleştirici kullanılarak hem de aktifleştirici kullanılmadan hidrotermal cihazında (HTC) farklı süre ve sıcaklıklarda işleme tabi tutulmuştur. Elde edilen numunelerin SEM, EDX, BET ve metilen mavisi adsorbsiyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Aktifleştirici ajan kullanmadan gerçekleştirilen deneylerden elde edilen numunelerin BET analiz sonuçlarına göre 100°C'de 8 saat işlem gören numunenin yüzey alanı 2,13 m<sup>2</sup>/gr olarak elde edilmiştir. Hidrotermal karbonizasyon sonrası aktifleştirilen numunelerin BET yüzey alanı ise KOH/Hidrokömür oranına bağlı olarak 887,41 m<sup>2</sup>/gr ve 874,77 m<sup>2</sup>/gr olarak tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen ürünlerin 300 ppm'lik metilen mavisi adsorbsiyon deneylerinin Ultra-Viyole (UV) spektrofotometre ile ölçülen ekstraksiyon verimlerinin %99'a kadar ulaştığı hesaplanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çay Tesis Atığı, Aktif Karbon, Hidrotermal Karbonizasyon.

### Production of Activated Carbon from Tea Facilities Waste by Hydrothermal Method

**Abstract:** Tea facility waste is the organic waste left over from the tea processed in the factory. Tens of thousands of tons of tea facility waste are consist every year during tea production in factories in the Black Sea Region. In this study, activated carbon has been carried produce by hydrothermal method using tea facility wastes provided from Rize-ÇAYKUR facilities. For this purpose, the samples were processed at different times and temperatures in a hydrothermal device (HTC) both activating agent using and without using an activating agent. SEM, EDX, BET and methylene blue absorption analysis of the obtained samples carried. According to the BET analysis results of the samples obtained from the experiments carried out without using an activating agent, the surface area of the sample processed at 100°C for 8 hours was obtained as 2,13 m<sup>2</sup>/gr. The BET surface area of the samples activated after hydrothermal carbonization has been detected as 887,41 m<sup>2</sup>/gr and 874,77 m<sup>2</sup>/gr, depending on the KOH/Hydrochar ratio. In addition, it was calculated that the extraction efficiencys of the obtained products measured by Ultra-Violet (UV) spektrofotometer in 300 ppm methylene blue absorption experiments reached up to 99%.

**Keywords:** Tea Facility Wastes, Activated Carbon, Hydrothermal Carbonization

## 1. Giriş

Dünya nüfusu, su kaynaklarının tükenmesi, evsel ve endüstriyel kaynakları da içeren sürekli artan kirlilik nedeniyle endişe verici bir tehdit altındadır. Atık su iyileştirme bağlamında, çok sayıda teknoloji ve teknik araştırılmış ve kullanılmıştır [1]. Hali hazırda, metal kirleticileri sulu çözeltilerden almak için adsorpsiyon, zar filtrasyonu, çökeltme ve iyon değişimi gibi birçok teknoloji kullanılmaktadır [2, 3]. Bu sistemlerin çoğunluğunun yüksek maliyet, uygulanabilme güçlüğü, düşük yeterlilik ve yardımcı kirletici oluşturma olasılığı gibi zayıf yönleri vardır [4].

Adsorpsiyon işlemi, ağır metalleri, organik kirleticileri ve inorganik maddeleri kirli sulardan verimli bir şekilde uzaklaştırmak için oldukça fazla kullanılan bir teknik olup, yüksek verimi ve düşük maliyeti gibi avantajlara sahip olması nedeniyle en çok tercih edilen yöntemlerden biri haline gelmiştir. En yaygın olarak kullanılan adsorban, yüksek yüzey alanı ve yüksek adsorpsiyon kapasitesi nedeniyle aktif karbondur [5, 6]. Aktif karbon, gaz / sıvının iç gözenek yüzeyine ulaşmasını ve yüksek derecede yüzey reaktivitesini sağlayan benzersiz ve çok yönlü özellikleri nedeniyle iyi bilinen bir adsorbandır [7]. Aktif karbon sahip olduğu yüksek gözenekli yapısı nedeniyle bir çözeltildeki molekül ve/veya iyonları iç yüzeyine doğru çekip kendine bağlayabilir. Bu

\* Sorumlu yazar: [caksu@firat.edu.tr](mailto:caksu@firat.edu.tr). Yazarların ORCID Numarası: <sup>1</sup> 0000-0002-2340-6703, <sup>2</sup> 0000-0002-1593-5111, <sup>3</sup> 0000-0001-7443-0351, <sup>4</sup> 0000-0003-1744-1315, <sup>5</sup> 0000-0002-5151-4576, <sup>6</sup> 0000-0002-2679-1360.



özelliğinden dolayı adsorban olarak adlandırılmaktadır. Aktif karbon yapısını tanımlayan bir kimyasal formül ve yapı henüz tanımlanmamıştır. Ancak aktif karbonun kendine özgül yüksek yüzey alanı, iyi gelişmiş gözenek yapısı, adsorbsiyon kapasitesinin çok yüksek oluşu ve yüksek termo-kararlılık gibi özelliklere sahip olmasından dolayı bu malzeme organik ve inorganik kirletici maddelerin temizlenmesinde kullanılan önemli bir adsorban görevi görmektedir [8, 9].

Aktif karbonun maliyetinin yüksek olması araştırmacıları farklı hammaddelerden aktif karbon üretimi ile ilgili çalışmalara yönlendirmiştir. Son yıllarda özellikle tarımsal atıklardan aktif karbon üretimi önem kazanmıştır [10]. Ayrıca, biyokütle atıklardan aktif karbon üretmek, atık bertaraf maliyetlerini ve çevreye olan olumsuz etkiyi en aza indirmeye yardımcı olmaktadır [11].

Biyokütle atıklarının değerli karbon malzemelerine dönüştürülmesi için hidrotermal karbonizasyon yönteminin kullanımı, adsorpsiyon, biyo görüntüleme, kataliz, aktif karbon sentezi gibi çeşitli uygulamalar için verimli kullanımı teşvik eden çekici özelliklere sahip hidrokömürler üretme kabiliyeti nedeniyle büyük ilgi görmüştür [12].

Hidrotermal karbonizasyon işlemi sırasında, biyokütle bir otoklava yerleştirilir ve belirlenen süre ve sıcaklıklarda işleme tabi tutulur. Reaksiyon basıncı, reaksiyon sıcaklığına karşılık gelen suyun (kritik altı su bölgesi) doymuş buhar basıncı ile kendiliğinden üretilir. Piroliz ve kuru kavurma gibi geleneksel termal teknolojilerle karşılaştırıldığında, bu işlem enerji açısından maliyetli bir aşama olan ön kurutma gereksinimini tamamen ortadan kaldırmaktadır [12].

Bu çalışmada kullanılan çay tesis atıkları Rize-ÇAYKUR tesislerinden temin edilmiş olup aktif karbon üretimi, bu atıkların hidrotermal karbonizasyon yönteminde kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen numunelerin SEM, EDX, BET ve ekstraksiyon verimi analizleri yapılmıştır.

## 2. Deneysel Çalışmalar

### 2.1. Materyal-Metot

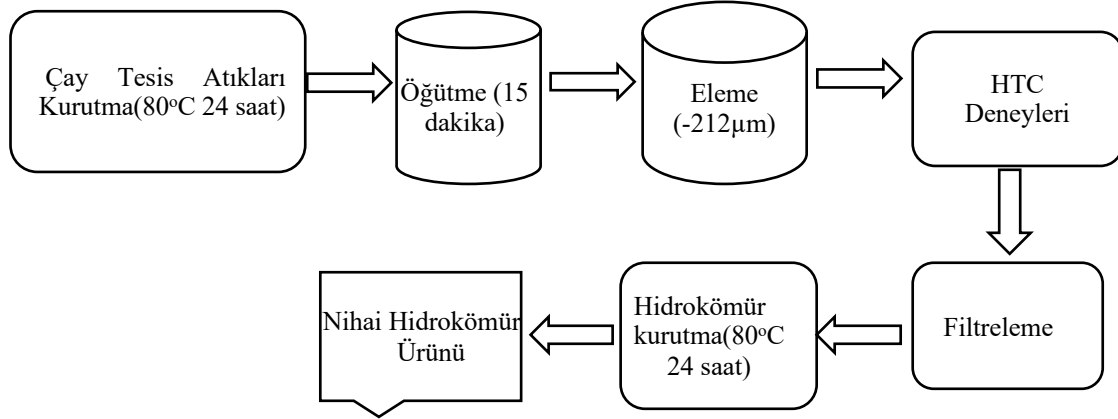
Bu çalışmada kullanılan çay tesis atıkları RİZE-ÇAYKUR tesislerinden temin edilmiştir. Deneylerde Merck marka 1.05033.1000 cas numaralı KOH, Merck 106268.1000 sodyum asetat, Merck 1.00063.2511 asetik asit, Chem Bio, 61734 metilen mavisi materyalleri kullanılmıştır.

Kurutma işlemleri için Elektro-Mag M5040P marka etüv, karbonizasyon için Nüve Furnace MF 201 marka kül fırın, HTC deneyleri için Fytronix marka hidrotermal cihazı(HTC), nem tayinleri ise Radwag MAC 110 marka Aktifleştirme işlemleri; aktifleştirici ajanın kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlara göre ayrı ayrı olarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen ürünlerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM; Scanning Electron Microscope), Enerji Dağılımı X-Işını Analizi (EDX:Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), yüzey alanı (BET :Brunauer-Emmett-Teller) ve metilen mavisi adsorbsiyon analizleri gerçekleştirilmiştir.

#### 2.1.1. Aktifleştirici ajan kullanmadan gerçekleştirilen HTC deneyleri

Çay tesis atıkları, bünyelerindeki nemi uzaklaştırmak için ilk önce SANTEZ SE-65 marka etüv fırınında 80°C'de 24 saat kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutulan çay tesis atıkları bilyeli değirmende 15 dakika öğütülerek 212 µm'luk elekten elenmiştir. Elek altı malzeme, Çay tesis atıkları/ Saf su=1/10(5 gr çay tesis atıkları/50 ml saf su) oranında karıştırılarak hidrotermal cihazda 100°C ve 200°C sıcaklıklarda 4, 8, 12 ve 16 saat süreleriyle hidrotermal işlem gerçekleştirilmiştir. HTC'de alınan malzemeler filtre kâğıdında süzülerek; filtre kâğıdı ve kağıt üzerindeki katı hidrokömür etüvde 80°C'de 24 saat süresince kurutulmuştur. Kurutulan hidrokömür malzemesi filtre kâğıdından sıyrılarak numune kaplarına alınmıştır. Şekil 1'de aktifleştirici ajan kullanmadan gerçekleştirilen HTC deneylerinin akış şeması verilmektedir.

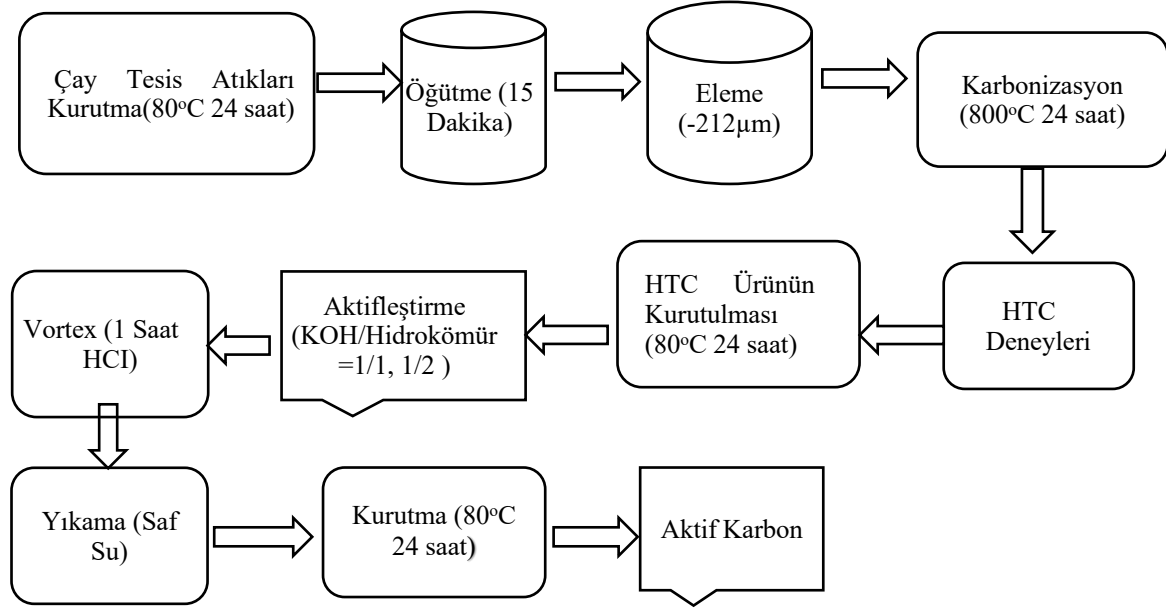


Şekil 1. Aktifleştirici ajan kullanmadan gerçekleştirilen HTC deneylerinin akış şeması.

### 2.1.2. Aktifleştirici Ajan (KOH) Kullanılarak Gerçekleştirilen HTC Deneyleri

Bilyeli değirmende öğütülen ve 212µm'luk eleğin elek altı malzemesi olan çay tesis atıkları, markalı kül fırınında 800°C'de 24 saat süreyle karbonize edilmişlerdir. Karbonize edilen numuneler, Karbonize ürün/Saf su=1/10 oranında (5gr karbonize ürün/50 ml saf su) olacak şekilde karışımlar hazırlanmıştır. Daha sonra hazırlanan bu karışımlar HTC içerisinde 200°C'de 12 saat süreyle işleme tabi tutulmuştur. Hidrotermalden elde edilen karbonize ürünler katı-sıvı ayırımı yapmak için filtre kâğıdından geçirilmiştir. Filtre kâğıdı ve üzerinde kalan katı hidrokömür malzemesi etüv fırınında 80°C'de 24 saat süresince kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra filtre kâğıdından sıyrılan hidrokömür ürünleri KOH/Hidrokömür=1/1 ve 1/2 oranında karıştırılarak 600°C'de 4 saat süresince kapaklı çelik potalar içerisinde kül fırınında aktifleştirme işlemleri yapılmıştır. Kül fırınından alınan aktifleştirilmiş ürünün gözeneklerindeki KOH gibi safsızlıkların giderimi için 3 molarlık HCl çözeltisi içerisinde, HCl çözeltisi/ aktif karbon =10/1 olacak şekilde (30 ml HCl çözeltisi ile 3 gr aktifleştirilmiş karbon) 100 ml'lik beherler içerisinde 1 saat boyunca çalkalama işlemi yapan bir vorteks cihazında en düşük devirde (100 d/dak) çalkalanmıştır. Vorteks ile çalkalama işlemin bittikten sonra karışımlar filtre kâğıdından geçirilmiş, filtre kâğıdı üzerinde kalan numune filtre kâğıdı ile beraber pH= 4,5-5 oluncaya kadar saf su ile tekrar tekrar yıkanmıştır. Yıkanan numuneler etüv fırınında 80°C'de 24 saat süresince kurutulmuş ve analizler için kilitli poşetlerde muhafaza edilmişlerdir. Aktifleştirilen numunelerin karakterizasyon analizleri SEM, EDX ve BET analiz yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Şekil 2'de aktifleştirici ajan KOH kullanılarak gerçekleştirilen HTC deneylerin akış şeması verilmiştir.

Öğütülmüş çay tesis atıklarının hidrotermal işlemi için Şekil 3'te gösterilen Fytronix Elektronik Teknolojileri A.Ş. firması tarafından imal edilmiş Fytronix marka hidrotermal cihazı(HTC) kullanılmıştır. Bu cihaz; bir adet hidrotermal reaktörü, bir adet sıcaklık ve zaman kontrollü kontrol paneli, 80 ml'lik teflon kabı ve soğutma fanından oluşmaktadır. Hidrotermal reaktörün ana gövdesi paslanmaz çelikten üretilmiştir. Reaktördeki karışımların koyulduğu iç kısmı 80 ml'lik teflon bir kabın yerleşebileceği şekilde tasarlanmıştır. Kapak kısmı denilen reaktörün üst kısmında bir adet dijital basınç göstergesi ve gaz çıkış ve girişini sağlamak için iki adet vana bulunmaktadır. Cihaz modeline bağlı olarak reaktörün karıştırma işlemi, manyetik karıştırıcı tarafından, teflon kap içerisine atılan manyetik balğın döndürülmesi ile sağlanmaktadır. Deneyler için karıştırma işlemi 700 d/dak'da gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Aktifleştirici ajan KOH kullanılarak gerçekleştirilen HTC deneylerinin akış şeması



Şekil 3. Deneylerde kullanılan hidrotermal cihazı

Numunelerin kül ve uçucu madde miktarları sırası ile ASTM-D3174[84] ve ASTM-D3175[85] standardına göre belirlenmiştir.

Uçucu madde miktarının belirlenmesi işlemi için ilk önce 750°C’de sabit tartıma getirilen krezelere 1± 0.05 gram örnek konularak ve kapakları kapatılarak daha önceden 900°C’ ye ayarlanmış fırında 7 dakika bekletilmiştir. 7 dakika sonra fırından çıkarılan kroze desikatörde soğutularak tartılmış ve krozelerin ağırlık farkından uçucu madde miktarı belirlenmiştir.

Ağırlık farkından kül miktarı tayin edilmiştir. Kül analizi deneyleri Fırat Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü’nde, Pirometalurji Laboratuvarı’nda mevcut olan kül fırınında gerçekleştirilmiştir.

Çay tesis atıklarından elde edilen aktif karbon numunelerinin adsorpsiyon kapasiteleri metilen mavisi (MM) çözeltisi kullanılarak belirlenmiştir. MM çözeltisi, 0,07 M sodyum asetat-0,03 M asetik asit tampon çözeltisi (pH= 4,85) kullanılarak 100 mg/L (100ppm) ve 300 mg/L (300ppm) olmak üzere iki farklı konsantr metilen

mavisi çözeltisi hazırlanmıştır. 50 ml'lik MM çözeltileri, 250 ml'lik beherlere koyulduktan sonra 0,05 g adsorbent (aktif karbon numunesi) eklenmiş ve 24 saat boyunca 200 d/dak'da vorteks cihazında çalkalanmıştır. Şahit olarak ise MM bulunmayan, aynı miktarda adsorbent içeren, sodyum asetat-asetik asit tampon çözeltisi kullanılmıştır. 24 saatin sonunda vorteks çalkalayıcı cihazından alınan örnekler filtre kâğıdından geçirilerek süzölmüştür. Filtreden geçen MM konsantrasyonları Ultra-Viyole (UV) spektrometre ile analiz edilerek ekstraksiyon verimleri hesaplanmıştır. UV analizleri için 660 nm dalga boyulu spektrofotometre kullanılmıştır. UV analizleri için 2, 4, 6, 8, 10 ppm'lik MM konsantrasyonları hazırlanmış ve bu konsantrasyonlara göre kalibrasyon eğrisi çizilmiştir ve ekstraksiyon verimi bu eğriye göre hesaplanmıştır. UV cihazının doğru ölçüm yapabilmesi için; numunelerimizin MM konsantrasyonlarının, gerekli durumlarda, uygun oranda sodyum asetat-asetik asit tampon çözeltisi ile seyreltildikten sonra ölçüm işlemi yapılmıştır. Aşağıdaki eşitlik (1) yardımıyla adsorpsiyon deneyleri öncesi ( $C_0$ , mg/L) ve sonrasında ( $C_e$ , mg/L) çözeltilerin MM konsantrasyon değerlerinden dengede birim adsorbent miktarı başına adsorplanan MM miktarları ( $q_e$ , mg/g) hesaplanmıştır [13].

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{M_s} \quad (1)$$

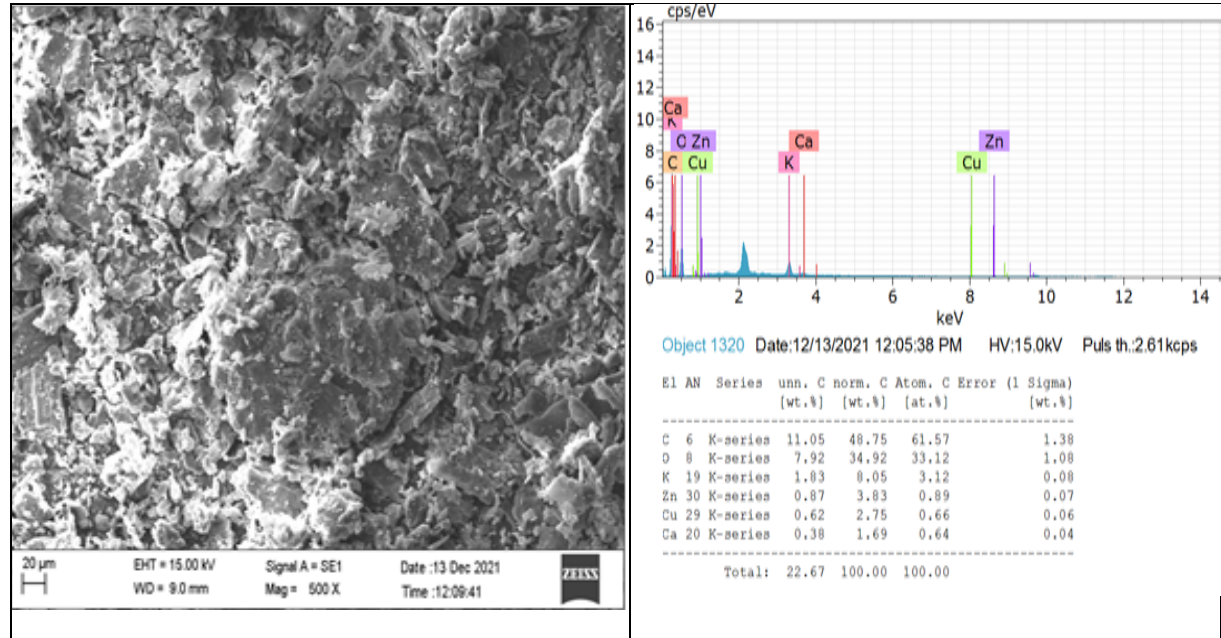
Bu Formüldeki,  $M_s$ ; adsorpsiyonda kullanılan adsorbent miktarını (g),  $V$  ise MM çözelti hacmini (L) göstermektedir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen numunelerin karakterizasyon özellikleri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

#### 3.1. Aktifleştirici ajan kullanmadan gerçekleştirilen HTC deneylerinin analiz sonuçları

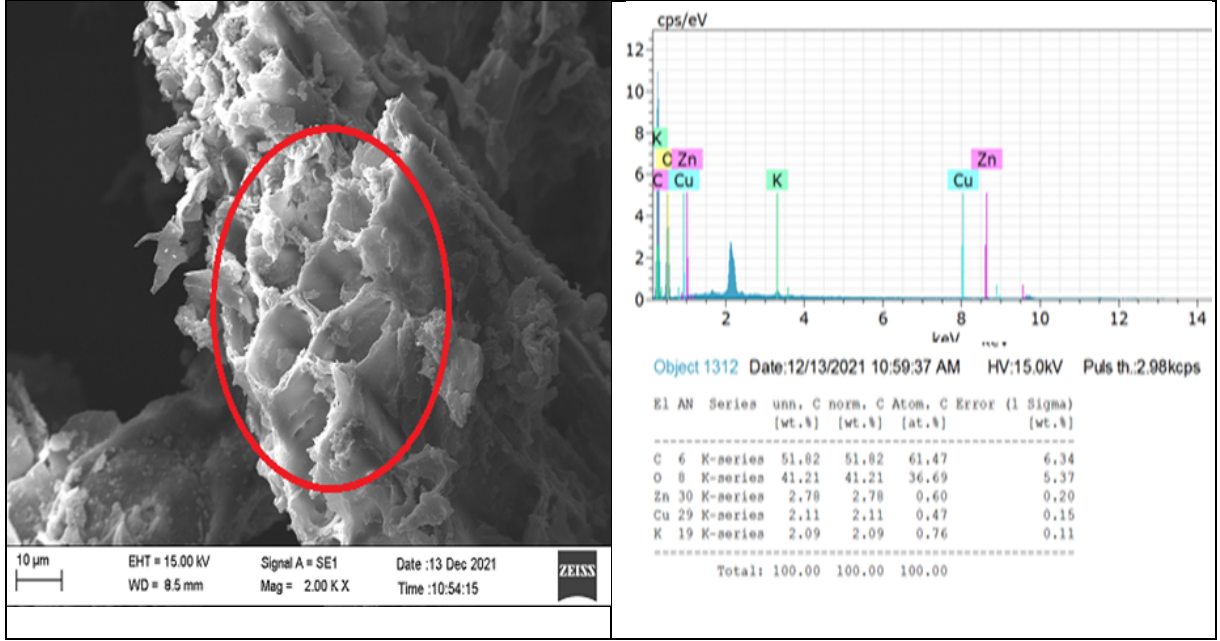
Şekil 4'te işlem görmemiş çay tesis atıklarının SEM görüntüsü verilmiştir. SEM görüntüsünde de görüldüğü gibi malzemenin yüzeyinde herhangi bir gözenekli yapının bulunmadığı, yüzeyin pürüzlülüğünün daha az olduğu görülmektedir.



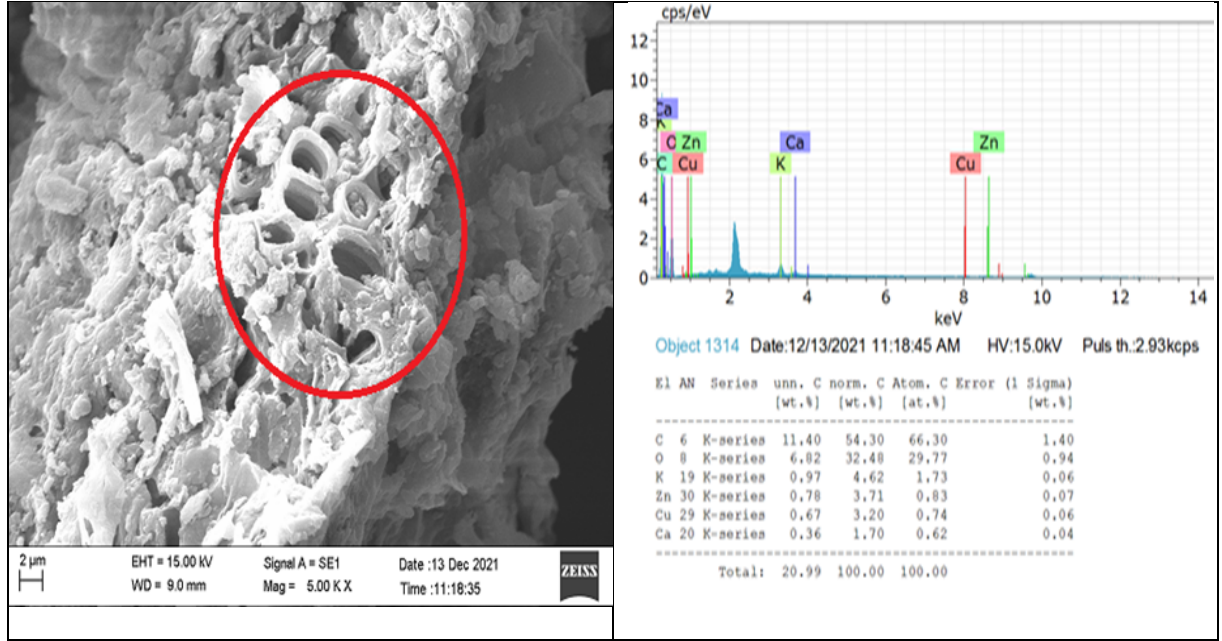
Şekil 4. HTC işlemi görmemiş çay tesis atığı numunesinin 500X büyütmedeki SEM görüntüsü ve EDX analizi.

HTC işlemi görmüş numunelerin SEM görüntüleri incelendiğinde ise (Şekil 5, 6, 7) gözenekli yapıların ve daha fazla pürüzlü yüzeylerin oluştuğu, yüzeyin girintili ve çıkıntılı olduğu görülmektedir. Şekil 7'de elde edilen

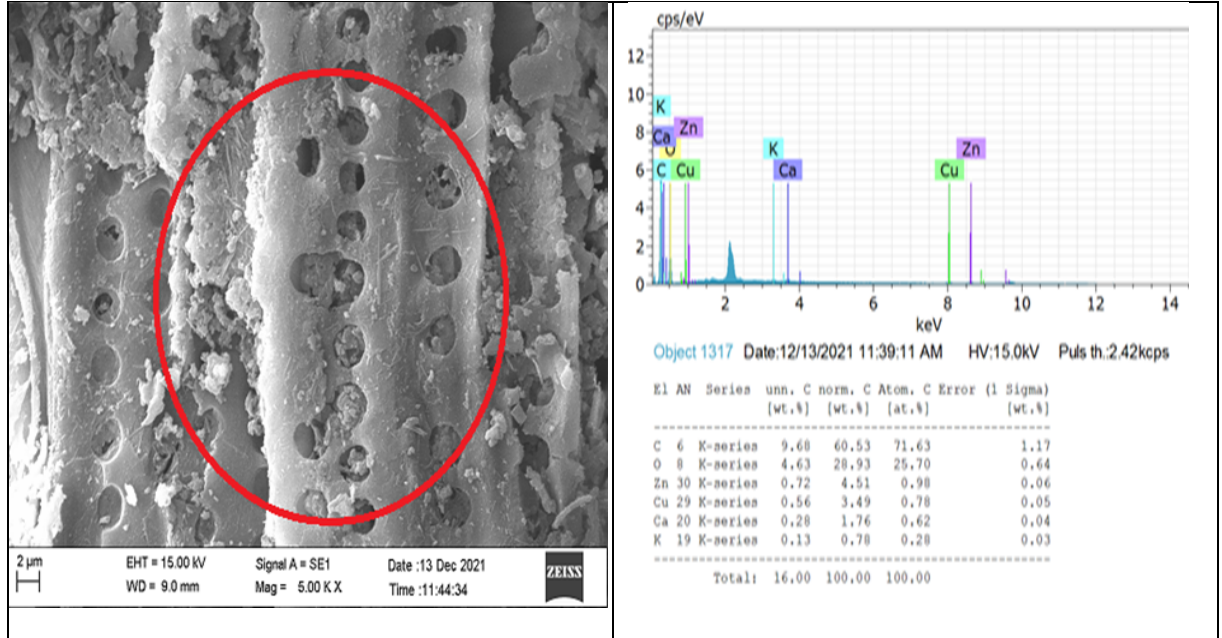
görüntüdeki gözeneklerin daha çok mikro ve mezo gözenek yapısına sahip olduğu görülmektedir. Süre ve sıcaklığın artmasıyla HTC işlemi görmüş numunelerin karbon içeriğinin arttığı ancak bunun yanında Ca, K ve Cu gibi elementlerin yapılarında ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Bu bileşenlerin önceden çay tesis atığının yapısında inorganik materyal olarak bulunduğu ve yapılan HTC işlemi sırasında yüksek basınçtan dolayı organik yapıdan ayrıldığı ancak buharlaşma olmadığı için malzemenin yüzeyine yapıştığı düşünülmektedir. Hidrotermal karbonizasyon işleminden sonra elde edilen karbonize ürünlerin N<sub>2</sub>-BET yöntemiyle yüzey alanı analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan BET analiz sonuçlarına göre 100°C 8 saat HTC işlemi görmüş çay tesis atığı numunesinin yüzey alanı 2,13 m<sup>2</sup>/gr olarak elde edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen numunelerin C miktarlarına bakıldığında ağırlıkça işlem görmemiş çay tesis atığında %48,65 iken HTC işleminden sonra bu oran %60,53'e ve atomik olarak da %61,57'den %71,63'e çıktığı EDX analizlerinde gözlemlenmiştir.



Şekil 5. 100°C 8 saat HTC işlemi görmüş çay tesis atığı numunesinin 2.00KX büyütmedeki SEM görüntüsü ve işaretli bölgenin EDX analizi.



Şekil 6. 100°C 16 saat HTC işlemi görmüş çay tesis atığı numunesinin 5.00KX büyütmedeki SEM görüntüsü ve işaretli bölgenin EDX analizi.



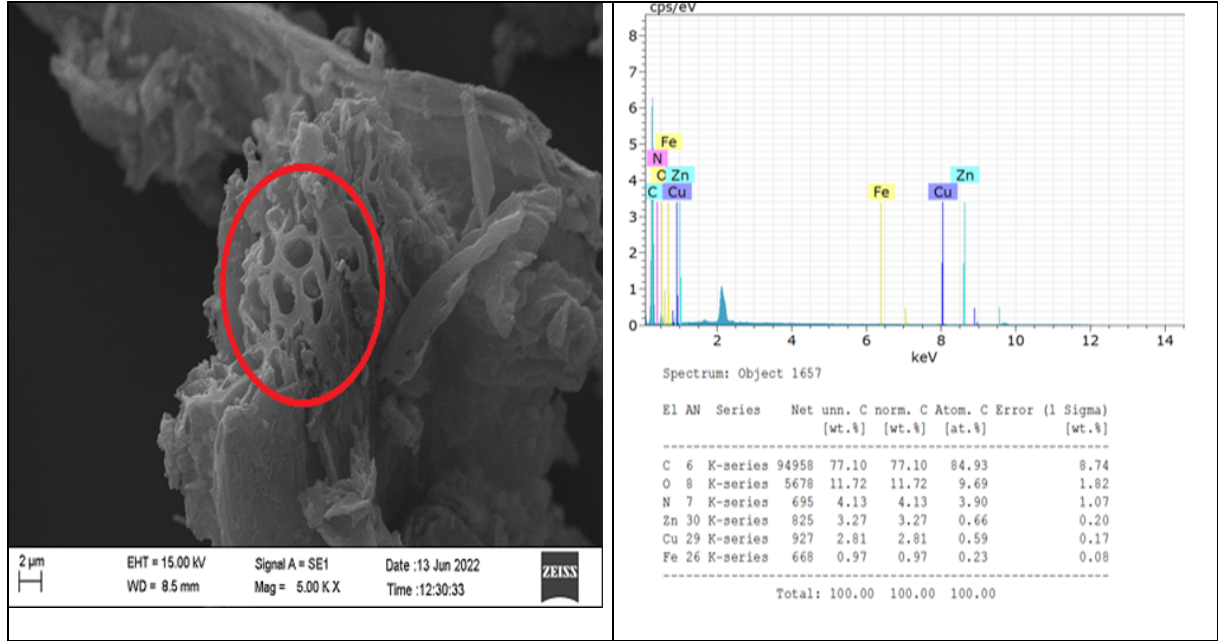
Şekil 7. 200°C 8 saat HTC işlemi görmüş çay tesis atığı numunesinin 5.00KX büyütmedeki SEM görüntüsü ve işaretli bölgenin EDX analizi.



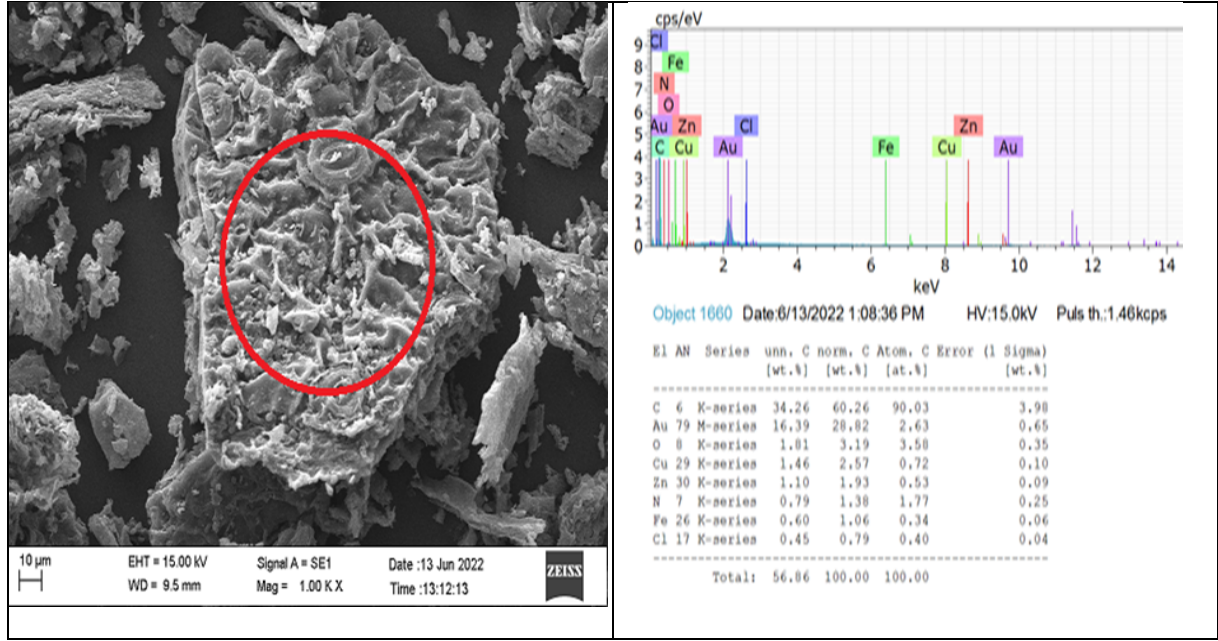
### 3.2. Aktifleştirici ajan KOH kullanılarak gerçekleştirilen HTC deneylerinin analiz sonuçları

Öğütülmüş, elenmiş, kül fırında 800°C’de 24 saat karbonize edilmiş çay tesis atığı HTC işlemi sonrası KOH ile kül fırında 600°C’de 4 saat aktifleştirilmiştir. Bu örneklerin SEM ve EDX analizleri yapılmış ve sonuçlar Şekil 8 ve Şekil 9’da verilmiştir.

SEM görüntüleri incelendiğinde, gözenek oluşumunda HTC işleminden sonra yapılan kimyasal aktivasyon işleminin etkin olduğu saptanmıştır. KOH’un aktifleştirici ajan olarak kullanılmasının karbonizasyon işleminde hammaddenin yapısının bozundurulmasını hızlandırdığı tespit edilmiştir. Karbonizasyon sırasında sıcaklığın etkisi ile ürünün yapısı büyük ölçüde bozundurulmuş, uçucu maddelerin büyük bir kısmı ve fonksiyonel grupların pek çoğu yapıdan uzaklaşarak gözenekli yapılar elde edilmiştir. Hidrotermal karbonizasyon sonrası KOH ile aktifleştirilen numunelerden elde edilen karbonize ürünlerin yüzey alanları N<sub>2</sub>-BET yöntemiyle ölçülmüştür. Buna göre, KOH/Hidrokömür=1/1 oranında karıştırılan numunenin BET yüzey alanı 887,41 m<sup>2</sup>/g olarak belirlenirken, KOH/Hidrokömür=1/2 oranında karıştırılan numunenin BET yüzey alanı 874,77 m<sup>2</sup>/g olarak ölçülmüştür. Deneyler sonucunda elde edilen numunelerin C miktarlarına bakıldığında ağırlıkça işlem görmemiş çay tesis atığında %48,65 olan C miktarının KOH ile aktifleştirme işleminden sonra %77,1’e ve atomik olarak ise % 61,57’den %84,93’e çıktığı EDX analizlerinde gözlenmiştir.



Şekil 8. KOH/Hidrokömür=1/1 oranında karıştırılarak gerçekleştirilen deney numunesinin 5.00KX büyütmedeki SEM görüntüsü ve işaretli bölgenin EDX analizi.



Şekil 9. KOH/Hidrokömür=1/2 oranında karıştırılarak gerçekleştirilen deney numunesinin 1.00KX büyütmedeki SEM görüntüsü ve işaretli bölgenin EDX analizi.

### 3.3. Metilen mavisi adsorpsiyon deneyi sonuçları

Aktivasyon için kullanılan aktifleştirici kimyasal madde miktarları aktif karbon üretim prosesinde önemli bir değişkendir. Lignoselülozik malzemelerin potasyum hidroksit ile etkileşiminde eş zamanlı reaksiyonlar meydana gelir. Düşük sıcaklıklarda başlayan bu reaksiyonlar, biyopolimerlerin dehidrasyonu, biyokütlenin depolimerizasyonu, aromatik yapıların oluşması ve hidroksil gruplarının ayrılması olarak sıralanabilir [9].

Aktif karbon üretimi için farklı KOH oranlarının ürün özelliklerine etkisini anlamak amacıyla Tablo 1'de şartları verilen deneysel çalışmalar yapılmış ve üretilen aktif karbonun soğurma özelliği incelenmiştir. Metilen mavisi ile yapılan adsorpsiyon çalışmalarında Tablo 2 'de görülen ekstraksiyon verimleri elde edilmiştir. Adsorpsiyon deneyleri sonucunda KOH oranı arttıkça aktif karbonun adsorpsiyon özelliklerinin arttığı gözlemlenmiştir. Buna göre KOH/Hidrokömür=1/1 ve 1/2 olarak yapılan deneylerde en yüksek adsorpsiyon veriminin 300 ppm'lik MM konsantrasyonunda (KOH/Hidrokömür:1/1) %99,24 ile A1 numunesinde olduğu görülmüştür. Adsorpsiyon işlemi sonucu boya giderimi sonucu oluşan renk değişimi Şekil 10'da gösterilmiştir.

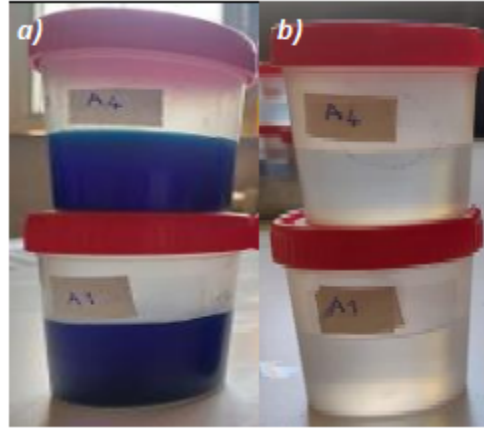
Tablo 1. KOH ile yapılan deneysel çalışma koşulları

Numune Kodu	1.Aşama (Karbonizasyon)		2.Aşama (HTC)		3. Aşama (Aktivasyon)		
	Sıcaklık (°C)	Zaman (Saat)	Sıcaklık (°C)	Zaman (Saat)	Sıcaklık (°C)	Zaman (Saat)	KOH/Hidrokömür
A1	800	24	200	12	600	4	(1/1)
A4	800	24	200	12	600	4	(1/2)



**Tablo 2.** KOH ile yapılan deneylerde üretilen numunelerin metilen mavisi adsorbsiyon kapasiteleri (100 mg/L ve 300 mg/L. çözeltilerde).

Numune Kodu	Başlangıç MM (ppm)	Çözeltide Kalan MM (ppm)	Ekstraksiyon Verimi (%)	Başlangıç MM (ppm)	Çözeltide Kalan MM (ppm)	Ekstraksiyon Verimi (%)
A1	100	1,82	98,18	300	2,27	99,24
A4	100	1,90	98,10	300	5,10	98,30



**Şekil 10.** A1 ve A4 numunelerinin 100 ppm'lik MM adsorbsiyon deneyleri sonucu boya giderim görüntüsü.  
a) 100 ppm MM b) MM boya giderim sonucu

#### 4. Sonuçlar

Aktifleştirici ajan kullanmadan gerçekleştirilen Hidrotermal karbonizasyon deneylerinden elde edilen numunelerin SEM, EDX ve BET analizleri yapılmıştır. Yapılan BET analiz sonuçlarına göre 100°C'de 8 saat HTC işlemi görmüş çay tesis atığı numunesinin yüzey alanı 2,13 m<sup>2</sup>/gr olarak elde edilmiştir.

Aktifleştirici ajan kullanmadan elde edilen numunelerin SEM görüntüleri incelendiğinde gözenekli yapıların oluştuğu, yüzeyin girintili ve çıkıntılı olduğu, daha fazla pürüzlü yüzeylerin oluştuğu gözlenmiştir.

Hidrotermal karbonizasyon sonrası KOH ile aktifleştirilen numunelerden elde edilen aktif karbonların yüzey alanı, KOH/Hidrokömür=1/1 oranında karıştırılan numunede 887,41 m<sup>2</sup>/g, KOH/Hidrokömür=1/2 oranında karıştırılan numunede ise 874,77 m<sup>2</sup>/g olarak belirlenmiştir.

SEM görüntüleri incelendiğinde, gözenek oluşumunda HTC işleminden sonra yapılan kimyasal aktivasyon işleminin etkin olduğu saptanmıştır. KOH'un aktifleştirici ajan olarak kullanılmasının karbonizasyon işleminde hammaddenin yapısının bozundurulmasını hızlandırdığı anlaşılmıştır. Karbonizasyon sırasında ısıl bozundurma ile ürünün yapısı büyük ölçüde bozunduğu, fonksiyonel grupların ve uçucu maddelerin büyük bir kısmının yapıdan uzaklaştığı ve gözenekli bir yapının elde edildiği görülmüştür.

SEM görüntülerine ve BET analiz sonuçlarına göre, KOH ile uygulanan aktivasyon işleminin gözeneklerin meydana gelmesinde etkili olduğu ve aktif karbon üretimini gerçekleştirdiği saptanmıştır.

Yapılan adsorbsiyon deneylerinde metilen mavisi giderimi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Yapılan işlemler ve analizler sonucunda çay tesisi atıklarından aktif karbon üretilebileceği sonucuna varılmıştır.

#### Teşekkür

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Rektörlüğü bünyesinde bulunan Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FÜBAP MF.22.02 numaralı 'Hidrotermal Karbonizasyon Yöntemiyle Çay Tesis Atıkları ve Badem Kabuklarından Aktif Karbon Üretilmesi' adlı yüksek lisans tez projesi kapsamında

desteklenmiştir. Projede verdiği ekonomik destekten dolayı Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- [1] Sharma, G., Naushad, M., Adsorptive removal of noxious cadmium ions from aqueous medium using activated carbon/zirconium oxide composite: Isotherm and kinetic modelling, *J. Mol. Liq.*, 2020, 310, 113025. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113025>.
- [2] Chingombe, P., Saha, B., Wakeman, R.J., Surface modification and characterisation of a coal-based activated carbon. *Carbon NY.*, 2005, 43, 3132–3143. <http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Carbon.2005.06.021>.
- [3] Karnib, M., Kabbani, A., Holail, H., Olama, Z., Heavy metals removal using activated carbon, silica and silica activated carbon composite, *Energy Procedia*, 2014, 50, 113–120. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.014>.
- [4] Yaashikaa, PR, Senthil Kumar, P., Varjani, S.J., Saravanan, A., Advances in production and application of biochar from lignocellulosic feedstocks for remediation of environmental pollutants, *Bioresour. Technol*, 2019, 292, 122030. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122030>.
- [5] Gerçel, Ö., Özcan, A., Özcan, A.S., Gerçel, H.F., Preparation of activated carbon from a renewable bio-plant of *euphorbia rigida* by H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> activation and its adsorption behavior in aqueous solutions, *Appl. Surf. Sci.*, 2007, 253, 4843–4852. <http://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Apsusc.2006.10.053>.
- [6] . Tehrani-Bagha, AR, Balchi, T., Catalytic wet peroxide oxidation, adv. oxid process wastewater treat emerg. *Green Chem. Technol*, 2018, 375–402. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-810499-6.00012-7>.
- [7] Mohamad Nor, N., Lau, L.C., Lee, K.T., Mohamed, A.R., Synthesis of activated carbon from lignocellulosic biomass and its applications in air pollution control - A review, *J. Environ. Chem. Eng.*, 2013, 1, 658–666. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2013.09.017>.
- [8] Huang, Q., Gao, L., Sun, Y., Gao, Y., Li, B.Q., Wang, Y., Preparation, characterization and evaluation of adsorptive properties of leather waste based activated carbon via physical and chemical activation, *Chemical Engineering Journal*, 2013, 22, 62–71.
- [9] Yaslı, MA, Antep fıstığı kavlatma tesisi atıklarından hidrotermal yöntemle aktif karbon üretimi, Mehmet Ali Yaslı, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- [10] Aslan, S., Çörek otu posasının aktif karbon üretiminde değerlendirilmesi, *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 2021, 33(1), 193-201.
- [11] González-García, P., Activated carbon from lignocellulosics precursors: a review of the synthesis methods, characterization techniques and applications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018, 82(1), 1393-1414.
- [12] Suarez, L., Benavente-Ferraces, I., Plaza, C., de Pascual-Teresa, S., Suarez-Ruiz, I., Centeno, T.A., hydrothermal carbonization as a sustainable strategy for integral valorisation of apple waste, *Bioresource Technology*, 2020, 309, 123395.
- [13] Çakmak, L., Şeker Pancarı Melası ve Küspesinden Hidrotermal Yöntemle Manyetik Nanopartikül Destekli Karbon (Mnpdk) Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversite, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2019.





## Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi

### Telif Hakkı Devir Formu / Copyright Form

Biz aşağıda gerekli bilgileri bulunan,

[Yazarların Adı / Author names]

.....tarafımızdan yazılmış,

[Makale Adı / Article title]

.....

başlıklı makale içeriği, sunduğu sonuç, bilgi, bulgu ve yorumları konusunda, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü'nün hiç bir sorumluluk taşımadığını kabul ederiz.

Sunduğumuz makalenin orijinal olduğunu; herhangi bir başka dergiye yayınlanmak üzere gönderilmediğini; daha önce yayınlanmadığını; tümüyle yada bir bölümü herhangi bir kongre/sempozyum da sunulup fakat tam metin olarak basılmadığını ve orijinal telif hakkı devri formu ile birlikte Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü'ne gönderildiğini garanti ederiz.

Makalenin telif hakkından feragat etmeyi kabul ederek sorumluluğu üstlenir ve imza ederiz. Bu vesileyle makalenin telif hakkı Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü' ne devredilmiştir. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü makalenin yayınlanabilmesi konusunda yetkili kılınmıştır. Bununla birlikte yazarların aşağıdaki hakları saklıdır:

Aşağıdaki ve diğer bütün durumlarda makalenin Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi tarafından yayımlandığına dair referans verilmelidir.

1. Telif Hakkı dışında kalan patent v.b. bütün tescil edilmiş haklar.
2. Makaleyi satmamak koşulu ile kendi amaçları için çoğaltma hakkı.
3. Yazarın gelecekteki kitaplar ve dersler gibi çalışmalarında; makalenin tümü ya da bir bölümünü ücret ödemeksizin kullanma hakkı.

**Bütün yazarlar tarafından imzalanması gerekiyor:** (Sorumlu yazar/Corresponding author\*)

Yazarın Adı ve Soyadı / Author Names

İmzası / Signature

Tarih / Date

1 .....

2 .....

3 .....

4 .....

5 .....

**NOT:** Eksik imza durumunda sorumluluk imzalayan yazarlara aittir. Lütfen formu doldurunuz, imzalayınız ve aşağıdaki adrese metinle birlikte gönderiniz.

Adres: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Editörlüğü, F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 23119-Elazığ.