



İstanbul Ticaret Üniversitesi



# Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi

Cilt V- Sayı-II  
ŞUBAT 2023

**İstanbul Ticaret Üniversitesi Adına Sahibi** Prof. Dr. Ömer TORLAK  
*Owner on behalf of Istanbul Commerce University* *Rectör / Rector*

---

**Editörler**

*Editors*

Doç. Dr. Mustafa Cem KASAPBAŞI

Editör / *Editor-in-Chief*

Yasin DEMİRBAŞ

Türkçe Editörü / *Turkish Editor*

Fatih TANRIVERDİ

İngilizce Editörü / *English Editor*

Abdül Halim ZAİM

Alan Editörü/ *Field Editor*

Derya İGDE

Alan ve Yardımcı Editör/

*Field and Vice Editor*

Leyla SÜRİ

Alan Editör / *Field Editor*

---

**Sorumlu Yazı****İşleri Müdürü**

*Publishing Manager*

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Yasin DEMİRBAŞ

---

**Yönetim Yeri**

*Head Office*

İstanbul Ticaret Üniversitesi

---

**Yazışma Adresi**

*Corresponding  
Address*

Örnektepe Mah. İmrahor Cad. No: 88/2, Beyoğlu 34445 / İSTANBUL  
Tel: +90 212 444 0 413 E-posta: tub@ticaret.edu.tr

---

**İnternet Adresi**

*Web Address*

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/icujtas>

---

**Yayın Türü**

*Publication Type*

Yerel Süreli / *Periodical*

Şubat ve Ağustos aylarında olmak üzere yılda iki sayı yayımlanır

*Published twice a year, in February and August e-ISSN: 2645-8969*

---

**Yayın Tarihi**

*Publication Date*

28.02.2023

---

**Yayın Kurulu**  
*Editorial Board*

Prof. Dr. Celalettin AKTAŞ (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Abdül Halim ZAIM (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Muammer KALYON (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Ömer ÇAHA (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Mustafa KÖKSAL (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Gülay ÖZTÜRK (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Elçin AYKAÇ ALP (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Serhat ÖZEKES (İstanbul Üsküdar Üniversitesi)  
Doç. Dr. Hanifi PARLAR (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Doç. Dr. Mustafa Emre CİVELEK (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Doç. Dr. Buket Doğan (Marmara Üniversitesi)  
Doç. Dr. Önder Demir (Marmara Üniversitesi)  
Doç. Dr. Ebru Şensöz MALKOÇ (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet CEYLAN (İstanbul Ticaret Üniversitesi)

---

**Danışma Kurulu**  
*Advisory Board*

Prof. Dr. Abdul Halim ZAIM (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Rıfat YAZICI (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Celalettin AKTAŞ (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. İsmail TORÖZ (İstanbul Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Kadir GÜLER (İstanbul Teknik Üniversitesi)  
Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Şehabettin Taha İMECİ (University of Sarajevo)  
Prof. Dr. Rıfat YAZICI (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Şükrü Yıldız (İbn Haldun Üniversitesi)  
Prof. Dr. Işık AYDEMİR (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Prof. Dr. Cihat DEMİRLİ (Milli Eğitim Bakanlığı)  
Doç. Dr. Hanifi PARLAR (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Doç. Dr. Elif Kısar KORAMAZ (İstanbul Teknik Üniversitesi)  
Doç. Dr. Önder DEMİR (Marmara Üniversitesi)  
Doç. Dr. Emine Esra KASAPBAŞI (Haliç Üniversitesi)  
Doç. Dr. Mustafa Cem KASAPBAŞI (İstanbul Ticaret Üniversitesi)  
Doç. Dr. Buket DOĞAN (Marmara Üniversitesi)  
Doç. Dr. Önder DEMİR (Marmara Üniversitesi)

---

**Cilt 5 Sayı 2**  
**Hakem Listesi**  
*Volume 5 Issue 2*  
*Reviewers List*

Erdem YAVUZ, Ali BOYACI, Nedim TUTKUN, Muhammed Ali AYDIN,  
Vedat TAVAS, Fatih ÜSTÜNER, Burhan SATICI, Yaprak ÖZEL, Banu Çiçek  
KURDOĞLU, Elif BAYRAMOĞLU, Oya AKIN, Elif Örnek ÖZDEN, Mehmet Ali  
ÖZASLAN, Mete Onur KAMAN, Aybala USTA, İsmail TOPCU, Leyla SÜRİ,  
Burhan SATICI, Serhat ÖZEKES, Gül Aslı AKSU, Sibkat KAÇTIOĞLU, Berk AYVAZ,  
Alper ÖZPINAR, Kazım YILDIZ

Değerli Okurlar,

Öncelikle ülkemizde 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen deprem felaketinde hayatını kaybeden tüm insanlarımız için Allah'tan rahmet, kalanlar için de baş sağlığı dileklerimizi editör ekibi olarak iletmek isteriz.

İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi V. Cildinin II. Sayısı tamamlanmış olup, siz saygıdeğer ve değerli okurlarımıza sunmaktan büyük onur ve mutluluk duyuyoruz.

Dergimizin bu sayısında, Bilgisayar Mühendisliği, Materyal Bilimi, Endüstri Mühendisliği, İç Mimarlık, Mimarlık, Kentsel Çalışmalar ve Tekstil alanlarında orijinal araştırma makalelerine yer verilmiştir.

Dergimize çalışmalarını göndererek katkı sağlayan tüm yazarlarımıza, bu çalışmalarını değerlendirerek yorumlarını bildiren hakemlerimize ve derginin hazırlanmasında emeği geçen tüm çalışma arkadaşlarımıza teşekkürü bir borç biliriz.

Dergimizin bu sayısının siz okurlarımıza yararlı olmasını diler, saygılar sunarız.

Doç. Dr. Mustafa Cem KASAPBAŞI

Baş Editör

İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi

Dear Readers,

First of all, we, as the editorial team, would like to convey our condolences to all of our people who lost their lives in the earthquake disaster that took place in our country on February 6, 2023, and our condolences to the survivors.

The V. volume II. issue of the Istanbul Commerce University Journal of Technology and Applied Sciences has been completed, and we are honored and pleased to present it to our esteemed and valuable readers.

In this issue of our journal, original research articles in the fields of Computer Engineering, Material Sciences, Industrial Engineering, Interior Architecture, Architecture, Urban Studies and Textile are included.

We would like to thank all our authors who contributed to our journal by submitting their studies, our referees who evaluated these studies and gave their comments, and all our colleagues who contributed to the preparation of the journal.

We hope this issue of our magazine will be useful to you, our readers, and we present our respect.

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Cem KASAPBAŞI  
Editor-in-Chief  
Istanbul Commerce University  
Journal of Technology and Applied Sciences

## **Amaç ve Kapsam**

Teknoloji Ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, araştırmaları altı ayda bir uluslararası yayımlayan hakemli bir dergidir. Gönderilen çalışmaların teknolojinin tüm alanları, mühendislik, uygulamalı bilimler, mimarlık kentsel çalışmalar alanında olması, mutlaka çalışmalarda özgünlük, önem, güncel duruma katkı içermesi beklenmektedir.

Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi ayrıca bilimi, bilim adamlarını ve daha geniş halkı etkileyen güncel ve gelecek trendlerin de bulunduğu hızlı, yetkili, anlayışlı ve dikkat ekici haberleri ve yorumları da iermektedir.

### ***Aim and Scope***

*The Journal of Technology and Applied Sciences is a peer-reviewed journal that publishes research internationally every six months. It is expected that the submitted works will be in all fields of technology, engineering, applied sciences, architecture, urban studies, and necessarily include originality, importance and contribution to the current state of art.*

*Journal of Technologies and Applied Sciences also provides rapid, authoritative, insightful and arresting news and interpretation of topical and coming trends affecting science, scientists and the wider public.*

# İçindekiler

## Araştırma Makaleleri

### Sayfa

---

<i>Raspberry PI Tabanlı Gitar Akort Cihazı</i>	1-10
<i>Doğa Tabanlı Çözümler İle Sürdürülebilir Sokak Planlaması</i>	11-29
<i>Sıradaki Hücre Tahmini İçin Döngü Tabanlı Markov Zinciri</i>	31-40
<i>Titanyum Dioksit ve Talk'ın Kompozit Malzemelerin Çekme Dayanımı Üzerine Etkisi</i>	41-48
<i>Geometrik Düzenlemelerin Yaya Trafiği ve Araç Trafiğine Etkileri (Bahçelievler Örneği)</i>	49-63
<i>Julia Setleri ve Lojistik Harita Kullanılarak Görüntü Şifreleme</i>	65-78
<i>Mandelbrot ve Lojistik Kaotik Harita Kullanılarak Görüntü Şifreleme</i>	79-95
<i>Engelliler İçin Erişilebilirlik Etkisi: Cemal Reşit Rey Konser Salonu ve Zorlu Performans Sanatları Merkezi Örneği</i>	97-106
<i>Küçük İşletmelerin Büyümesinde Kurumsallaşma ve Etkileri</i>	107-122
<i>Kişileştirilmiş Haber Tavsiye Sistemi</i>	123-133



# ***Index***

<b><i>Research Papers</i></b>	<b><i>Page</i></b>
<i>Raspberry PI Based Guitar Tuner</i>	<i>1-10</i>
<i>Sustainable Street Planning With Nature-Based Solutions</i>	<i>11-29</i>
<i>Loop-Based Markov Chain For Next Cell Prediction</i>	<i>31-40</i>
<i>Effect Of Titanium Dioxide And Talc On The Tensile Strength Of Composite Material</i>	<i>41-48</i>
<i>Effects Of Geometric Design On Pedestrian Traffic And Vehicle Traffic (Bahçelievler Example)</i>	<i>49-63</i>
<i>Image Encryption Using Julia Sets And Logistic Map</i>	<i>65-78</i>
<i>Image Encryption Using Mandelbrot And Logistic Chaotic Map</i>	<i>79-95</i>
<i>Accessibility For The Disabled: Effect: The Case Of Cemal Reşit Rey Concert Hall And The Strong Performance Arts Center</i>	<i>97-106</i>
<i>Institutionalization and Its Effects On The Growth Of Small Businesses</i>	<i>107-122</i>
<i>Personalized News Recommendation System</i>	<i>123-133</i>

{ Özellikle Boş Bırakılmıştır }

Araştırma Makalesi

## RASPBERRY PI TABANLI GİTAR AKORT CİHAZI

**Ömer Faruk ACAR<sup>†</sup>, Serhan YARKAN<sup>††</sup>**<sup>†</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye<sup>††</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Türkiye

omerfarukacar@outlook.com, syarkan@ieee.org



0000-0001-8471-2619, 0000-0001-6430-3009

**Atıf/Citation:** ACAR, Ö., F., YARKAN, S., (2022). Raspberry Pi Tabanlı Gitar Akort Cihazı, Journal of Technology and Applied Sciences 5(2), s.1-10, DOI: 10.56809/icujtas.1127936

### ÖZET

Akort, müzik aletlerinin çalındığında istenilen notayı vermesi için müzik aletlerinin ayarlanması işlemidir. Doğru notayı çalabilmek istenilen müziği elde edebilmek için önemli bir adımdır. Müzik aletlerinin akort edilebilmesi için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu çalışmada; gitar akort sisteminin oluşturulması, sanatçıların gitar ses kayıtları ile çalınan müziğin kıyaslanması ve gerçekleştirilmesi ele alınmıştır. Donanım için Raspberry Pi, yazılım için Python programlama dili kullanılmıştır. Gerçekleştirilen sistemde, Raspberry Pi mikrofon ile kullanıcılardan alınan gitar seslerini okur ve verilen girdi yazılıma gönderilir. Uygulama ile kullanıcıdan alınan sesler yazı formatına dönüştürülerek sanatçılardan alınan gitar sesleri ile kıyaslanabilir hale gelmesi sağlanmaktadır. Yapılan kıyaslama ile kullanıcılar ve sanatçılar arasındaki nota farklılıkları gözlemlenebilir hale gelmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Akort, Gitar, Python, Raspberry Pi.

## RASPBERRY PI BASED GUITAR TUNER

### ABSTRACT

Tuning is the process of musical instruments to give the desired note when played. Playing the right note is an important step in achieving the desired music. There are various methods for tuning musical instruments. In this study; creation of the guitar tuning system, comparison and implementation of the guitar sound recordings of the artists and the music played are discussed. Raspberry Pi is used for hardware and Python programming language is used for software. In the implemented system, Raspberry Pi reads the guitar sounds received from the users with a microphone and the given input is sent to the software. With this application, the sounds received from the user are converted into text format, making them comparable to the guitar sounds received from the artists. With the comparison, note differences between users and artists became observable.

**Keywords:** Guitar, Python, Raspberry Pi, Tuning.

Geliş/Received	:	14.06.2022
Gözden Geçirme/Revised	:	07.07.2022
Kabul/Accepted	:	12.07.2022

## 1. GİRİŞ

Teknolojik ilerlemeler ile çeşitli müzik aletleri ortaya çıkmıştır. Günümüz teknolojisinde doğru müzik notalarını ortaya çıkartmak için çeşitli yöntemler oluşturulmuştur. Bu yöntemlerin başında dijital akort cihazları gelmektedir.

Bu çalışmadaki amaç, Raspberry Pi kullanarak açık kaynak kodlu gitar akort sistemini oluşturmaktır. Raspberry Pi kullanılmasının sebebi Linux işletim sistemine sahip olup birçok programlama dilini desteklemesi ve donanımsal olarak giriş çıkış birimlerinin olmasıdır. Bu doğrultuda öncelikle programlama dili olarak Python programlama dili seçilmiş ve ucuz bir mikrofon kullanılmıştır. Gerçekleştirilen sistemde, Raspberry Pi mikrofon ile kullanıcılardan alınan gitar seslerini okur ve verilen girdi yazılıma gönderilir. Uygulama ile kullanıcıdan alınan sesler yazı formatına dönüştürülerek sanatçılardan alınan gitar sesleri ile kıyaslanabilir hale gelmesi sağlanmaktadır. Yapılan kıyaslama ile kullanıcılar ve sanatçılar arasındaki nota farklılıkları gözlemlenebilir hale gelmiş ve bu farklılık ile gitarın akort işlemi yapılabilir hale gelmiştir.

Bu çalışmada gitar notalarının bulunması, dijital akort işlemleri ve performans arttırmak için literatür araştırılması yapılmıştır. Ardından donanımsal gereklilikler, yazılımsal tasarım konuları anlatılmış ve uygulama bölümüne geçilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde müzik aletlerinin dijital akortlarının yapılması ve dijital gitar akort yöntemleri üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bir müzisyenin güzel müzik çalabilmesi için mükemmel akortlu cihazlara sahip olması gerekmektedir. Acemi bir müzisyenin bu akort ayarını yapabilmesi eğitimsiz bir kulak için oldukça zor olabilir. İnsan kulağı 20Hz ile 20KHz arasındaki sesleri iştebilmektedir. Belirli bir ses oktav seviyesi için, notanın frekansı gerekli temel frekansından daha yüksekse, buna keskin nota denir. Benzer şekilde, gerekli temel frekansının altına inerse, düz nota olarak adlandırılır (Thakuria ve ark., 2019).

Müzisyenler müzik aletlerini akort etmek için ortalama 10 dakika harcamaktadırlar. Aynı zamanda okullardaki öğrencilerin müzik aletlerinin akortları öğretmenleri tarafından yapılmakta ve ciddi bir zaman kaybına yol açmaktadır. Geleneksel yöntemlerle ayarlanan müzik aletlerinde her bir tel elle gerginliği ayarlanarak doğru frekansı yakalamak üzerine olmuştur (Bocanegra, 2005).

Her bir notanın farklı frekansı bulunmaktadır. Müzik aletlerinin çıkardıkları frekanslar farklılık göstermektedir. Kaminskyj ve Materka müzik aletlerinin kaynağını otomatik olarak tanımlayan bir sistem gerçekleştirmiştir (Kaminskyj ve Materka, 2015). Bu çalışmada 12 dizili gitar kullanılmıştır. 12 dizili gitarın minimum frekansı 440Hz olup maksimum frekansı 880Hz'dir. (Sturman, 2012). Her bir notaya karşılık gelen frekansın tablosu Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu frekans değerleri doğru notayı bulmak için yazılımda kullanılmıştır.

**Tablo 1.** 12 Dizili Notaların Frekans Değer Tablosu.

Nota Sırası	Nota	Frekans Değeri
0	A	440
1	A#	466.16
2	B	493.88
3	C	523.25
4	C#	554.37
5	D	587.33
6	D#	622.25
7	E	659.26
8	F	698.46
9	F#	739.99
10	G	783.99
11	G#	830.61
12	A'	880

Arduino mikro denetleyici kartı kullanılarak Kumar ve arkadaşları tarafından otomatik gitar akort cihazı tasarlanmıştır. Tasarımda gelen sinyaller MATLAB çalıştırılan bir sistemi besler. Oluşan frekans farkı hesaplanarak PWM (Pulse Width Modulation) sinyalleri motor sürücüsünü besler ve motor ile gitar tellerinin gerilimi ayarlanarak gitarın istenilen akort seviyesine getirilmesi sağlanmıştır (Kumar ve ark., 2017). Benzer şekilde MATLAB programlama dili kullanılarak Regeena ve Saji tarafından grafik ara yüzü olan gitar akort sistemi geliştirilmiştir (Regeena ve Saji, 2009). Notaların belirlenmesi konusunda diğer bir çalışmada da MATLAB programı ile müzik notalarının belirlenmesi konusunda grafik arayüz programı oluşturulmuştur (Mamur ve ark., 2018).

### 3. DONANIMSAL TASARIM

#### 3.1. Raspberry Pi ve Özellikleri

Raspberry Pi içinde bir bilgisayar için gerekli olan ram, işlemci, giriş ve çıkışlar gibi tüm birimleri tek bir devre kartı üzerinde toplayan sistemdir. Şekil 1'de görüldüğü gibi küçük boyutundan ve işlevsel olmasından dolayı akıllı evlerde, gömülü sistemlerde, robotik projelerde kullanılmaktadır. Arduino gibi kartların gücünün yeterli olmadığı yerlerde tercih edilmektedir. Linux üzerinde çalışabilecek nerdeyse tüm programlama dillerinde yazılım yazmasına imkan vermektedir. Raspberry Pi 4B Broadcom 2711 Dört çekirdekli Cortex-A72 64-bit destekli @1.5GHz işlemciye sahiptir. 2.4GHz/5.0GHz 802.11.b/g/n/ac destekli kablosuz ağ desteklemektedir. 2x USB 2.0 + 2x USB 3.0 portuna sahip olup, video için 2 x mikro-HDMI, 4K 60FPS destekli sistem kullanmaktadır. 4 kutuplu 3.5mm bağlantı üzerinden ses çıkışına sahiptir. Ses için bir girişe sahip olmayan Raspberry Pi harici 3.5mm USB Ses Kartı ile mikrofon bağlantısı sağlanmıştır.



Şekil 1. Raspberry Pi 4 4GB.

#### 3.2. USB Ses Kartı

Raspberry Pi modelleri içerisinde dahili olarak ses giriş modülü bulunmamaktadır. Bu yüzden harici olarak ses kartı kullanılması gerekmektedir. Şekil 2'de mikrofon ile Raspberry Pi cihazının bağlantısını sağlamak için kullanılan ses kartı gösterilmiştir.



Şekil 2. USB Ses Kartı.

### 3.3. Stereo Mikrofon

Sesin doğru şekilde alınabilmesi için projede Şekil 3'te gösterildiği gibi stereo mikrofon girişi kullanılması gerekmektedir. Projede Şekil 4'te görülen ucuz mikrofon seçilmiştir.



Şekil 3. USB Stereo Mikrofon Girişi.



Şekil 4. Mikrofon.

### 3.4. Bağlantı Şeması

USB ses kartı, Raspberry Pi ve stereo mikrofon arasındaki bağlantı Şekil 5'te gösterildiği gibidir.



Şekil 5. Bağlantı Şeması.

#### 4. İŞARET VE SİSTEM MODELLEME

Akustik işaret üretildikten sonra mikrofondan Raspberry Pi sistemine ulaşmasındaki süreç, kablosuz haberleşmede çok sık kullanılan doğrusal, zamanla değişen kanal yaklaşımı olarak modellenenmektedir (Sait ve ark., 2020). Karmaşık temel bant denklemi ile zamanla değişen, doğrusal kanalın birim darbe tepkisi  $t$  anında Doppler etkisinin gözlemlenebildiği verici ve alıcı arasındaki zamanın frekansını temsilen  $f_c$  altındaki:

$$h(t; \tau) = \sum_{l=0}^{L-1} g_l(t) e^{-j2\pi f_c \tau_l(t)} \delta(\tau - \tau_l(t)) \quad (1)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Formül için  $j = \sqrt{-1}$  olmak üzere  $L$  azami yankı sayısı  $g_l$  yankıya ait genliği  $\tau_l$  gecikmeyi ifade etmektedir. Temel bantta  $m(t)$  konuşma işareti ve  $w(t)$  ortam gürültüsünü ifade ettiğinde, alıcıya ulaşan işaret:

$$r(t) = \int_{-\infty}^{\infty} m(t - \tau) h(t; \tau) d\tau + w(t) \quad (2)$$

şeklinde ifade edilmektedir.  $r(t)$ , ideal bir mikrofona yakın olduğu  $L = 1$  (yankısız ve doğrudan) bağlı hareket içermeyen alıcı-vericinin zamanı arasında hiçbir kayma olmadığı:

$$r(t) = h \cdot m(t) + w(t) \quad (3)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu durumda  $h = g_0 e^{-j2\pi f_c \tau_0(t)}$  alıcının gelen işaretin yalnızca fazını ve genliğini değiştiren bir sabit olmaktadır. Akustik işaretlerde gelen sabit faz kullanıcının deneyimini etkilememektedir. (Toole, 2000) (Dang ve Lee, 2018).

Ortam gürültüsü için beyaz Gauss gürültüsü sıkça kullanılmaktadır.  $w(t)$  rasgele süreci için olasılık dağılımı:

$$fW(w) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(w-\mu w)^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

şeklinde ifade edilmektedir.  $w(t)$  genelleştirilmiş Gauss biçimli olsa da  $W \sim \mathcal{N}(0, \sigma)$  şeklinde ifade edilebilmektedir (Doire ve ark., 2017). Gürültüden bağımsız varsayılan  $h$ , çoğunlukla durağan rasgele süreç olarak değerlendirilip akustik enerjinin yoğun olan yönden az yoğun olan alıcıya doğru ulaştığı senaryoda,  $K$  yoğun enerjinin geldiği yöndeki gücün ortalamasının diğer yönden gelen gücün oranını göstermesi ile ve  $\Omega$  ise toplam gücü göstermekte olup:

$$fH(h) = \frac{2h(K+1)}{\Omega} e^{-K - \frac{h^2(K+1)}{\Omega}} I_0 \left( 2h \sqrt{\frac{K(K+1)}{\Omega}} \right) \quad (5)$$

şeklinde Rice dağılımı ile tanımlanabilmektedir. Mikrofona çok yakın olan konuşmacı için  $K \rightarrow \infty$  olacağından (5)'in (4)'e yakınsadığı varsayılabilir.  $m(t)$  süreci için olasılık dağılımı:

$$fM(m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{|m|}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Gürültülü konuşma işareti için olasılık dağılımları (4) ve (6) şeklinde olmalı ve sıfır etrafındaki karakterlerinin benzer şekilde olması, verinin gürültüden ayrılabilmesi için işaretlerin zamandaki uzunluklarının da dikkate alınması gerektiğini belirtir.

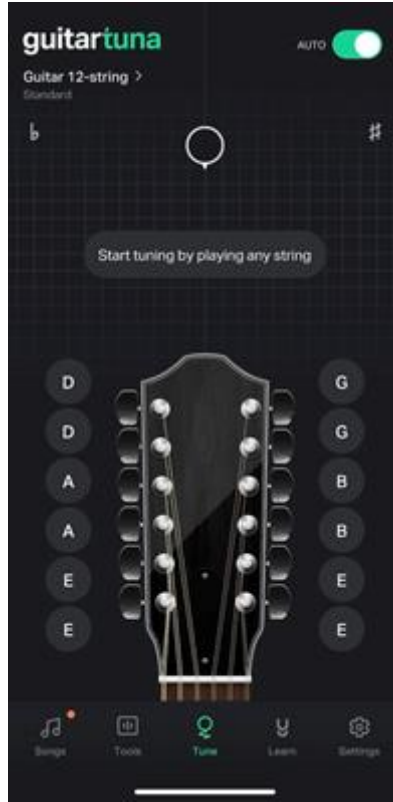
## 5. YAZILIMSAL TASARIM

Bu çalışmada Raspberry Pi 4 programlama kartına Rasbian işletim sistemi kurulmuş ve programlama dili olarak Python seçilmiştir. Kullanılan kodlar ve çıktıları <https://github.com/omerfarukacar/GuitarTuner.git> adresinden erişilebilir haldedir. İndirmek için `git clone https://github.com/omerfarukacar/GuitarTuner.git` komutu çalıştırılması gerekmektedir. Bu projede toplamda 4 farklı adımdan oluşmaktadır. İzlenen yol aşağıdaki gibidir.

- 1-Referans kaynaktan alınan seslerin .wav(Waveform Audio File) formatında kaydedilmesi.
- 2-Kayıtların kıyaslanabilmesi için dizi formatına dönüştürülmesi.
- 3-Kullanıcıdan alınan gitar seslerinin canlı olarak gösterilmesi ve kaydedilmesi.
- 4-Sonuçların dizi olarak kıyaslanması ve doğruluk oranının bulunması.

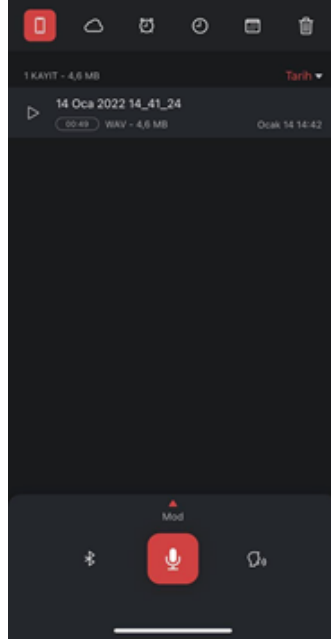
### 5.1. Referans Kaynaktan Alınan Seslerin .wav Formatında Kaydedilmesi

Referans kaynak olarak kullanılmak amacı ile Şekil 6'da gösterilen Appstore'dan indirilen GuitarTuna uygulaması seçilmiş ve 12 dizi standart ses oluşturulmuştur. Kayıtlar IOS işletim sistemli mobil cihazın (Iphone XR) mikrofonu ile Appstore'dan indirilen Kaydedici Pro uygulaması ile kaydedilmiştir. Şekil 7'de gösterilen kayıtlar uygulama içerisinde .wav formatı kaydedilebilmektedir. Kayıt sonrasında sesler arasındaki parazitler Audacity programı ile temizlenmiş ve temiz referans kaynak olarak kullanılmıştır. Temizleme işlemi Şekil 8'de gösterilen Silence Audio Selection butonu ile yapılmıştır. Çıktı `Phone_tune_clear.wav` ismi ile kaydedilmiştir.

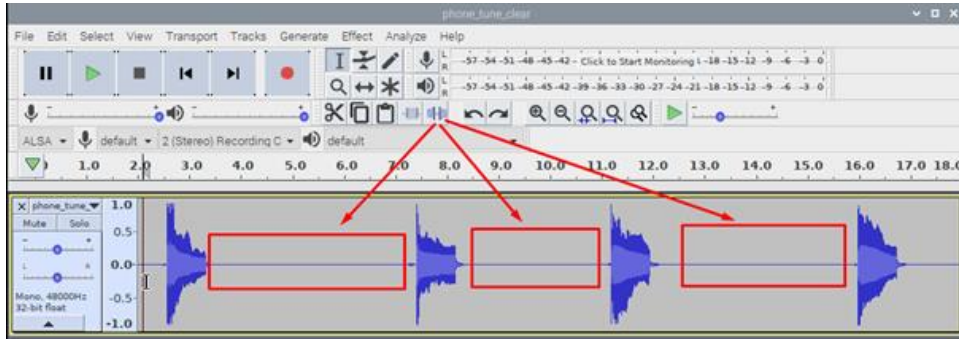


Şekil 6. 12 Dizili Ses Oluşturmak İçin GuitarTuna Uygulaması.





Şekil 7. Kaydedici Pro Uygulaması ve .wav formatındaki ses kaydı.



Şekil 8. .wav formatındaki sesin temiz kaynak olması için parazitlerinin silinmesi.

## 5.2. Kayıtların Kıyaslanabilmesi İçin Dizi Formatına Dönüştürülmesi

Gitar sesinin yazı formatına dönüştürülmesi ve yazı formatında saklanması sanatçılar ile kullanıcılar arasında kıyaslama yapabilmeyi kolaylaştırmıştır. Gitar notalarının yazıya dönüştürülmesi konusunda farklı yazılım dillerinde farklı açık kaynak kodları mevcuttur (Vonsegger 2021). Program açık kaynak kodlu olup 12 dizili gitar frekansları açık kaynak koda eklenmiştir. Programın Çalışması İçin Gerekli Kurulumlar

```
pip install numpy
pip install scipy
sudo apt-get install python3-scipy
pip install matplotlib
pip install python-Levenshtein==0.12.0
```

Temiz referans olarak kullanılan .wav formatındaki kaydın dizi formatına dönüştürülmesi için kod <https://github.com/omerfarukacar/GuitarTuner/tree/master/wavToText> adresinden indirilmelidir. Kaynak dosyasının wav\_to\_text.py programı kullanarak yazıya dönüştürülmüş hali aşağıdaki gibidir. Program gerekli kurulumlar yapıldıktan sonra GuitarTuner/wavToText klasörünün içinden; python wav\_to\_text.py phone\_tune\_clear.wav komutu ile çalıştırılmaktadır.

```
['G3', 'D4', 'B3', 'E4', 'D4', 'D4', 'E4', 'A3', 'E4', 'B3', '']
```

### 5.3. Kullanıcıdan Alınan Gitar Seslerinin Canlı Olarak Gösterilmesi ve Kaydedilmesi

12 dizili gitar notalarının anlık olarak ekranda gösterilmesi için açık kaynaklı kod referans alınmıştır (Andrey ve Zurstraßen, 2021). Gösterilmesi anında dizi olarak dedect\_out.csv dosyasına kaydedilmektedir. Kayıt yapılmasının amacı kıyaslama yapmak için kullanılmasıdır. Canlı olarak seslerin gösterilmesini ve kaydedilmesini sağlayan kod <https://github.com/omerfarukacar/GuitarTuner/tree/master/NoteDedect> adresinden indirilmelidir.

Programın çalıştırılabilmesi için gerekli olan kurulumlar aşağıda belirtildiği gibidir.

Gerekli Python Kütüphane Sürümleri

```
Python 2.7.16
matplotlib 3.5.1
numpy 1.22.3
pydub 0.25.1
python-Levenshtein 0.12.0
sounddevice 0.4.4
scipy 1.8.0
```

Programın Çalışması İçin Gerekli Kurulumlar

```
pip install numpy
pip install scipy
pip install --upgrade numpy
pip install sounddevice
sudo apt-get install python-dev libatlas-base-dev
sudo apt-get install libportaudio2
```

Program gerekli kurulumlar yapıldıktan sonra GuitarTuner/NoteDedect klasörünün içinden noteDedect\_12String.py dosyası; python3 noteDedect\_12String.py komutu ile çalıştırılmaktadır. Canlı olarak kaydedilen gitar notaların çıktısı:

G4,G4,G4,G4,G3,G3,G3,G3,B3,B3,B3,B3,E4,E4,D4,D4,D4,D4,A3,A3,A3,A3,A3,E4,E4,E4,B3,B3  
şeklindedir. Tekrar eden notalar teke indirilip kıyaslama yapılmıştır.

### 5.4. Sonuçların Dizi Olarak Kıyaslanması Ve Doğruluk Oranının Bulunması

Referans kaynaktan alınan sesin dizi olarak kaydedilmesi ve gerçek zamanlı olarak dinlenen seslerin dizi olarak kaydedilmesi kıyaslamayı kolaylaştırmıştır. Kıyaslama yapmak amacı ile python programlama dili kullanılıp CompareStrins.py adlı program yazılmıştır. Programın çalıştırılması için gerekli kod <https://github.com/omerfarukacar/GuitarTuner/tree/master/compareStrings> adresinden indirilmelidir. Program GuitarTuner/compareStrings klasörünün içinden; python3 CompareStrings.py komutu ile çalıştırılmaktadır. Program çıktısı aşağıdaki gibidir.

```
['G4', 'D4', 'B3', 'E4', 'D4', 'D4', 'E4', 'A3', 'E4', 'B3', '']
```

```
['G4', 'G3', 'B3', 'E4', 'D4', 'D4', 'A3', 'A3', 'E4', 'B3', '']
```

```
['true', 'false', 'true', 'true', 'true', 'true', 'false', 'true', 'true', 'true']
```

```
%80,0 true
```

## 6. SONUÇLAR

Bu uygulamada Raspberry Pi cihazı kullanılarak gitar notalarının hem ses kayıtları içinden hem de canlı olarak dinlenme sırasında bulunması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Raspberry Pi sıfırdan kurulum aşamaları ve gerekli programların kurulumu detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Yazılan python programlama dili ile kullanıcılardan alınan kayıtlı ve canlı gitar notaları string formatına dönüştürülüp kıyaslanabilir hale getirilmiştir. Kıyaslama sonucunda python programlama dili ile canlı notalar ve kayıtlı notalar arasındaki fark oransal olarak gösterilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmanın bir sonraki adımı olarak görsel ara yüz oluşturulması, canlı olarak hangi notalarda hata yapıldığının kullanıcılara belirtilmesi ve canlı okunan tek notanın birden fazla aynı notayı tek nota halinde vermesi hedeflenmektedir.

**KAYNAKLAR**

- Acar, Ö. F., (2022). Guitar Tuner, <https://github.com/omerfarukacar/GuitarTuner> adresinden 14 Nisan 2022 tarihinde alınmıştır.
- Andrey, M. ve Zurstraßen, N. (2021). Guitar Tuner, [https://github.com/not-cheiken/guitar\\_tuner](https://github.com/not-cheiken/guitar_tuner) adresinden 14 Nisan 2022 tarihinde alınmıştır.
- Bocanegra, A. (2005). Automatic Acoustic Guitar Tuner, Massachusetts Institute of Technology.
- Cankurtaran H.S., Boyacı A., Yarkan S. (2020). Genişletilmiş DTK Yardımı ile Akustik İşaret Tabanlı, Dilden Bağımsız Bir Ses–Dudak , Sekli Eşleştirme Yöntemi ve Gerçekleşmesi.
- Doire, C., Brookes, M., ve ark. (2017). Single-Channel Online Enhancement of Speech Corrupted by Reverberation and Noise,” IEEE Trans Audio Speech Lang Process.
- Dong, H. Y., Lee, C., M. (2018). Speech Intelligibility Improvement in Noisy Reverberant Environments Based on Speech Enhancement and Inverse Filtering.
- Kaminskyj, I., Materka, A. (1995). Automatic source identification of monophonic musical instrument sounds. IEEE International Conference on Nov 1995.
- Kumar, A., Srivastava, S., Chandra, M., Sahoo, G. (2017). Guitar tuner using cepstral analysis and fuzzy controller on arduino board, Microsyst Technol.
- Mamur, H., Aktaş, A., Kuzey, S. (2018). Müzik Notalarının MATLAB Yazılımıyla Belirlenmesi, Bilge International Journal of Science and Technology Research.
- Regeena, M. ve Saji, A. K. (2009). A Digital Guitar Tuner, (IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security.
- Sturman, R. (2012). A dynamical systems approach to musical tuning, Dynamical Systems An International Journal.
- Thakuria, U., Narayanan, S., ve Kumbhare, R. (2019). Musical Instrument Tuner, Asian Journal of Convergence in Technology.
- Toole, F. E. (2000). The Acoustics and Psychoacoustics of Loudspeakers and Rooms-The Stereo Past and the Multichannel Future.
- Vonseggern, I. (2021). Note Prediction, <https://github.com/ianvonseggern1/note-prediction> adresinden 14 Nisan 2022 tarihinde alınmıştır.

**TEŞEKKÜR ve BEYANLAR / ACKNOWLEDGEMENT and DECLARATIONS**

Yazarların makaleye olan katkıları eşit orandadır. Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır. Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur

*Not: Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Haberleşme Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Doç. Dr. Öğretim Üyesi Serhan YARKAN danışmanlığında, Ömer Faruk ACAR tarafından yürütülecek olan, “Raspberry Pi Tabanlı Gitar Akort Cihazı” başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.*

## Araştırma Makalesi

# DOĞA TABANLI ÇÖZÜMLER İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR SOKAK PLANLAMASI

Özlem BADOĞLU<sup>†</sup>, Özdemir SÖNMEZ<sup>††</sup>

<sup>†</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>††</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>†</sup>ozlembdgl@gmail.com, <sup>††</sup>osonmez@ticaret.edu.tr



0000-0002-6942-1300, 0000-0001-6421-7071

**Atıf/Citation:** BADOĞLU, Ö., SÖNMEZ, Ö., (2022). Doğa Tabanlı Çözümler ile Sürdürülebilir Sokak Planlaması, Journal of Technology and Applied Sciences 5(2), s.11-29, DOI: 10.56809/icujtas.1133114

## ÖZET

İklim değişikliği, kentlerin inşasında doğadan kopuşun bir yansıması olarak düşünüldüğünde, bu soruna karşı geliştirilecek çözümler doğaya uyumlu yapılaşmayı beraberinde getirir. Zira sert zemin ve beton odaklı yapılaşmalar, kentleri zamanla kentsel ısı adası etkisi, su baskınları vs. gibi iklimsel sorunların odağı hâline getirmektedir. Mekânsal planlamaya doğaya saygılı çözümleri adapte etmek, hiç şüphesiz kentsel sistemlerde fayda unsurunu ön plana çıkaracaktır. Doğa tabanlı çözümler isimli yenilikçi müdahalelerle bu adaptasyona, sosyal kurgunun temelini oluşturan bir ulaşım alanı ve tarih boyunca kentlerdeki en önemli kamusal mekânlardan biri olan sokak mekânından başlamak, dirençli ve sürdürülebilir kentlerin oluşmasına katkı sağlayacaktır. Bu çözümlerin sokak bazında adaptasyonu için kentsel dönüşüm projeleri bir fırsattır. Çalışmanın amacı iklim değişikliğine karşı sürdürülebilir sokak planlamasında doğa tabanlı çözümlerin katkısını incelemektir. Literatür araştırmasının ardından çözümlerin sağladığı faydaları somutlaştırmak adına İklim Dayanıklı Şehir Araç Kutusu (Climate Proof City Toolbox) ile interaktif harita üzerinde, hâlihazırda kentsel dönüşüm alanında bulunan Edirne’de bir bölge çalışılmıştır ve sonucunda sürdürülebilir sokak planlamasına dair önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Doğa tabanlı çözümler, iklim değişikliği, sera gazları, sokak, sürdürülebilirlik

## SUSTAINABLE STREET PLANNING WITH NATURE-BASED SOLUTIONS

### ABSTRACT

When climate change is considered as a reflection of the break with nature in the construction of cities, solutions to this problem bring along nature-compatible construction. Because hard ground and concrete-oriented constructions, urban heat island effect, floods, etc. makes it the focus of climatic problems such as Adapting nature-friendly solutions to spatial planning will undoubtedly bring the benefit element to the fore in urban systems. Starting this adaptation with innovative interventions called nature-based solutions will contribute to the formation of resilient and sustainable cities, starting with a transportation area that forms the basis of social construction and the street space, which has been one of the most important public spaces in cities throughout history. Urban transformation projects are an opportunity for the street-based adaptation of these solutions. The aim of the study is to examine the contribution of nature-based solutions in sustainable street planning against climate change. After the literature review, in order to embody the benefits of the solutions, a region in Edirne, which is currently in the urban transformation area, was studied on the interactive map with the Climate Proof City Toolbox, and as a result, suggestions for sustainable street planning were made.

**Keywords:** Nature-based solutions, climate change, greenhouse gases, street, sustainability

Geliş/Received : 20.06.2022  
Gözden Geçirme/Revised : 04.08.2022  
Kabul/Accepted : 09.08.2022

## 1. GİRİŞ

İnsan, sosyal bir canlı olarak doğal çevreyle sürekli etkileşim hâlinindedir. Doğalın ve doğanın devamlılığı ve korunmasındaki görevi açıktır. Fakat doğanın bir parçası olduğunu unuttuğunda, var olan tüm ekolojik denge sistemlerinin zarar göreceği de bir gerçektir. Çevresel sorunlara neden olan faktörlere bakıldığında da en büyük faktörün ekolojik dengeye dışarıdan müdahale edilmesi olduğu görülmüştür (Özçağ, 2004). Özellikle sanayi devriminden sonra üretim mekanizmalarında doğanın bir meta olarak görülmesi, dünyayı zamanla bugünkü tehlikeli durumuna sokmuştur. Doğal kaynakların büyük oranda yok olması, toprak, su ve hava kirliliği ve nihayetinde artan sera gazları ile birlikte küresel ısınma ile iklim değişikliği bu tehlikelerdendir (Uyanık, 2016). Artan sera gazlarına en büyük sebep kentler ve üretim biçimleridir. Dünyadaki toplam karbon salımının %75'i kent kaynaklıdır. Kentlerdeki fosil yakıtlara bağlı enerji kullanım pratiklerinde herhangi bir değişiklik olmadığı takdirde, kent kaynaklı karbon salımının 2050 yılında 2005 yılına göre üç kat artacağı öngörülmektedir. Yalnızca bu sebeple bile, iklim değişikliği ile mücadelede fosil yakıt kullanımının en acil şekilde sonlandırılması gerekmektedir (Uncu ve ark., 2019).

Ulaşımında, binalarda fosil yakıtı bağımlı politikalarından ötürü kentlerde sera gazları salımları günümüzde oldukça fazladır. Ulaşım alanına bakıldığında, günümüzde dünya genelinde ulaştırma için harcanan enerjinin %95'ten fazlası fosil yakıtlarla çalışan motorlardan elde edilmektedir. Küresel sera gazlarının %20'si de ulaşım faaliyetleri için harcanılan yakıtlardan ortaya çıkan emisyonlar oluşturmaktadır. Ulaşım türleri arasında karayolu küresel düzeydeki emisyonların %70'ini, havayolu %12'sini, denizyolu hatları %11'ini ve demiryolu hatları %2'sini oluşturmaktadır. Tüm bunların yanında çevre kirliliği, tarım arazilerinin yollara ayrılması, doğal kaynakların kirletilmesi ve atık maddelerin birikimi gibi modern ulaşım araçlarının çevresel zararlarından bahsetmek mümkündür (King, 2010: 175). Ulaşım faaliyetleri, en çok karbon salınımı yaratan sektörlerden birisi olmasının yanında hâlihazırda karbon salınımını en çok azaltabilecek sektörlerin de başında gelmektedir. Bu önlemler devletin, özel sektörün ve kişilerin iş birliği ile gerçekleştirilebilecek önlemlerdir. Özellikle devletler yerel yönetimlerle iş birliği kurarak toplumun bireysel araç kullanım alışkanlıklarını değiştirecek yatırımlar yapması, araç emisyon ve yakıt değerlerine göre doğru bir vergilendirme politikası izlemesi, özel sektöre gerekli AR-GE desteğinin sağlanması, yakıt verimliliği düşük araçların trafikten çekilmesinin desteklenmesi, şehir planlanmasının ulaşım açısından optimum verimliliği sağlayacak bir şekilde politikalar üretmesi büyük önem arz etmektedir. Bahsedilen politikaların etkileri sadece ulaşım sektörüne katkı yapmakla kalmayıp, bütçe dengesi, zaman verimliliği, çevre politikaları ve toplum sağlığı gibi başlıklara da pozitif katkı sağlayabilecektir (Çalışkan ve ark., 2017: 9).

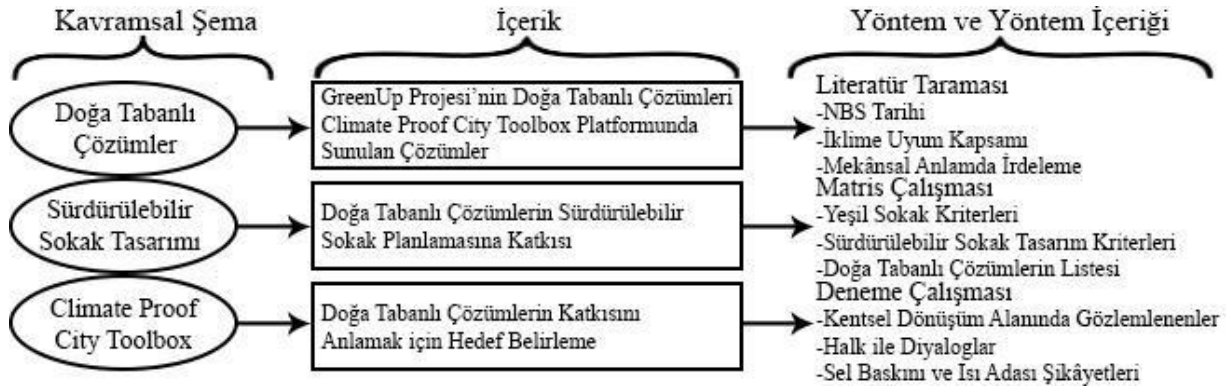
İnşaat sektörüne bakıldığında, dünyada enerji tüketiminin yaklaşık %40'ını binalardaki tüketim oluşturmaktadır (Hensel, 2014: 15). Avrupa'da da birincil enerji tüketiminin en büyük tüketicileri %40 ile binalardır (Lösch, 2014: 8). Bina sektörü, inşaat ve kullanım süreçlerinde dünyadaki tatlı su kaynaklarının yaklaşık 16%'sını, ağaç kaynaklarının 25%'ini, malzeme kaynaklarının 30%'nu, enerji kaynaklarının 40%'ını tüketmektedir. Küresel ısınmaya neden olan CO<sub>2</sub> 'in 35%'i inşaat kaynaklıdır. Toprak israfının 40%'ı; inşaat süreci ve devamında açığa çıkan atıkların depolanması sonucu meydana gelir. Stratosferdeki ozon tabakasında azalmaya neden olan kimyasalların; 50%'si yapı sektörü tarafından üretilir (Künar, 2018). Binalar aynı zamanda insan yaşamının yaklaşık %80'inin geçtiği alanlardır. Bu nedenle sadece enerji verimli değil, ayrıca en yüksek çalışma ve yaşam kalitesi sunan yerler de olmak zorundadır (Hensel, 2014: 15). Binalarda diğer sektörlerle göre daha düşük maliyetler ve yüksek getiriler ile enerji tüketimini azaltmak mümkündür. Günümüzde yeşil bina, pasif bina, yeşil cepheler, yağmur suyu toplama, depolama ve geri kullanımını sağlayan binalar ve buna benzer farklı yenilikçi müdahalelerle kullanılan enerjiler iklime zarar vermeyecek seviyeye indirilebilmektedir. Su yönetim sistemleri, verimli yapı sistemleri, yenilebilir enerji sistemleri, verimli mekanik sistemler uygun malzeme seçimi ve çevre düzenlemesi (Künar, 2018) gibi kentsel sistemlere dahil edilen iklime uyumlu yapılaşma ile hem enerji verimliliği sağlanabilmekte hem de sera gazı salımlarının önüne geçilebilmektedir.

Bir kenti oluştururken gerek ulaşım elemanlarında gerek yapı inşasında açığa çıkan sera gazlarına bakıldığında şehir planlama disiplininin önemi anlaşılmaktadır. Bu disiplinin çevreye hassasiyeti ve karar alma süreçlerinde her türlü kentsel sistemde doğayla uyumlu çözümlere odaklanması gelecek nesiller için önem teşkil etmektedir. Zira sürdürülebilirlik kavramı, şu anda var olan insanlara kentin en küçük biriminde dahi iklim değişikliğine uyum çabalarını ve fikirlerini düşünme ve gelecek nesillere de bu düşünme biçimini aktarmakla anlaşılabılır.

### 1.1. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada amaç iklim değişikliğine karşı doğa tabanlı çözümlerin kentin en önemli kamusal mekânını oluşturan sokakların sürdürülebilirlik kriterlerine sağlayacağı katkıları irdelemektir. Sokak çalışılmasının birinci nedeni sokakların bir kentteki dolaşma, çalışma, yaşama, alışveriş yapma, oyun oynamayı içeren sosyal kurgunun temelini oluşturmasıdır (Penalosa, 2016). Bu temelin sürdürülebilir şekilde inşası çoğalarak afetlere karşı dirençsiz

alanlar dirençli alanlara dönüştürülebilir. Bunun için literatürde ulaşılan doğa tabanlı çözümler ile ilgili kaynaklar araştırılmış ve iklim değişikliğine uyum noktasındaki katkılarıyla birlikte sokak mekânında iklime uyum için yapılabilecekler odaklanılmıştır. Makale yöntemi, literatür araştırmasının ardından sürdürülebilir sokaklar için kriterleri içeren ve bu kriterlerin doğa tabanlı çözümlerle ilişkisini gösteren matris çalışmasına ve doğa tabanlı çözümleri kent mekânına uygulamada kentsel dönüşümün bir fırsat olduğu düşüncesinden hareketle halihazırda kentsel dönüşüm sürecinde olan Edirne Merkez’de alan üzerinde bir deneme yapılmasına dayanmaktadır. Bu deneme için Hollanda’nın doğa tabanlı çözümleri mekâna uygulamada etkili bir aracı olan Climate Proof City Toolbox ulusal uyum platformu interaktif haritası kullanılmıştır. Denemenin yapılmasında alan seçimi için halk diyalogları ve gözlemler etkili olmuştur. Bu deneme çalışması, doğa tabanlı çözümlerin belli bir hedef doğrultusunda ne gibi katkılar sunabileceği hakkında fikir edinmek için yapılmıştır. Makale akış diyagramı Şekil 1’de görülmektedir.

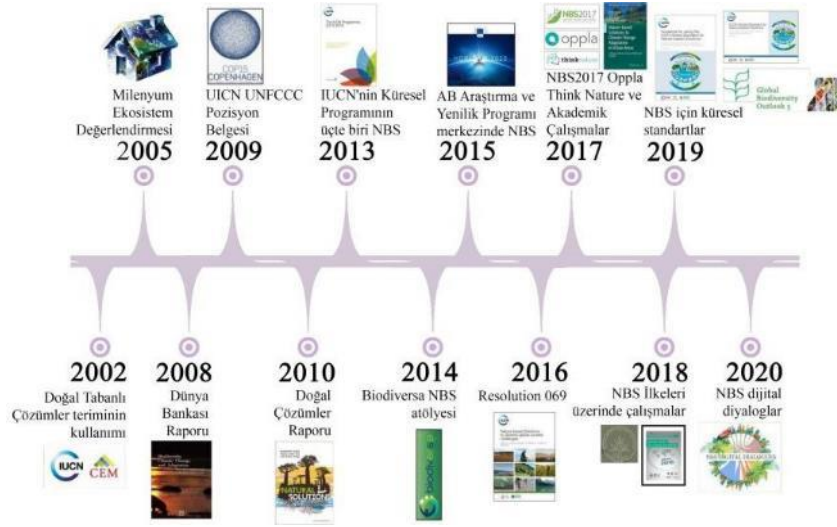


Şekil 1. Makale Akış Şeması

## 2. DOĞA TABANLI ÇÖZÜMLER

İnsan faaliyetleri, insan gelişimine dahi zararlı çevresel değişiklikler meydana getiren ve bazı durumlarda geri dönüşü olmayan durumlarla sonuçlanabilen bir noktaya gelmiştir (Steffen ve ark., 2015). Bu zararlı çevresel değişikliklerin yol açtığı sorunlardan bazıları; şehirlerde ekolojik çeşitliliğin son bulması, türlerin yok olması, geçirimsiz yüzeylerin artmasıyla sellerin oluşması, ısı adası etkisiyle kentlerin ısısının 8-10°C artması, bitki ve hayvan sayısında azalma, sıcak hava dalgalarının insan ölümlerine neden olması, enerji tüketiminin gölgesizlik nedeni ile artması, caddelerin kullanımının azalması, yürünebilir caddelerin yok olması, karbon yutak alanlarının yok olması, hava kalitesinin düşmesi ve havada toz partiküllerin sayısının artmasıyla hava kirliliği oluşması, şehirlerin akustik sağlığının yok olması ve gürültünün artması, yayalaşma, bisiklet gibi alternatif ulaşımın yapılamaması olarak sıralanabilmektedir (Doğru, 2022). Bu zorluklara yanıt vermek için mümkün olduğunca basit, tekrarlanabilir ve öngörülebilir olacak şekilde tasarlanan ve yönetilen stratejilere giderek daha fazla ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır (Hoffert ve ark., 2002). Doğa tabanlı çözümler bu noktadaki ihtiyacı giderebilecek iklime uyumlu çözümlerin bütünüdür.

Doğa tabanlı çözümler (Nature-Based Solutions - NBS), Uluslararası Doğayı Koruma Birliği (International Union for Conservation of Nature - IUCN) tarafından “toplumsal zorlukları etkin ve uyarlanabilir bir şekilde ele alan, aynı anda insan refahı sağlayan, doğal veya değiştirilmiş ekosistemleri korumaya, sürdürülebilir şekilde yönetmeye ve restore etmeye yönelik eylemler” olarak tanımlanır (Cohen-Shacham ve ark., 2016: 2). Bir başka tanımda doğa tabanlı çözümler, insan refahı ve biyoçeşitlilik yararları sağlarken, toplumsal zorlukları maliyet etkin bir şekilde iyileştirmeyi amaçlayan, doğadan ilham alan ve desteklenen müdahalelerdir (Debele ve ark., 2019). En geniş tanım olarak söylenebilir ki; Doğa tabanlı çözümler, doğa döngülerinden esinlenerek, doğal veya değiştirilmiş ekosistemleri ve biyoçeşitliliği korumak, sürdürülebilir bir şekilde yönetmek ve eski hâline getirmek için toplumsal zorluklara gerek sosyal gerek ekonomik açıdan fayda sağlayan ve bu zorluklara etkili bir şekilde hitap eden, eş zamanlı olarak da insan refahını sağlayan değiştirilebilir ve uyarlanabilir yenilikçi eylemlerdir. Son 10 yılda, doğal ekosistemlerin sera gazı kaynakları ve yutakları olarak önemini yansıtan, iklim değişikliğini hafifletmek için sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik küresel hedeflerin karşılanmasına yardımcı olma potansiyeline yönelik doğa tabanlı çözümlere artan bir ilgi olmuştur (Seddon ve ark., 2020). Artan ilginin sağlanmasındaki tarihsel sürece bakıldığında (Şekil 2) NBS konseptinin gelişimindeki büyük kilometre taşlarından bahsetmek mümkündür (Cohen-Shacham ve ark., 2016: 4).



**Şekil 2.** Doğa Temelli Çözümlerin Tarihsel Süreci (Cohen-Shacham ve ark., 2016 ile Cohen-Shacham, 2020 kaynaklarından yararlanılarak oluşturulmuştur.)

Doğa tabanlı çözümler genelde yeşil altyapı uygulamalarıyla birlikte anılır. Hedef ve amaçları bir olan yeşil altyapı sistemleri de iklim değişikliğine uyum ve dayanıklılıktan gelişmiş toplum sağlığı ve refahına kadar çok çeşitli kentsel çevre sorunlarının ele alınmasına değerli bir katkı sağlayabilmektedir (Barker ve ark., 2019). Doğa tabanlı çözümler ve yeşil altyapı sistemleri aynı anda birkaç fayda üretmeyi amaçlama özelliği ile sert ve gri altyapıdan ayrılmaktadır. Üretilen faydalar genellikle birbirleriyle bağlantılıdır. Örneğin doğa tabanlı çözümlerin hava kalitesini iyileştirmesi çevresel fayda, hava kalitesinin iyileşmesi hava kirliliğine bağlı hastalıkları azaltacağından sağlık faydası ve dolayısıyla sağlık hizmetlerinde tasarruf edilerek ekonomik fayda sağlanmış olur (Somarakis ve ark, 2019: 17). Doğa tabanlı çözümler ve yeşil altyapıyı tanımlarken insan yapımı ve doğal kavramlarının ayrımını belirlemek gerekmektedir. Elbette doğal ekosistemler özellikle ormanlar, turba bataklıkları ve okyanuslar karbon yutağı görevi görür, ancak insan yapımı doğa tabanlı çözümler için net CO2 dengesi üretim, kullanım ve yaşam sonu aşamalarına bağlıdır. İnsan yapımı NBS tarafından karbon tutulması hakkında umut verici tahminler olsa da net karbon dengesi kullanılan malzemelere ve yönetim tipine bağlıdır. Geleneksel malzemeler yerine geri dönüştürülmüş malzemeler ve fosil yakıtızsız yönetime yapılan vurgu doğal ortam ve insan yapımı arasındaki dengeyi iyileştirir (Somarakis ve ark, 2019: 18). İnsan yapımı doğa tabanlı çözümler ve yeşil altyapıların çeşitli faydaları; çeşitli doğal özellikleri ve süreçleri kaynak verimli ve sürdürülebilir bir şekilde dağıtması, yerel sistemlere çeşitli şekilde uyarlanırs kentsel, kırsal ve doğal ortamlarda doğanın rolünü yeniden tanımlayan mekânsal ölçekler ve sosyal, çevresel ve ekonomik zorluklarla karşı karşıya kalındığında birden fazla fayda sağlama ile sürdürülebilir kalkınmayı ve direnci desteklemesi olarak sıralanabilmektedir (Somarakis ve ark, 2019: 25). İklim değişikliğine uyum sağlama ve hafifletme için doğaya dayalı çözümlerin etkinliğine ilişkin faydaları detaylandırmak için Kabisch ve arkadaşlarının yapmış olduğu (2016) çalışma Şekil 3'te incelendiğinde bu konuda benzer ortak faydaların çoğaltılabileceği görülebilmektedir.



**Şekil 3.** İklim değişikliğine uyum sağlama ve hafifletme için doğa tabanlı çözümlerin etkinliğine ilişkin potansiyel göstergeler ve ilgili ortak faydalar (Kabisch ve ark., 2016 kaynağından yararlanılarak oluşturulmuştur.)



Doğa tabanlı çözümlerin bu çok işlevli fayda konsepti, Avrupa Komisyonu tarafından sürdürülebilirliği desteklemek için stratejik bir çerçeve olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, Avrupa Komisyonu'nun vizyonu, Avrupa Birliği'ni sürdürülebilir ve dirençli toplumlar için doğa tabanlı inovatif çözümlerde lider olarak konumlandırmaktır (Faivre ve ark., 2017). Komisyon'un Avrupa Birliği'ni doğa tabanlı çözümlerde dünya lideri yapmak ve doğa tabanlı çözümleri uluslararası ölçekte teşvik etmek için araştırma ve inovasyon yol haritası ortaya koymuştur. Bu yol haritası şunlara dayalıdır;

- Doğa tabanlı çözümler için kanıt ve bilgi tabanının oluşturulması,
- Doğa tabanlı çözüm projelerinin finansmanını geliştirmek üzere inovasyon ve ortak tasarım uygulanması,
- En iyi uygulamalardan oluşan bir havuz geliştirme, (Bunun için ThinkNature şablonu, NBS vaka çalışmalarının tasarımını ve faydalarını sistematik bir şekilde göstermek için tasarlanmıştır. Bu bilgiler Oppla'ye yüklenir ve ThinkNature platformu üzerinden de kullanılabilir.)
- Farkındalık ve katılım yoluyla bir NBS Yenilikçiler Topluluğu oluşturmak, (Örneğin ThinkNature platformu yenilikçi NBS'nin gelişimini ve ölçeğini daha da ilerletmek için NBS uygulayıcılarını ve kullanıcılarını organize eder.)
- İletişim ve NBS farkındalığı, NBS'yi AB ve uluslararası Ar-Ge gündeminde teşvik etmek (Somarakis ve ark, 2019: 31).

Avrupa Birliği'nin finansman programları ile ilgili olarak, Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilen H2020 (Horizon 2020), FP7 (7. Araştırma ve Teknolojik Geliştirme Çerçeve Programı, 2007-2013) ve diğer NBS projeleri, platformları ve ağları bulunmaktadır (Tablo 1). FP7 projeleri, NBS'yi pratikte kullanan yaklaşımları ve üretebilecekleri olumlu sonuçları göstermiştir. Horizon 2020, büyük ölçekli gösteri projelerinin Avrupa şehirlerinin karşılaştığı zorluklara yenilikçi çözümler araştırdığı 'NBS ile Akıllı ve Sürdürülebilir Şehirler' üzerine özel odak alanı da dahil olmak üzere yeni fırsatlar sunmaktadır (Faivre ve ark., 2017). Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilen tüm projelerin bir listesi ve açıklaması ThinkNature Platformunda bulunabilir. Araştırma ve İnovasyon eylemi kapsamında Avrupa Birliği tarafından finanse edilen projelerin kısa bir açıklaması aşağıdadır. Bu projeler, Avrupa Birliği kanıt tabanı için gerekli vaka çalışmalarını sağlamıştır ve sağlayacaktır (Somarakis ve ark, 2019: 32).

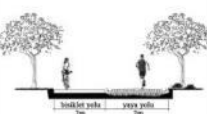





**Tablo 1.** NBS'nin tanıtımı için Avrupa Birliği girişimleri (Somarakis ve ark, 2019: 32)

ARAŞTIRMA VE İNOVASYON FAALİYETLERİ İLE ORTAKLIKLAR	NBS İLE İNOVASYONU DESTEKLEYEN DİYALOG PLATFORMLARI
Biodiversa ( <a href="http://www.biodiversa.org/">http://www.biodiversa.org/</a> )	ThinkNature ( <a href="https://www.think-nature.eu/">https://www.think-nature.eu/</a> )
CLEVER Cities ( <a href="http://clevercities.eu/">http://clevercities.eu/</a> )	Oppla ( <a href="https://www.oppla.eu/">https://www.oppla.eu/</a> )
Connecting Nature ( <a href="https://connectingnature.eu/">https://connectingnature.eu/</a> )	EU Smart Cities Information System (SCIS) ( <a href="https://www.smartcities-infosystem.eu/">https://www.smartcities-infosystem.eu/</a> )
EdiCitNET ( <a href="https://cordis.europa.eu/project/rcn/216082_de.html">https://cordis.europa.eu/project/rcn/216082_de.html</a> )	EU Climate Adaptation Platform CLIMATE-ADAPT ( <a href="https://climate-adapt.eea.europa.eu/">https://climate-adapt.eea.europa.eu/</a> )
Eklipse ( <a href="http://www.eklipse-mechanism.eu/">http://www.eklipse-mechanism.eu/</a> )	SUSTAINABLE CITIES PLATFORM ( <a href="http://www.sustainablecities.eu/">http://www.sustainablecities.eu/</a> )
GraBS ( <a href="http://www.ppgis.manchester.ac.uk/grabs/">http://www.ppgis.manchester.ac.uk/grabs/</a> )	
GREEN SURGE ( <a href="https://greensurge.eu/">https://greensurge.eu/</a> )	
Grow Green ( <a href="http://growgreenproject.eu/">http://growgreenproject.eu/</a> )	
Inspiration ( <a href="http://www.inspiration-h2020.eu/">http://www.inspiration-h2020.eu/</a> )	
Nature4Cities ( <a href="https://www.nature4cities.eu/">https://www.nature4cities.eu/</a> )	
Naturvation ( <a href="https://naturvation.eu/">https://naturvation.eu/</a> )	
NAIAD ( <a href="http://www.naiad2020.eu/">http://www.naiad2020.eu/</a> )	
OpeNESS ( <a href="http://www.openness-project.eu/">http://www.openness-project.eu/</a> )	
OPERAs ( <a href="http://operas-project.eu/">http://operas-project.eu/</a> )	
OPERANDUM ( <a href="https://www.operandum-project.eu/">https://www.operandum-project.eu/</a> )	
PHUSICOS ( <a href="https://phusicos.eu/">https://phusicos.eu/</a> )	
proGReg ( <a href="http://www.progireg.eu/">http://www.progireg.eu/</a> )	
RECONNECT ( <a href="https://reconnect-europe.eu/">https://reconnect-europe.eu/</a> )	
TURAS ( <a href="http://r1.zotoi.com/">http://r1.zotoi.com/</a> )	
Unalab ( <a href="https://www.unalab.eu/">https://www.unalab.eu/</a> )	
URBAN GreenUp ( <a href="http://www.urbangreenup.eu/">http://www.urbangreenup.eu/</a> )	
URBINAT ( <a href="http://urbinat.eu/">http://urbinat.eu/</a> )	
ReNAture ( <a href="http://renature-project.eu/">http://renature-project.eu/</a> )	

Doğa tabanlı çözümleri geliştirmek ve dünyada yayılmasını sağlamak için girişimler bunlarla sınırlı değildir. Avrupa'da iklim değişikliğiyle mücadelede veri paylaşımını güçlendirmeye çalışan pek çok platform doğa tabanlı çözümler alanında da aynı amacı taşımaktadır. Bunlardan önemlileri ve bazıları; Avrupa İklim Adaptasyon Platformu organizasyonluğunda kılavuz belge niteliği taşıyan ve iklim değişikliğine uyum stratejileri ve planları geliştirmelerinde yardımcı olmayı amaçlayan "Climate-Adapt", Climate Analytics, Ecofys ve NewClimate Institute isimli üç araştırma kuruluğu organizasyonluğunda, küresel ısınmayı 2°C altında tutma amacına yönelik iklim eylemini ve küresel çabaları izleyen bilimsel analiz sunan "Climate Action Tracker Data Portal", emisyonlardan kaçınmak ve doğa koruma ve iyileştirme için doğa tabanlı çözümlerle arazi yönetim eylemleri içeren ve bunlarla ilgili küresel bazda tahminler sunan "Natural Climate Solutions World Atlas", sel, fırtına ve benzeri birden fazla zorluğa hangi doğa tabanlı çözümleri kullanmanın mantıklı olabileceğini anlatmayı amaçlayan bir platform olan "Naturally Resilient Communities", Oxford Üniversitesi organizasyonluğunda, doğa tabanlı çözümlerin etkinliğine ilişkin bilimsel kanıtların özetlerini, politikadaki önemine genel bakışları ve örneğin doğal sermayenin değerine ilişkin yansımalarını karar vericiler için öneriler şeklinde sunan "Nature Based Solutions Policy Platform", yine Oxford Üniversitesi organizasyonluğunda bir bilgi platformu olan ve karbon emisyonlarını azaltmak ile toplumsal zorluklara karşı doğa tabanlı çözümler yaklaşımına odaklanan yayınları gösteren "NBS Bibliography"dir (Nations Development Programme, 2019).




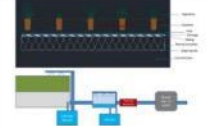






Bu platform ve ortaklıklardan doğa tabanlı çözümlerin neler olduğuna ve sağladığı yararları bakmak için, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak, hava kalitesini ve su yönetimini iyileştirmek ve yenilikçi doğa temelli çözümlerle şehirlerin sürdürülebilirliğini artırmak ile kentsel planların yenilenmesi için bir metodoloji geliştirmeyi, uygulamayı ve doğrulamayı amaçlayan ve Avrupa Birliği tarafından finanse edilen, Türkiye'den İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin de içinde bulunduğu bir proje olan Urban GreenUp projesine mercek tutmak gerekir. Bu projede iklim değişikliğini azaltma ve uyum, hava kalitesi, kıyı dayanıklılığı, yeşil alan yönetimi, katılımcı planlama ve yönetim, ekonomik fırsatlar ve yeşil işlerin potansiyeli, halk sağlığı ve refahı, sosyal adalet ve sosyal uyum, kentsel dönüşüm, su yönetimi kategorilerinde uygulanabilecek doğa tabanlı çözümler detaylarıyla Tablo 2.'de gösterilmiştir (GreenUp, 2018).

**Tablo 2.** Doğa Tabanlı Çözümler Kataloğu (GreenUp, 2018 kaynağından derlenmiştir.)

	NBS	TANIM	SAğLADIğI EKOSİSTEM HİZMETLERİ	TAHMİNİ BÜTÇE VE BAKIM	MÜDAHALE ÖLÇEĞİ
	Bisiklet ve Yaya Yeşil Yolu	Kentteki lineer yeşil yol gibi yeşil koridor çalışmalarının bir parçasıdır. Eğlence, halk sağlığı ve esenlik fırsatları ve ayrıca ulaşım bağlantıları sağlayan yollar ile karakterizedir. Bisikletlilerin ve yayaların doğaya bağlanması hizmet eder.	1) İnsan hastalıklarının düzenlenmesi 2) Sosyal ilişkiler 3) Rekreasyon ve ekoturizm	€40 /m <sup>2</sup> (Türkiye pazarından alınan fiyat) Bakım: Drenaj kanalları menfezleri, molozları ve yüzeyi temizlemek, yer yön işaretlerinin temizliği, ağaç onarımı, gerekiyorsa aydınlatma onarımı, mobilya ve yapıların bakımı	Şehir
	Gölge ağaçları Soğutma Ağaçları Kent ağaçlarının dikilmesi	Tek tek büyük sokak ağaçlarını ve ayrıca kentsel alanlardaki ormanlık alanların daha geniş alanlarını içerir. Kentsel alanlarda geniş gölge ve serinletici ağaçların stratejik olarak konumlandırılması, binalara gölge sağlayarak bina üzerindeki ısı yükünü azaltır ve kentsel alanlarda yüksek sıcaklıklardan korunma adaları sağlar. Yeni ormanlık alanlar yaratmak, NBSye zengin bir kaynak sağlar.	1) İklim düzenlemesi 2) Estetik değerler 3) Rekreasyon ve ekoturizm 4) Hava kalitesi 5) Tozlaşma 6) İlham ve yer duygusu 7) Kültürel miras 8) Su yönetimi ve Fırtınadan korunma 10) Sosyal ilişkiler	€2-12.000 / ağaç (İngiliz pazarından alınan fiyatlar) Fiyat boyuta, türe ve büyüme yöntemine bağlıdır. Bakım: Uygun denetim döngüsü 3-5 yıldır. Gerekiirse sulama, budama bakımı	Metropol Şehir Sokak Cade
	Kentsel Karbon Yutağı	Yeni bir yeşil koridor etrafında karbon tutulmasını en üst düzeye çıkarmak için ağaç dikmeyi kapsayan eylemdir. Gölge yüzeyinin artmasını sağlar. Bunun için Tilia cordata, Platanus orientalis ve Pistacia terebinthus gibi ağaçlar dikilir. Azot Dioksit (NO <sub>2</sub> ), Ozon (O <sub>3</sub> ), Küçük Dioksit (SO <sub>2</sub> ) ve PM10 paritükül maddelerinin uzaklaştırılmasıyla havanın arıtılması, kentsel karbon yutağının diğer etkilerinden biridir.	1) İklim düzenlemesi 2) Hava kalitesi 3) Estetik değerler 4) Rekreasyon ve ekoturizm 5) Su düzenlenmesi	125 - 650 € /ağaç (Türkiye pazarından alınan fiyatlar) Ağaç türüne (Tilia cordata, Platanus orientalis veya Pistacia terebinthus) bağlı olarak, boyut ve yaş fiyatı değişmektedir. Bakım: 4-5 yılda bir düzenli sulama ve budama ve gerekiirse aşılama.	Şehir
	SUDs Sürdürülebilir Drenaj Sistemleri	Kirliliği en aza indirirken ve yerel su kütlelerinin su kalitesi üzerindeki etkisini yönetirken, yüzey suyunu verimli ve sürdürülebilir bir şekilde tahliye etmek için tasarlanmış bir dizi yönetim uygulamaları, kontrol yapıları ve stratejileri olarak kabul edilir. Bitkiler, toprak sızması, göletler, barajlıklar, sulak alanlar, kaynaklar, akarsular tarafından suyun alınması gibi doğal süreçlerden ilham alır. Yağmur suyunu geride tutarak ve vavaşa salarak, içine aktırđı su yolunu veya kanalizasyon sistemini boğmadan, faşkını azaltmaya çalışır.	1) Bozulmayı düzenleme 2) Su düzenleme 3) Erozyon kontrolü ve tortu tutma 4) Atık arıtma 5) Kültürel katkı	Uygulanan nihai çözüme bağlı olarak bütçe (kontrol edilir). Kaynak: www.susdrain.org Bakım: Çoğu peyzaj bakım teknikleri kullanılarak yönetilebilir. Tamir edici bakım: giris/çıkış tamiri, erozyon onarımları, kenarların eski haline getirilmesi, silt birikiminin kaldırılması.	Metropol Şehir Sokak Cade
	Otlu Hendekler ve Su Tutma Havuzları	Hendekler, yüzey suyu akışını iletmek, işlenmek ve genellikle azaltmak için tasarlanmış sığ, düz tabanlı, buki örtüsüyle kaplı açık kanallardır. Tasarıma dahil edildiklerinde, doğal peyzajı iyileştirebilir ve estetik ve biyoçeşitlilik faydaları sağlayabilirler. Havuzlar, yağıs olayları sırasında yüzey akışını azaltmak için ek depolama kapasitesiyle tasarlanmıştır. Yağıs sırasında ek depolama kapasitesi sağlamak için kalite bir gölet alanından oluşurlar. Mevcut bir doğal çöküntü kullanılarak, yeni bir çöküntü kazılarak veya benler inşa edilerek oluşturulabilir.	1) Bozulmayı düzenleme 2) Su düzenleme 3) Erozyon kontrolü ve tortu tutma 4) Atık arıtma 5) Kültürel katkı	Sermaye ma. : €10-€60 /m <sup>3</sup> Bakım ma. : m <sup>2</sup> havuz başına 1-5€ Bakım: Düzenli bakım, çöp ve enkaz kaldırma Bitki bakımı: Giris/çıkış ma'yene ve bakım, yüklenme havuzundan tortu çıkarılması, tamir, devam eden denetimler ve izleme.	Metropol Şehir Sokak Cade
	Yağmur Bahçeleri	Su akışını toplamak, depolamak, filtrelemek ve arıtmak için tasarlanmış biyolojik olarak tutulan sığ bir havzadır. İşlevlerini optimize etmek için, gözenekli bir toprak karışımı, doğal bitki örtüsünü ve fitoremediasyon yapabilen bazı hiperakümülatör bitkileri içermelidir. Yağmur bahçelerindeki bitkiler, kuru ve ıslak koşullara ayak uydurmak zorundadır.	1) Bozulma düzenleme 2) Su düzenleme 3) Su temini 4) Erozyon kontrolü ve tortu tutma 5) Atık arıtma 6) Kültürel katkı	€40 /m <sup>2</sup> (Portekiz pazarından alınan fiyatlar) Fiyat toprak bileşimine, sulama sistemine ve türlere bağlıdır. Bakım: Uygun kontrol döngüsü 1-2 yıldır. Sulama, budama, maçlaşmanın değiştirilmesi ve sulama sisteminin varsa periyodik olarak gözden geçirilmesi yer alır.	Şehir Sokak Cade

	<b>Kentsel Havza Ormanlığı</b>	Şehirlerin drenaj düzenleri ve su toplama alanlarının ark. yol ve bina düzenine dayalı olduğu bir sistemde bu NBS, havzadaki suyun akışını yavaşlatmak için özel bir tasarımla kent ağaçları dikilerek bu kentsel havzaların yeniden doğal hale getirilmesine dayanmaktadır. İyi planlanmış havza ormancılığın etkisi, sel riskini azaltır ve kanalizasyon sistemine giren kirliliği su miktarını azaltır.	1) İklim düzenlemesi 2) Su düzenlemesi 3) Fırtınanın korunması 4) Estetik değerler 5) Yer duygusu 6) Rekreasyon ve ekoturizm	€100.000- 200.000 (İngiltere pazarından alınmıştır) Fiyat ağaçların boyutuna ve ağaç çıkuru tasarrımına bağlıdır. <b>Bakım:</b> Uygun drenaj döngüsü 3-5 yıldır. Sulama ve gereksiz budama yapılır.	Metropol Şehir Sokak Caddeler
	<b>Sert Drenaj-Sel Önleme Su yollarını Ortaya Çıkarma</b>	Gün ışığına çıkma fırsatları sağlamak için kentsel alanlardaki su yollarının menfezini kaldırmaya odaklanılır. Su yollarının kazılması ve su kanalının 'gün ışığına çıkarmak' için inşa edilmiş altyapının kaldırılması içerir. Su kütüphanelerini NBS kullanılarak yeniden doğallaştırmaya fırsatlar sağladığı için etkili sel riski yönetimini destekleyebilir. Gün ışığı aynı zamanda ekolojik ve habitat çeşitliliği de teşvik edebilir. Aynı zamanda, altyapı tesislerinin atık su atık su yönetimini ve arıtmalarını iyileştirme olanakları da vardır.	1) Fırtına koruması 2) Su düzenlemesi 3) Genetik kaynaklar 4) Erozyon kontrolü	Fiyat birçok faktöre bağlıdır. Böyle bir maddale tüm bu iş öğelerini içerir: toprak hareketleri, kanalizasyon sistemi, kamu aydınlatması, kaldırımlar, yol işaretleri, sokak mobilyaları, bahçe işleri, sulama sistemleri. Örnek: İspanya - Vitoria - Gasteiz İş yeşil halka, 585 metre: 3.792.185 74€	Bölge Metropol Şehir İlk etapta bir su yolunun ne kadarını yapay olduğuna bağlıdır.
	<b>Kanal Yeniden Doğallaştırma</b>	Kanallı mevcut beton nehir kıyılarının kaldırılması ve bunu modüler yeşil bir sistemle değiştirilmesini içerir. Toprak dolguyu stabilize eden 'Terramesh' isimli duvarlar ve bitki örtüsüyle yeşil yamaçlar oluşturur.	1) Su regülasyonu 2) Erozyon kontrolü 3) Estetik değerler 4) Rekreasyon ve ekoturizm	100 € / m <sup>2</sup> - 2520 m <sup>3</sup> (Türkiye pazarından alınan fiyatlar) <b>Bakım:</b> Yıllık bakım maliyeti, yaz aylarında budama ve mevcut bitki örtüsünün taşınması ve günlük sulamayı içerir.	Şehir
	<b>Su Basabilir Park</b>	Zeminde mevcut bir doğal çöküntü kullanılarak veya yeni bir tane yaratılarak kısa süreli geçici su depolanması için tasarlanmış bitkili bir alkyoma havuzundan oluşur. Su basabilir parklar kuru hava akış koşullarında sudan arındırılarak, yağışlı hava akış koşullarında aşırı yüzey akışı veya nehirlerden, derelerden, açık kanallardan gelen aşırı su akışıyla geçici olarak saklanabilir. Sel olayı sonra eridikten sonra, depolanan su, akış hızını kontrol etmek için bir çıkış kontrol yapısı kullanılarak yavaşça boşaltılabilir.	1) Taşkın koruması 2) Su regülasyonu 3) Hava kalitesi 4) Estetik ve rekreasyon değerleri	€15-25 /m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat tutma havuzunun derinliğine, alandaki mevcut jeolojije ve tasarlanacak olan su basabilir parkın boyutuna bağlıdır. <b>Bakım:</b> Parkta bulunan bitki örtüsünün gerekli jeolojije ve biçimliliği ile parkın periyodik temizlik işleri ve su akışının giriş ve çıkış kontrol yapılarının yapılması.	Bölge Metropol Şehir
	<b>Yeşil Filtre Alanı</b>	Yeşil filtre, suyun (atık su) arıtılması için bir arazi uygulama sistemidir. Arıtılacak giriş suyuna göre boyutlandırılır, ormanların kütüğü olduğu ve atık su ile sulanan bir arsa alanından oluşmaktadır. Atık su kısmen buharlaşır ve geri kalanı ağaçların kökleri tarafından alınır ve topraktan süzülür. Kaba katılar ve kumu gidermek için birinci arıtma sistemi kullanılır. Ancak bu sistemler basit bir arıtmadan daha fazlasını sağlar, çünkü su arıtılarak aynı zamanda ekonomik değeri yüksek biyokütle üretir.	1) Su düzenlemesi 2) Su temini 3) Erozyon kontrolü ve tortu tutma 4) Atık arıtma	100 € / PE (nüfus eşdeğeri) (Kaynak: IMDEA Water) <b>Bakım:</b> Bitki örtüsünün budaması ve bakımı ve sulama sisteminin periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Şehir
	<b>Doğal Atık Su Arıtma</b>	'Waterharmonica' konseptine uygun olarak inşa edilmiş sulak alanlar ve göletler gibi doğal arıtma sistemlerinin birleşimine dayanan atık su arıtma tesisidir. Akış seması, suyun daha sonra yeniden kullanımı için kum filtrasyonu ve klorlama (dezenfeksiyon) ile tamamlanabilir.	1) Su regülasyonu 2) Su temini 3) Erozyon kontrolü ve tortu tutma 4) Atık arıtma 5) Rekreasyon 6) Kültürel katkı	275 - 450 € / PE (nüfus eşdeğeri) Kaynak: Ortega ve ark., 2010) <b>Bakım:</b> Temizlik görevleri, atık yönetimi, bitkilerin budaması, insan işletmelerinin bakımı ve su kalitesi kontrolünü içerir. Hizmet edilen nüfusa bağlı olarak, maliyetinin 20-50€ /PE yıl arasında olduğu tahmin edilmektedir.	Şehir
	<b>Sert Drenaj Kaplamaları</b>	Sert drenaj kaplamaları, yapı ve geçirimsiz yüzeylerin ve geçiren malzemelerin birleşimidir. Fırtına suyunun yüzeyden geçmesine izin verir ve yönetilen su sistemlerine bırakılmadan önce tutulur. Geçiren bir zarla değil, sert (multiendit) ve ekolojik (NBS) bir yüzeyin bir kombinasyonu ile tasarlanmadıkları için sürdürülebilir kentsel drenaj (SUDs) veya gözenekli kaldırımlardan farklıdır.	1) Su yönetimi 2) Su arıtma ve atık arıtma 3) Erozyon kontrolü	15 - 20 € /m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat boyuta bağlıdır. Bütçeye malzeme ve yapı dahildir. <b>Bakım:</b> Yüzeyin düzenli olarak temizlenmesini içerir.	Şehir Sokak Caddeler
	<b>Yeşil Kaldırımlar Yeşil Park Kaldırımları</b>	NBS, gri kentsel kaldırım %50 bitkisel toprak ve yüksek drenaj kapasitesi ile değiştirilme hedefler. Bu tür kaldırımlar, akıllı toprak ve belirli sürenen, kısa büyüyen minimum bakım gerektiren çim türleri ile doldurularak, bisikletler, yayalar ve motorlu taşıtlar için uygun boşluklara sahiptir.	1) Su yönetimi 2) Su arıtma ve atık arıtma	€30-90 /m <sup>2</sup> (Fiyat oluşturuçudan İspanya pazarını hesaba katarak alınan fiyatlar) <b>Bakım ma.:</b> İlk 10 yılda 4,23 € <b>Bakım:</b> Yeri bitki örtüsünün seçilmesi durumunda, su bakımına gerek duyulmamalıdır.	Şehir
	<b>Bisiklet-Yaya Yeşil Kaldırımı</b>	Bu NBS, yaya ve bisiklet için filtre özelliklerine sahip özel bir yapıda yeşil kaldırımları içerir. Su akışını yönetilmesine izin verir. Bu tür kaldırımlar, birçok yayama bulundugu belirli kentsel bölümlerde çevrim hızını azaltmaya hizmet edecektir. Böylece, küçük taşkın birikim yüzeyleri önlenerek ve bu su diğer NBS'leri (denizleme alanları ve toplayıcı modülleri) sulamak için kullanılabilir. Kaldırımların bu bölümleri, yayaların varlığını mümkün olduğu yavaş hız bölgelerini gösterecektir. (caddede geçişleri, yaya durakları gibi)	1) Su yöneticiliği 2) Su arıtma ve atık arıtma 3) Rekreasyon ve ekoturizm	60-100€ /m <sup>2</sup> (İspanya piyasasını dikkate alarak fiyat oluşturuçudan alınan fiyatlar) <b>Bakım ma.:</b> İlk 10 yılda 4,23 € <b>Bakım:</b> Yeri bitki seçilmiş ise, su bakımına gerek duyulmamalıdır.	Şehir
	<b>Serin Kaldırım</b>	Serin kaldırımlar (yollar, platformlar, binaların etrafındaki kaldırımlar, park alanları vb.) veya beton ve asfaltla karşılaştırıldığında ismin emilimini ve tutulmasını azaltmak için daha ince kaplamalar, bir şehirde yüksek yansıtıcı veya geçiren kaplama malzemeleri ve kullanılan yerel soğutma stratejileri için önemlidir.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) Su düzenlemesi 4) Su arıtma ve atık arıtma	Geçiren çimento beton: 45 € /m <sup>2</sup> Beton kafes: 10 € /m <sup>2</sup> (Türkiye pazarından alınan fiyatlar) <b>Bakım:</b> Yansıtıcı artırmak için açık renkli kaplama uygulanması ile geçiren kaldırımlarda yetişen bitki örtüsü budama	Şehir Sokak Caddeler
	<b>Gelişmiş Besin Yönetimi ve Katı Salımı</b>	Biyokütlenin prolizi ile üretilen, gözenekli bir kömür malzemesi olan biyokömür kullanılmaktadır. Araştırmalar, toprağa eklenen biyokömürün toprak verimliliğini artırmaya ek olarak uzun vadeli istikrarlı karbon depolanması sağlayabileceğini öne sürüyor; gözenekli yapısı, kentsel yüzey suyu akışından kirlenmelerin emilimini ve bitki besin maddelerinin yavaş salınmasını sağlar. NBS'de artan bitki örtüsü büyümesi için toprak besinleri sağlamak bitki örtüsü ve topraklarda karbon tutulması sağlar.	1) Karbon saklama 2) Besin tutma ve salma 3) Su arıtma	1-17 € /kg <b>Bakım:</b> 3-50 € /m <sup>2</sup> yıllık (İngiltere pazarından alınan fiyatlar)	Sokak Caddeler
	<b>İklim Açısından Akıllı Kentsel Tarım Bölgesinde Akıllı Toprak Üretimi</b>	İklim-akıllı kentsel tarım bölgesinde, yoğun kentsel alanları hedefleyen akıllı toprak üretim alanı topraklı yoksullar ve kentsel alanların yakınında kalan alanlar bulunmaktadır. Bu tip topraklar farklı biyokömür türlerinin kombine veya bireysel uygulamalarına sahiptir. Bu NBS ile birim alan başına su ve karbon tasarrufu sağlanmakta ve iklim değişikliği nedeniyle tarımsal üretimin sürdürülebilirliği ortadan kaldırılmaktadır.	1) Karbon tutma 2) Su düzenlemesi 3) İklim düzenlemesi 4) Erozyon kontrolü	12-15 €/m <sup>2</sup> <b>Bakım:</b> Bakım maliyeti yok (Türkiye pazarından alınan fiyatlar)	Şehir Sokak Caddeler
	<b>Substrat Olarak Akıllı Toprak</b>	Tarımsal gıda camurundan ve biyokütleden farklı tipte akıllı topraklar elde edilebilir. NOx fiksasyonu ve kendi kendine gübreleme özellikleri, toprağın nitrojen döngüsünü hızlandırır, atmosferik kirlenmelerin emilimini artırır, kapsüllemiş bakterilerin eklenmesini sağlar. Bu yenilikçi topraklar birkaç NBS'de kullanılabilir. Teknolojik besin maddelerinin mevcudiyetini iyileştiren ve gereken sulama miktarını azaltan su tutma kapasitesini artıran büyük miktarda organik madde içerir.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) Su düzenlemesi 4) Erozyon kontrolü 5) Su arıtma ve atık tedavisi	50-80 € /m <sup>3</sup> Bakteriziz akıllı toprak (İspanya pazarındaki olası hammaddelerin maliyetine dayalı tahmini bütçe) Piyasada kapsüllemiş bakteriler içeren akıllı toprak yoktur, sadece deneysel düzeyde bulunur, bu nedenle yaklaşık bir fiyat verilemez. <b>Bakım:</b> Bakım gerektirmez, sadece gerektiğinde veya kullanım ömrü bittiğinde değiştirilir.	Şehir

	<b>Tozlayıcı Kenarlar ve Boşluklar</b>	Yeşil alanın yeni veya mevcut doğrusal özellikleri (kenarları) veya yamaları (boşlukları) kur çiçeği bakımından zengin bir otak tohumu ile ekilmiş karışım, toplayıcı böcekleri çekmek için nektar ve polen sağlar. Kentsel alanlarda tozlayıcı habitatlar sürdürülebilir ağlar oluşturmak için, hem yeni hem de mevcut, çiçekler açısından zengin yeşil alanların birbirine bağlaması sağlar. Bu aynı zamanda biyome sıklığının azaltılması gibi düşük maliyetli faaliyetleri içerebilir.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) Tozlaşma 4) İlham 5) Estetik değerler 6) Sosyal ilişkiler 7) Rekreasyon ve ekoturizm	3-10 €/m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat toprağın hazırlanmasını ve tohumların dağıtımını içerir. <b>Bakım:</b> Yabani otları ayıklanması, ekim (eğer yıllık ise), sulama ve muhtemelen biçme ve budama.	Şehir Sokak Caddeler
	<b>Tozlayıcı Dikey Duvarlar</b>	Bitkili 'yeşil' veya 'yaşayan' duvarlar, çiçek açan bitkileri destekler, bu da tozlayıcı böcek türlerini çekmek için nektar ve polen sağlar. Ya yeni bina tasarımına dahil edilmiş ya da yenilenmiş yeşil duvarlar, bitkilerin kök saldığı organik ya da inorganik büyüme ortamları içeren sıklıkla ya da modüler yapılar. Sistemin sürdürülebilmesi için su ve besin gereklidir. (bu, otomatik bir sulama sistemi kullanılarak sağlanabilir).	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) Tozlaşma 4) İlham 5) Estetik değerler	250 €/m <sup>2</sup> – 800 €/m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat bahçe büyüklüğüne bağlıdır. <b>Bakım:</b> Bitki örtüsünün budaması ve sulama sisteminin periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Bina
	<b>Tozlayıcı Yeşil Çatılar</b>	Ekolojik habitat parçalanmalarını telafi etmek ve biyolojik çeşitliliği (özellikle tozlaştırıcıları) çekmek için tasarlanmış yeşil bir çatıdır. İşlevlerini optimize etmek için, çeşitli mikro iklimleri, yerel çalılar, polen ve nektar bakımından zengin bitkileri, uzun otları, çayır, kayalar, dalları, kuş evlerini, arı yuva kutularını ve su kaynaklarını içerir.	1) İklim düzenlemesi 2) Bozulma düzenleme 3) Tozlaşma 4) Biyolojik kontrol 5) Sığınak 6) Genetik kaynaklar	60 - 90 €/m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat çatının boyutuna bağlıdır. <b>Bakım:</b> Türüne göre bitkinin budaması ve bakımı. Sulama yapılması durumunda, tesisatın periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Bina
	<b>Doğal Tozlayıcı Modülleri</b>	Doğal Tozlayıcı modülleri kentsel yeşil alanlarda su, çiçek ve böceklerin bulunduğu alanlardır. Çiçekler tozlaşan böcekleri çeker ve onlar için sürdürülebilir bir besin kaynağı sistemi ve güvenli bir yaşam alanı sağlar. Tozlaştırıcı böcekler hava kalitesinin göstergeleridir. Bu NBS'de anti-alerji bitki türlerini yerleştirmek için özel dikkat gösterilmelidir. Doğal tozlayıcı modüllerinin 10-40 m <sup>2</sup> tahmini bir yüzeyi vardır.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) Tozlaşma 4) Eğitsel değerler 5) Estetik değerler 6) Rekreasyon ve ekoturizm	€3400 /modül (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Şunları içerir: Verimli arazi, sulama, Bitkiler, Toprak kabı (isteğe bağlı). <b>Bakım:</b> Bitki örtüsünün budaması, Sulama yapılması durumunda, tesisatın periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Şehir
	<b>Sıkıştırılmış Tozlayıcı Modülleri</b>	Sıkıştırılmış polinatiför modülleri, geçirin içine kurulabilen, alanı bina ve diğer kentsel altyapılara yayılan, içinde su, çiçek ve böcekler bulunan kutulu alanlardır. Çiçekler, tozlaşan böcekleri kendine çeker ve onlar için sürdürülebilir bir besin kaynağı sistemi sağlar ve ayrıca beslenmeleri, dinlenmeleri ve gelişmeleri için güvenli bir yaşam alanı sağlar. Kentsel altyapıya göre konumlandırılır, trafik düzenleme aracı veya kentsel dekoratif unsur olarak da hizmet eder. Sıkıştırılmış tozlayıcı modüllerinin tahmini 5 - 10 m <sup>2</sup> yüzey alanı vardır.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) Tozlaşma 4) Eğitsel değerler 5) Estetik değerler 6) Rekreasyon ve ekoturizm	€2380 /modül (İspanya pazarı) Buna şunlar dahildir: verimli arazi, sulama, bitkiler, toprak kabı (isteğe bağlı). <b>Bakım:</b> Bitki örtüsünün budaması, Sulama yapılması durumunda, kuralımın periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Şehir
	<b>Yeşil Çitler</b>	Yeşil çitler, yeni dikey yeşil yüzeylerin gelişmesine ve dolayısıyla yaşam alanları yaratarak tozlayıcı türlerin yükselmesine izin veren yeşil öğeler olarak çalılarla kaplı alşıpattan yapılır. Yeşil güvenlik unsurları olarak hareket ederken, yaşam alanı olarak işlev göreceklerdir. Yükseklik ve konfigürasyonları, insanlar için görsel bir engel oluşturmayacak şekilde tasarlanmalıdır.	1) Hava kalitesi 2) Tozlaşma 3) Estetik değerler 4) Rekreasyon ve ekoturizm	25-30€/m <sup>2</sup> (Türkiye pazarından alınan fiyatlar) <b>Bakım:</b> Ağaç işleri için budama ve rötüs işleri vejetasyon, boyama ve vernikleme.	Sokak Caddeler Bina
	<b>Yeşil Gürtlü Bariyerleri</b>	Bu NBS, eğri şekli ve özel bitişleri nedeniyle trafik gürültüsünün olumsuz etkisini azaltan özel bir dikey bahçe türüdür. Kendinden destekli bir eğri yapıya sahiptir. Trafik tarafında, gürültünün yansımalarına izin vermek için metalik ve diğer tarafta bitkisel bir bitişe sahiptir. Bu NBS'lerin boyutu, korunması gereken binaların yüksekliğine bağlıdır.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) İnsan hastalıklarının düzenlenmesi 4) Tozlaşma 5) Estetik değerler	600 €/m <sup>2</sup> – 900 €/m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat bahçenin büyüklüğüne bağlıdır. <b>Bakım:</b> Bitki örtüsünün budaması ve bakımı ve sulama sisteminin periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Sokak Caddeler
	<b>Tırmanıcı Bitkiler ile Yeşil Cephe</b>	Yeşil cephe, tamamen veya kısmen yeşilliklerle kaplanmış bir duvardır. Toprakta veya kaplarda kök salmış bitkilerin asma larının tutmak için bir kafes sistemi kullanır. Yeşil cephe, kentsel çevreye ekonomik, çevresel, estetik ve fizyolojik faydalar sunar.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) Tozlaşma 4) İlham 5) Estetik değerler	150 - 200 €/m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat bahçenin büyüklüğüne bağlıdır. <b>Bakım:</b> Bitki örtüsünün budaması ve bakımı ve sulama sisteminin periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Bina
	<b>Hidroponik Yeşil Cephe</b>	Dikey cephe üzerine dikim yapılmasına imkan veren yapıdır bir sistemdir. Bu NBS, bir altyapı ve bir su geçirmez panel ile inşa edilmiştir. Alt yapı cepheye yapıştırılır. Bitkiler, panele yapıştırılmış lifli bir malzeme içinde büyür. Bu lifli malzeme her zaman ıslaktır, çünkü sulama sistemi onu ıslatır. Sulama sisteminin suyu bitkileri besler.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) Tozlaşma 4) İlham 5) Estetik değerler	€250 – 800/m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat bahçenin büyüklüğüne bağlıdır. <b>Bakım:</b> Bitki örtüsünün budaması ve bakımı ile sulama sisteminin periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Bina
	<b>Dikey Hareketli Bahçe</b>	Dikey bir yüzeyde ekim yapılmasına olanak sağlayan yapıdır bir sistemdir. Bu NBS kendi yapısına sahiptir, bu nedenle herhangi bir binaya yapıştırılmaz. Sistem su geçirmez bir panele ve bitkilerin yetiştiği bir lifli malzemeye sahiptir. Bu lifli malzeme her zaman ıslaktır çünkü sulama sistemi onu ıslatır. Sulama sisteminin suyu bitkileri besler.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) Tozlaşma 4) İlham 5) Estetik değerler	€550 /m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat bahçenin büyüklüğüne bağlıdır. Bu fiyat 4m <sup>2</sup> yüzey içindir. <b>Bakım:</b> Bitki örtüsünün budaması ve bakımı ve sulama sisteminin periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Sokak Caddeler
	<b>Yüzen Bahçeler</b>	Deniz-su tabanlı konumlarda barındırılan dubalar, yüzey platformlar veya mavnalar üzerinde bulunan yeşil alanlardır. Yüzen bahçeler, kendi kendine yeten ekolojik birimlerdir. Yüzen bahçeler, çeşitli deniz-kara türleri için yaşam alanları, kentsel tarım için fırsatlar ve iklim değişikliğinin azaltılmasını sağlar. Ayrıca, kentsel sınırlar boyunca (büyüklük) komum ve tür karışımına bağlı olarak habitatları birbirine bağlayan bağlantı özellikleri olarak da işlev görebilirler.	1) Hava kalitesi 2) Su arıtma ve atık arıtma 3) Tozlaşma 4) İlham 5) Estetik değerler 6) Rekreasyon ve ekoturizm	150 – 200 €/m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat, bio-roll ile yapılan yüzen bahçelere dayanmaktadır. <b>Bakım:</b> Yüzen bahçeler nispeten kendi kendine sürdürülebilir olmalıdır, ancak yabani otları ayıklanması, firmanın olaylarından sonra restorasyon ve besin akışı aşırı neden olayırsa su kirliliğinin ele alınması gerekebilir.	Sokak Caddeler
	<b>Yeşil Örtülü Barınaklar</b>	Bu NBS, belirli bir yeşil çatı türüdür. Bu yeşil altyapı, minimum bakımla eğri veya düz yüzeylerdeki belirli bitki örtüsünü entegre eder. Bu tip yeşil çatı çok hafif ve fazla ağırlık taşımayan yapılarda kullanılabilir. Küçük veya büyük kapsama altyapılara, otobüs durakları veya mevcut kaplama sığınakları gibi kurulabilir.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlemesi 3) Tozlaşma 4) İlham 5) Estetik değerler	60 – 100 €/m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Fiyat NBS'nin boyutuna bağlıdır. <b>Bakım:</b> Sulama yapılması durumunda sistemin periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Bina
	<b>Elektro Sulak Alan</b>	Organik maddenin ekoelektrojenik bakteriler (Biyoelektrokimyasal Sistem / BES) aracılığıyla oksidasyonundan elektrik üreten arıtma yatağı içine yerleştirilmiş iki elektrotlu doğal atıksu arıtma sistemidir. Düşük girişli sensörler, sulak alan tarafından üretilen elektrik ile çalıştırılabilir. BES'in sisteme entegrasyonu, su arıtmasının verimliliğinin artırılmasına da olanak tanır.	1) Su arıtma ve atık arıtma 2) İklim düzenlemesi 3) Bilgi sistemleri 4) Eğitim değerleri 5) Estetik değerler 6) Biyoelektrik üretim	150 €/m <sup>2</sup> (Corbella, (2017)) <b>Bakım:</b> Temizlik görevlerini, ank yönetimini, tesisleri budama, inşaat işleri iş bakımını ve su kalite/elektrik kontrolünü içerir. Hizmet verilen nüfusa bağlı olarak, maliyetinin 20-50 € /yıl arasında olduğu tahmin edilmektedir.	Şehir

	<b>Yeşil Çatı</b>	Katlarda yaşanabilirlik koşullarını koruyarak bitki örtüsünün büyümesini destekleyen, bir binanın dış üst kaplamasıdır. Çatı eğimi 0 ile 45° arasında olmalıdır. Yeşil çatılar köklerin nüfuz etmesine karşı dirençli bir su geçirmezliğe ve bitki örtüsünün doğru gelişmesine izin veren birkaç ek katmana sahiptir.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlenmesi 3) Tozlaşma 4) İlham 5) Estetik değerler 6) Sosyal ilişkiler 7) Rekreasyon ve ekoturizm	60 - 80 €/m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) <b>Bakım:</b> Türüne bağlı olarak bitki örtüsünün budaması ve bakımı. Sulama yapılması durumunda, tesisatın periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Bina
	<b>Yeşil Gölgeci Yapılar</b>	Yeşil gölgeci yapılar, iklim koşullarına özel olarak tasarlanmış bitki örtüsüne sahip tekstil yapılar kullanılarak otopark alanlarını veya sokakları kaplayabilir. Bu tekstil yapı cephele yapılandırılabilir veya sokaka eklenmiş metalik bir yapıya sahip olabilir. Bitkiler, tekstil yapılara yapıştırılan lifli bir malzemede büyür. Bu lifli malzeme her zaman ıslaktır çünkü sulama sistemi onu ıslatır.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlenmesi 3) Tozlaşma 4) İlham 5) Estetik değerler	€900 - 1000 /m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) <b>Bakım:</b> Sulama sisteminin periyodik olarak gözden geçirilmesi ve bazıları örtüse bitki türlerinin yeniden dikilmesi.	Sokak Cadde
	<b>Yeşil Filtre Alanı</b>	Yol kenarları, endüstriyel/ticari binalar ve kamusal alanlar arasında araziye komünal alanlar bulunan yeşil alanlar. Günlük üretim faaliyetlerinin perdelenmesini sağlar. Sesi filtrelemek için sokak ağaçlarını, çitleri ve dikey yükseltilmiş alanları kullanarak bir 'yeşil bariyer' seçimi alır. Bu yeşil bariyerle ayrıca araçlardan kaynaklanan kirli yağ ve filtreler. Endüstriye yönelik faaliyetlerden kaynaklanan kirlenmeleri engeller ve yağmur suyu yağış durdurma, tutma ve kontrollü salınmada faydalıdır.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlenmesi 3) İnsan hastalıklarının düzenlenmesi 4) Tozlaşma 5) Estetik değerler	2-4 €/m <sup>2</sup> filtre seridi alanı Yeraltı hizmet komplikasyonlarıyla ilgili sorunlar nedeniyle NBS'nin yerinin belirlenmesi maliyetli olabilir (Birişik Krallık pazarına dayalı Çevre Ajansı) <b>Bakım:</b> Biçme ve aşınmış veya hasarlı alanların onarımını içerir.	Sokak Cadde
	<b>Kentsel Bahçe Biyo-Filtresi</b>	Bu NBS, yeraltı havasından kirlenmeleri (NOx, PM, CO, benzen, toluen, vb.) yakalamak için filtre ortamı olarak özel bir substrat (kesitli ürünlerin karışımı) kullanır. Bu NBS, kirlenmelerin rizosferde (bitkilerin köklerini çevreleyen toprak alanı) mikrobiyal aktivite aracılığıyla degrade olduğu bir rizodegradasyon sürecini kullanır.	1) Hava kalitesi 2) İklim yönetmeliği 3) İnsan hastalıklarının yönetimi 4) Estetik değerler	€3000-3500 /m <sup>2</sup> Duruma göre ihtiyaç duyulan ekipman için minimum bir başlangıç maliyeti olacaktır. Yenilikçi prototipten alınan fiyatlar örnek (Grabgus projesi), sadece prototiptir ve ticari fiyat değildir.	Şehir Sokak Cadde
	<b>Parkletler</b>	Parklet veya cep parkı, insanlara mahallelerinde küçük ama önemli kamusal alanlar yaratmaları için fırsatlar sunar. Parkletler yürüyüş ve bisikletle binmeyi teşvik eder. Kaldırımın yanındaki sokağın bir kısmını insanlar için kamusal bir alana dönüştürür. Oturma, dikim, bisiklet park yeri ve sanat gibi olanaklar sağlar. Parkletler motorsuz ulaşımı teşvik eder.	1) Dış mekan rekreasyonu 2) Tozlaşma 3) Estetik değerler	160 €/m <sup>2</sup> (Fiyatlar ABD pazarından alınmıştır) Tüm maliyeti tasarım ve malzemelere bağlı olarak yaklaşık 5000 ila 15000 USD arasında değişebilir. <b>Bakım:</b> Park alanı ve yakın çevresinde süpürme ve durdurma için en az bir ay gereklidir. Günlük kullanım ve dış mekan koşullarına göre zaman zaman bazı tadilatlar gerektirebilir.	Sokak Cadde
	<b>Yeşil Dinlenme Alanları</b>	Yeşil dinlenme alanları, sosyal pasif rekreasyon (dinlenme, dinlenme, doğayı gözlemleme, sosyal temas) için projelendirilmiş yeşil alanlardır. Kamuya açık park ve sokaklarda oturma alanları olarak düşünülebilir. Yeşil dinlenme alanlarının geliştirilmesi, sağlık, doğa koruma ve mekansal planlama ile ilgili politikalarda merkezi bir rol oynamaktadır. Bu alanlar birçok çevresel (kirlilik kontrolü, biyolojik çeşitlilik) ekonomik (mülk değeri) ve psikolojik (trafik) faydalar sunar.	1) Hava kalitesi 2) İklim düzenlenmesi 3) Su düzenlenmesi 4) Erozyon kontrolü 5) Tozlaşma 6) Estetik değerler 7) Rekreasyon ve ekoturizm	40 €/m <sup>2</sup> - 60 €/m <sup>2</sup> (Portekiz pazarından alınan fiyatlar) Fiyat, tür, toprak bileşimi, sulama sisteminin varlığına ve inert elementlerin varlığına bağlıdır. <b>Bakım:</b> Uygun kontrol döngüsü 1-2 yıldır. Sulama, budama, malçalamanın değiştirilmesi ve sulama sisteminin (varsa) periyodik olarak gözden geçirilmesi.	Şehir Sokak Cadde
	<b>İklim-Akıllı Seralar</b>	Akıllı Sera, optimum bitki büyümesi için kendi kendini düzenleyen, mikro iklim kontrollü bir ortamdır. Yapı Planı seraların içinde bazı özel bölümler vardır; Bu kısımlarda iklim değişikliklerinin ve değişen iklim koşullarını altında yapılan sirkülasyon üretimin farklı yönleri gösterilir.	1) Karbon saklama 2) İklim düzenlenmesi 3) Su arıtma 4) İlham 5) Eğitsel değerler 6) Sosyal ilişkiler	€ 110-120/ m <sup>2</sup> (Fiyatlar Türkiye pazarından İzmir Büyükşehir Belediyesi tarafından alınmıştır) <b>Bakım:</b> Hava Arıtma ve Yönetim Ekipmanları	Sokak Cadde
	<b>Kentsel Meyve Bahçeleri</b>	Kentsel bahçeler, sebze veya meyve ve çiçeklerin organik olarak yetiştirilmesine ayrılmış arazi alanlarıdır. Tarımsal koşulları korumak için düzenli sulama ve düzenli müdahale gerekir. Bu organik yüzeyler kentsel alanlarda yer almaktadır. Kar amaçlı gülmeyen dernekler, mahalle dernekleri veya belediye meclisi olgularını yönetirler. Kentsel meyve bahçeleri, insanların ve ailelerin doğadan ve meyve bahçelerinden sağlıklı sebze ve kâr elde ettiği sosyal alanlar olarak kabul edilir.	1) Gıda ve lif 2) Su düzenlenmesi 3) Sosyal ilişkiler 4) Yer duygusu 5) Rekreasyon ve ekoturizm 6) Birincil üretim	İlk işletme maliyeti: 30.470 € (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Verimli arazi: 0,15 €/1 (10 m <sup>2</sup> = 1.500 €) Araçlar: 1- için 3 kişi 150 €, 8-10 kişi 400 € Çocuk alanları: tozlayıcı modüller, çöp kutuları, masalı ve banklı pergola. €3.000 Her meyve bahçesi için boru hattı : 500 € Damla sulama sistemi: 100 €/25 m <sup>2</sup>	Şehir
	<b>Topluluk Kompostlama</b>	Bu NBS, organik malzemenin oksijen varlığında mikroorganizmalar tarafından parçalandığı katı atıkları güvenli bir şekilde depolanabileceği, işlenebileceği ve uygulanabileceği bir noktaya işlenmesi için bir yöntemdir. Organik materyal topluluktan ve ticari faaliyetlerden sağlanır. (kentsel tahsisler, küçük ölçekli kentsel hayvancılık, vakıflardaki restoranlar, marketler, meyve dükkanları, vb. organik geri kazanım döngüsü). Aynı şekilde, bu NBS eğitici ve katılım amaçlıdır.	1) Bilgi sistemleri 2) Eğitimsel değerler 3) Sosyal ilişkiler 4) Toprak oluşumu 5) Besin döngüsü	€0 - 50 /m <sup>2</sup> (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Yerde yapılırsa 0 € ve bireysel yapının maliyeti çoğunlukla işgücüne yatırılacaktır. Başlangıçta en az 50 € ve iyi bir bakımla satın alınursa, başka bir maliyet gerekli olmaz. <b>Bakım:</b> Alanı düzenli olarak temizleme	Şehir
	<b>Küçük Ölçekli Kentsel Hayvancılık</b>	Şehirlerde yoğunlaşan küçük bir hayvancılık biçimidir. Kümes hayvanları, domuzlar, ve tavşanlar gibi küçük çiftlik hayvanları; ailelerin kullanması için et, süt ve yumurta sağlar. Hayvanlar bahçeleri istila edip zarar verdiklerinde kök, hastalık riski, su yollarının kirlenmesi veya konsular arasında kavgalar gibi sorunlar yaratabilirler. Ancak, aynı zamanda bir gelir kaynağı da olabilirler. Organik atık hacimlerini azaltılmasına yardımcı olabilir ve yalnızca bunlarla ilgili olanların açık olduğu sosyal ağların bir parçası olabilirler.	1) Gıda ve lif 2) Eğitimsel değerler 3) Sosyal ilişkiler 4) Birincil üretim	İlk işletme maliyeti: 500 € (İspanya pazarından alınan fiyatlar) Hayvan satın almayla ilgili maliyetler, yılda 50 € anlamına gelebilir. Tavuk evinin yapım maliyeti 400€ civarındadır (ahşap ve diğer malzemelerden yapılacaktır). Yem: Kümes hayvanları ve domuzlar için yaklaşık 1 €/kg yem ve/veya ev organik atığı	Şehir

GreenUp Projesi, doğa tabanlı çözümlerin ne olduğunu, nasıl uygulanabileceğini, uygulama kolaylığını ve zorluğunu ve parasal durumlarını gösteren oldukça geniş çaplı bir araştırmanın ürünüdür. Aynı zamanda uygulama ölçeği hakkında fikir vererek hangi alanda hangi doğa tabanlı çözümlerin verimli olabileceğini göstermektedir. Görülmektedir ki, doğa tabanlı çözümler, temel sağlık hizmetlerindeki maliyetleri azaltmak, kişisel ve toplumsal refahtaki iyileştirmeleri ve bina yönetim sistemleriyle ilişkili enerji tasarruflarını arttırmak için şehirlerde doğanın kullanımını iyileştirmekte bir kaldıraç olarak kullanılabilir. NBS'nin daha düşük uygulama ve bakım maliyeti, onları geleneksel gri altyapı yatırım biçimlerine kıyasla tercih edilebilir hale getirebilecektir (Van Wesenbeeck ve ark., 2014). NBS'nin pratikte kullanımını ana akım haline getirmek için, akademik tartışmadan, karar vericiler ve siyasi liderlerden daha geniş destek üretmek için şehir plancıları tarafından teşvik ve kabule geçilmesi gerekir. Bu da NBS'nin ekonomik uygulanabilirliği, toplum için değeri ve 21. yüzyılın temel kentsel sorunlarının ele alınmasında oynayabilecekleri rolle ilgili sağlam argümanların dahil edilmesine yönelik önerileri içerir. Bu argümanlar, iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, su yönetimi ve insan sağlığı, refahı ve benzeridir (Nesshöver ve ark., 2016). Bu argümanlar McCarney ve arkadaşlarının (2016) çalışmasını hatırlatmaktadır. Çalışmada bahsedilen sera gazı kaynakları bu argümanlarla, yani iklim değişikliği, biyolojik çeşitlilik kaybı, su yönetimi, enerji yönetimi, ulaşım yönetimi, atık yönetimi ve insan sağlığı ve refahı ile bağlantılıdır. Dolayısıyla

iklim değişikliğine karşı doğa tabanlı çözümleri mekâna adapte etmekte ve ana akımlaştırmada doğa tabanlı çözümlerin sera gazı kaynaklarına ve verdiği etkilere tepkilerinin argümanlaştırılması yolu kullanılabilir. Şehir plancıları tarafından NBS'nin teşvik ve kabulüne sera gazı emisyonu azaltım faaliyetlerine odaklanıp çözümler geliştirmekle başlanmalıdır. Bu noktada yine argümanların “sürdürülebilir bir mekân için gerekli olanlar” şeklinde betimlenmesi doğru olacaktır. Zira bir mekânın ne kadar çok insan sağlığı ve refahı kavramları ile ilgili olumlu geri dönüşleri varsa o kadar iklime uyumlu ve sürdürülebilir olacaktır. Üçüncü başlıkta NBS'nin, bir ulaşım alanı ve kamusal mekân olan sokak alanında gösterebileceği katkıların irdelenmesi işte bu açıdan ele alınmıştır.

### 3. SÜRDÜRÜLEBİLİR SOKAK PLANLAMASI

Özellikle 20.yy'dan itibaren yaşanan nüfus artışı, kentleşme gibi bir dizi nedenden ötürü ihtiyaçların yalnızca çeşitlenmekle kalmayıp aynı zamanda giderek arttığı; buna karşın kaynakların giderek azalmaya başladığı, kirlendiği ve hatta yok olduğu günümüz dünyasında en çok telaffuz edilen kavramlardan biri “sürdürülebilirlik”tir (Şen ve ark., 2018: 3). Sürdürülebilirlik kavramı ilk kez, 1980 yılında Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN) tarafından kullanılmış, 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nca (WCED) hazırlanan “Brundtland Raporu (Ortak Geleceğimiz Raporu)” ile de popülerlik kazanmıştır (Özçağ ve Hotunluoğlu, 2015: 307). Brundtland Raporu'nun yayımlanmasından sonra gelişen bir kavram da sürdürülebilir kalkınma kavramıdır ve bu kavramın şu üç konu üzerine inşa edildiğini söylemek mümkündür: birincisi sürdürülebilirlik, mutlaka ekonomik açıdan gerçekleştirilebilir olmalı ve bunun için de kaynakların uzun dönemde verimli kullanımına odaklanılmalıdır, ikincisi sürdürülebilirlik, insan eylem ve faaliyetlerinde çevreyi mutlaka koruma odaklı olmalıdır, üçüncüsü sürdürülebilirlik ile bireyler ve toplumlara, özellikle global yoksulluğun ortadan kaldırılmasında hem adil hem de eşit davranılmalı ve yoksul ülkelerin çevresel açıdan sömürülmesinin önüne geçilmelidir (Şen ve ark., 2018: 4). Üç konudan ikincisi gerçekleştirilmediğinde görülen sorunların, birinci ve üçüncü konuyu da tetiklediği sonucuna varılabilir. Doğal kaynakların azalması, kirlenmesi, nüfus artışıyla gelen yanlış kentleşme pratikleri gibi sorunların tarihte görülmemiş bir hızla biyolojik çeşitliliği ve doğal kaynakları tahrip etmesinin sebebi küreselleşme, insan faaliyetleri ve politikalarıdır. Bu bağlamda kentlerde yaşanan sorunlara çözüm bulmak ve kentlerin sürdürülebilirliğini sağlamak adına çevreyi korumayı amaçlayan, ekonomik ve toplumsal kalkınmayı destekleyen, ekolojik odaklı “sürdürülebilir gelişme” kavramı ortaya çıkmıştır (Özcan, 2007, s. 691). Tarihte yapılan her sürdürülebilir gelişme, sürdürülebilir kentleşme politikası, 1972 yılında yapılan Birleşmiş Milletler İnsani Çevre Konferansı (Stockholm Deklarasyonu)'ndan 2016 yılında yapılan Paris Anlaşması'na kadar tüm çalışmalar ve kaygılar, kentsel planlama süreci için ekolojik önceliklerin geliştirilmesine yol açarak bu bağlamda yeni çerçevelerin üretilmesini bir zorunluluk haline getirmiştir (Dizdaroğlu ve ark., 2009: 1). Ekolojik önceliklerin geliştirilmesi hususunda son zamanlarda artan iklime uyumlu, çevreye duyarlı mekânlar düşünme ve tasarlama yaklaşımları, sürdürülebilir mekân kavramına ışık tutmaktadır.

Sürdürülebilir sokak tanımını yapmadan önce sokağın tanımını anlamak önemlidir. Ulusal Şehir Ulaştırma Yetkilileri Birliği (NACTO) ve Küresel Tasarım Şehirleri Girişimi (GDCl) çalışmasında sokaklar, insanların bir kenti deneyimlemesini sağlayan en temel kentsel mekân birimi olarak tanımlanmaktadır. Genellikle, bir yerden başka bir yere giden taşıtların üzerinde seyrettiği iki boyutlu yüzey olarak yanlış algılandığı ve aslında sokakların, çok sayıda yüzey ve yapıdan oluşan çok boyutlu mekânlar olduğu, hareket ve erişim için bir mekân sunmanın yanı sıra çok çeşitli kullanım ve aktiviteyi kolaylaştırdığı üzerinde durulmuştur. Yapılan bir diğer tanım şudur: “Sokaklar, zaman içinde çevresel sürdürülebilirliği, kamu sağlığını, ekonomik aktiviteleri ve kültürel değerleri destekleyecek şekilde uyarlanan dinamik mekânlardır”. Bu tanımdan çevresel sürdürülebilirlikle sokak mekânının bütünsellik içinde düşünülmesi gerektiğini anlamak mümkündür. Zira aynı çalışmada çevresel sürdürülebilirlik kavramı, iyi tasarlanmış bir sokağın başarı ölçütü olarak adlandırılmıştır. Sokak çalışmalarının iklimle ilgili zorluklar karşısında bir kentin dirençliliğini artıran yerel eylemler için fırsat oluşturduğundan, iyi tasarlanmış sokaklar yoluyla sürdürülebilir ulaşımın desteklenmesi, karbon emisyonlarının düşmesini ve genel hava kalitesinin yükselmesini sağlayabileceğinden, ağaçlara ve peyzaj uygulamalarına yer verilmesinin su yönetimini iyileştirebileceğinden ve biyolojik çeşitliliği geliştirebileceğinden ve doğal çevreye erişimi artırayabileceğinden bahsedilmiştir ( NACTO & GDCl, 2016).

Newman ve Kenworthy (1999), şehirlerde sürdürülebilirliği, “şehrin doğal kaynak kullanımını ve atık üretimini azaltırken, aynı zamanda yaşanabilirliğini iyileştirmesi ve böylece kapasitelerine daha iyi uyum sağlaması olarak nitelendirmiştir. Onlara göre, şehrin sürdürülebilirliği sadece metabolik akışları (kaynak girdileri ve atık çıktıları) azaltmakla ilgili değil, aynı zamanda insan yaşanabilirliğini, sosyal rahatlığı, sağlık ve esenliği artırmakla ilgili olmalıdır. Bu perspektifte, “otomobil bağımlılığının üstesinden gelme ve sürdürülebilir bir şehirde sürdürülebilir ulaşım doğru ilerlemek için temel teknikler kaliteli toplu taşıma, bisiklete binme ve yürümedir. Greenberg'e (2008) göre, sürdürülebilir sokaklar en az kirlenen seyahat modlarının artan kullanımını ve motorlu taşıt kilometrelerinin azaltılmasını teşvik eder ve sosyal sağlığına hitap eder. Ulaşım ve iklim değişikliği konularını gözden geçiren Chapman (2007) yürüme ve bisiklete binmenin “kişisel ulaşım için nihai 'sıfır karbon' ve çevre

dostu çözüm” olduğunu iddia etmektedir. Bu nedenle, bu iki modun sürdürülebilir sokaklara dahil edilmesi gerekli olduğu söylenilebilir (Newman ve Kenworthy (1999), Greenberg'e (2008) ve Chapman'den (2007) aktaran Kott, (2011)).

Sürdürülebilir sokak kriterleri ile ilgili kapsamlı bir çalışma sunan Bevan ve arkadaşları (2007), sürdürülebilir kentsel sokak seçeneklerini değerlendirmek için geniş çaplı bir çalışma olan CH2MHILL sürdürülebilir sokak kriterleri üzerinde durmuşlardır. Günümüzde çoğu sokak mevcut kentsel pratiklere göre inşa edildiğinden sürdürülebilir olma yolunda tasarlanabileceği ve bunun gerekliliğini anlatmak istemişlerdir. Çalışmada değinilen en önemli nokta hassas çevresel kaynak alanlarını yok etmenin veya yeni yollar inşa etmek için doğal alanları ortadan kaldırmanın, tasarımdan bağımsız olarak sürdürülebilir bir uygulama olmadığını altının çizilmesidir. Kümülatif olarak beş geniş hedefe uyan toplam 161 seçenek ile sürdürülebilir sokak kriterleri incelenmiştir. Beş geniş hedef enerji tüketimini azaltmak, malzeme kaynaklarının tüketimini azaltmak, çevre kaynakları üzerindeki etkileri azaltmak, sağlıklı kentsel çevreyi desteklemek, uygulamalar sırasında sürdürülebilirliği desteklemektir.

ARUP çalışması olan Sürdürülebilir Şehirler için Kopenhag Çözümleri (City of Copenhagen, 2014) raporunda, Kopenhag şehrinde uygulanan kentsel çözümlerle çevresel sosyal ve ekonomik kazanımlar açıklanmıştır. Sürdürülebilirlik yolundaki kentsel çözümler olarak bisiklet ulaşımı, entegre ulaşım sistemi, atıkların geri dönüşümü, su kaynaklarının daha iyi yönetilmesi, mavi dönüşüm, rüzgar enerjisi, bölgesel ısıtma ve soğutma, sürdürülebilir binalar ve stratejik şehir planlaması başlıklarına yer verilmiştir. Bu sürdürülebilir çözümlerin Karbon azaltma hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlaması, daha fazla ve çeşitli flora ve faunanın yetişmesi, sera gazı emisyonlarının azalması, çevresel etkilerin azaltılması ve iklim dostu girişimlere ilham vermesi gibi yararları olduğu sonucuna varılmıştır.

Arkun (2020) çalışmasında sürdürülebilir kentsel tasarım ile ilgili uluslararası kuruluşların ve örgütlerin, Avrupa'daki, ABD'deki ve İngiltere'deki kuruluşların yaklaşımları ve uygulamalarından yola çıkarak sürdürülebilir kentsel tasarımda bir değerlendirme sistemi geliştirmiştir. Sürdürülebilir kentsel tasarımın bir hedefinin, doğal kaynakların ve değerlerin korunarak geçmişten geleceğe taşınmasını sağlamak olduğundan bu noktada tasarımın sürdürülebilirlik bağlamına ilişkin önerilen değerlendirme sistemi için; tasarımın çevresindeki doğayı tahrip edecek müdahalelerden kaçınmak, insan ve çevresel sağlığı tehdit edecek geri dönüşü olmayan müdahaleleri engellemek için önlemler almak, yerel, bölgesel ve küresel ölçekte çevresel, ekonomik, sosyal ve kültürel durumlara uygun hassas tasarımlar yapmak ve uygulamak, koruma ve yeniden canlandırma için karar verme hiyerarşisini sağlamak, ekosistem içindeki ilişkileri anlayıp değer vermek gibi ilkeler belirlemiştir. Çalışmasının sonucunda ortaya koyduğu mahalle ölçeğinde sürdürülebilirliği değerlendirme sisteminin 10 ana göstergesi vardır. Bunlar; sosyal göstergeler, ekonomik göstergeler, ulaşım, kirlilik, enerji, atık ve kaynaklar, yapılar, arazi, açık alanlar ve peyzaj tasarımı ve inovasyon ve yaratıcılıktır.

Sürdürülebilir sokak konusuyla ilgili olarak diğer değinilmesi gerekenler, doğa tabanlı çözümlerin kapsadığı yeşil altyapının bir ögesi olan yeşil sokaklardır. Kentsel alanların geçirimsiz yüzeylerle kaplı olması mekânla ilgilenen disiplinleri yeni arayışlara yöneltmiştir. Disiplinler, yolların belki de en büyük kentsel kirlilik kaynağı olduğu ve aynı zamanda yeşil altyapı kullanımı için en büyük fırsatlardan birini sunduğu üzerinde durmuşlardır. Etkili bir yol drenajı nasıl sağlanmalıdır sorularından yola çıkılarak geliştirilen yeşil sokak yaklaşımları, sürdürülebilir tasarım açısından çevresel etkileri ve sera gazı salımlarını azaltmayı hedefler. Literatürde farklı farklı tanımları olsa da genel anlamda yeşil tekniklerle bütünleştirilmiş kentsel ulaşım yollarına “yeşil sokaklar” denir ve kaynağına yakın yağmur suyunun azaltılması ve artırılması ilkesiyle ortaya çıkmıştır. Bahsedilen yeşil tekniklerden bazıları kentsel ağaç, gölgelikler, yeşil çatı ve cephelerdir. Doğa tabanlı çözümlerin çoğunu içeren ve yeşil tekniklerle tasarlanmış yeşil sokaklar, doğal süreçleri kullanan yağmur suyu arıtma tekniklerinin ve çevre düzenlemesinin entegrasyonu sayesinde, daha iyi su kalitesi ve daha yaşanabilir toplumlar gibi birçok fayda sağlar (Lukes ve Kloss, 2008: 2). Im (2019) çalışmasında yeşil sokakları daha iyi yaşam kalitesi için birden fazla fayda sağlayan bitkiler ve topraklarla yağmur suyunu arıtan etkili ve uygun fiyatlı bir araç olarak tanımlamıştır. Yeşil sokakların yağmur suyu arıtma tesislerini içermesi ve daha geniş geçirgen peyzaj alanlarını birleştirerek yaya güvenliğini sağlaması ile çevrenin estetik niteliklerinin teşvik edilmesi gibi birden fazla faydası sebebiyle geleneksel sokaklardan farklı olduğu üzerinde durmuştur. Yeşil sokağın faydalarını liste şeklinde, yukarıda incelenen sürdürülebilirlik çalışmalarında olduğu gibi hazırlamıştır. Listede, yağmur suyu kalitesini iyileştirme ve yeraltı suyu besleme gibi maddeleri içeren yağmur suyu yönetimi; doğal alanların bakım ve restorasyonu, malzeme geri dönüşümü ve kentsel ısı azaltma gibi maddeleri içeren çevre koruma ve iyileştirme; yaşanabilir ve canlı bir toplumun teşviği ile açık alan geliştirme ve genişletme gibi maddeleri içeren sosyal gelişim; trafik sakinleştirilmesi, yaya deneyiminin ve güvenliğinin geliştirilmesi ve uygulanabilir farklı bitki ve toprak kombinasyonlarına sahip sokak maddelerini içeren ulaşımın iyileştirilmesi; yağmur suyu yönetimi için uygun maliyetli çözüm ve ekonomik kalkınmanın iyileştirilmesi maddelerini içeren ekonomik verimlilik temaları bulunmaktadır. Lipiec (20020) çalışmasında doğa tabanlı çözümleri destekleyen Ulusal Okyanus ve Atmosfer





#### 4. İKLİM KORUMALI ŞEHİR ARACI (CLIMATE PROOF CITY TOOLBOX) İLE BİR DENEME

Mevcut planlama pratiklerinden farklı olarak çözümler kapsamında minimum ölçek ve maliyette maksimum fayda sağlayan bilgilerin kente entegre edilmesi noktasında işe sürdürülebilir bir sokak tasarlamaktan başlamak elverişlidir ve bu noktada ülkelerin, iklime dirençli kentler üretebilmeleri konusunda doğa tabanlı çözümler sunan ulusal uyum platformları bulunmaktadır. Bu platformlar iklim değişikliğine uyum politikaları ile her ölçekteki kentsel tasarım hususunda karar vericilere gerekli desteği sunmak, bilginin üretilmesi ve yayılması sağlamak adına oldukça efektiftir.

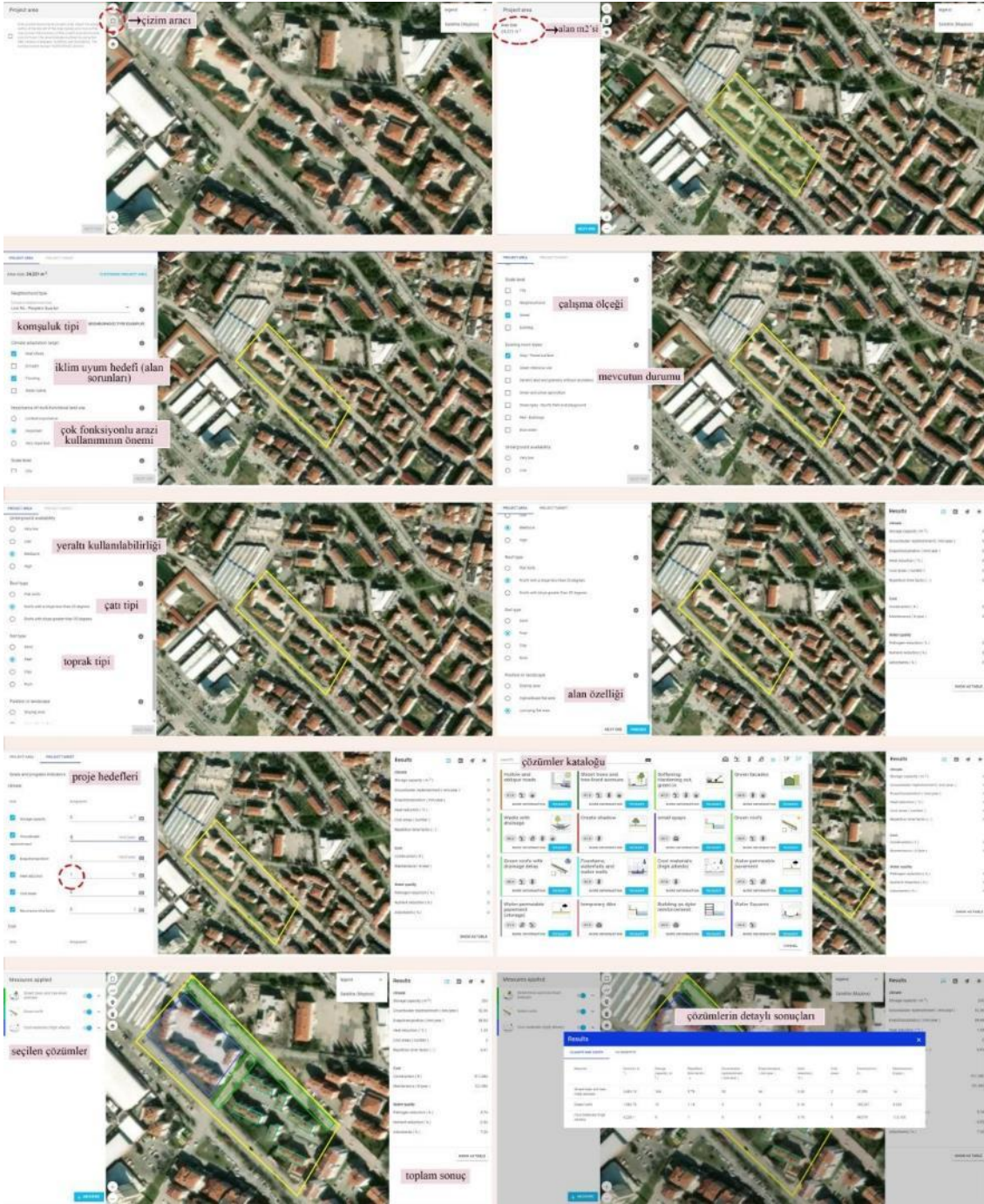
Ulusal uyum platformları iklim değişikliğine uyum politikası ve uygulamasında ilerlemeyi kolaylaştırmak, doğru kapsamlı ve ilgili bilgilerin üretilmesini, aynı zamanda bunlara kolay, zamanında ve uygun maliyetli erişimin sağlanması için tasarlanan web tabanlı platformlar yönetimlerin ve kullanıcı gruplarının daha bilinçli karar vermelerine olanak sağlar. Son on yılda ulusal uyum platformlarının sayısı özellikle geniş kullanıcı gruplarına hitap etmesi sebebiyle de artmıştır (Karali ve Mattern, 2017).

İklim değişikliğine ulusal düzeyde uyum ve adaptasyon çalışmaları toplumsal ve kurumsal tepkinin temel odağı hâline gelmiştir. Son yıllarda yapılan iklim konferansları, örneğin Paris Anlaşması'yla da pekiştirilen tepkiler, dünyada doğru ve hızlı erişilebilir bilgi ihtiyacını sürekli gündemde tutmuştur. Bu sebeple ulusal düzeyde iklim değişikliğine uyum sürekli gelişen ve olgunlaşan bir politika alanı olarak görülmektedir. İklim değişikliğine uyumda ulusal uyum platformları kentsel politikaları şekillendirirken, aynı zamanda iklim konusunda farkındalığı da arttırmaktadır. Platformlarla şehrin kırılabilirliğini değerlendirebilmek için birçok ölçüt girdisi, şehir planlama alanında tasarım açığını da kapatmayı hedeflemektedir. Şehir planlama disiplini risklere karşı uyum, yapısal önlemlerin oluşturulmasını gerektirir. Bu tür önlemler ile fiziksel veya teknolojik müdahaleler, inşa edilmiş yer gerektiren ve dolayısıyla mekânsal planlama ve tasarıma konu olan tesislerdir. Platformlar da mekânsal bir uyum planına karar veren bir planlama sürecine dahil edildiğinde yapısal uyum önlemlerinin doğru tasarımına odaklanmayı kolaylaştırır (Van de Ven ve ark., 2016).

İklim Korumalı Şehir Aracı, Hollanda'nın 2050 yılına kadar iklime karşı mümkün olduğunca dayanıklı olması için strateji ve bilgiler ortaya koyan "Kennisportaal Klimaatadaptatie" isimli web tabanlı bir platformun doğa tabanlı çözümleri içerebilen bir çalışmadır. İklim Korumalı Şehir Aracı'nın geliştirilmesi, Ulusal Bilgi ve Yenilik Programı Su ve İklim (National Knowledge and Innovation Program Water and Climate) Araştırma Programı içinde yer almıştır. Sunduğu uyum eylemlerinin çoğunun amacı hem sürdürülebilir tasarımın hem de yeşil altyapı ile doğa tabanlı çözümlerin içeriğiyle aynıdır. Bu araç karar vericilere bir bölgenin iklim değişikliğinin sel, kuraklık, aşırı hava olayları ve ısı adaları gibi olumsuz etkilerine karşı hangi uyum eyleminin daha etkin olacağı konusunda rehberlik etmesi amacı ile tasarlanmıştır. Öncelikle bir proje oluşturulur, çalışmak istenilen alan interaktif harita üzerinden çizilerek seçilir. Daha sonra alan özellikleri girilerek ulaşmak istenilen hedefler belirlenir (Van de Ven ve ark., 2020).

Çalışma alanı olarak halihazırda kentsel dönüşüm sürecinde bulunan Edirne Merkez 1. Murat mahallesindeki, sırasıyla Çetin Emeç Caddesi, 17. Sokak, Haşim İşcan Caddesi ve 9. Sokak ile çevrili 24.221 m2 halk mahallesi seçilmiştir. Kentsel dönüşüm alanı çalışılmasıyla anlatılmak istenen, dönüşümün niçin bir fırsat olduğu sorusuna odaklanma düşüncesidir. Kentsel dönüşüm uygulamalarını iklim değişikliği ile mücadelede bir fırsata dönüştürebilecek yasal, yönetsel, idari ve finansal araçların harekete geçirilmesi, kentlerde uyum çözümlerinin başlıca unsurlarından bir tanesidir. Bu noktada doğa tabanlı çözümlerin kentlerde ekonomik büyümeyi ve istikrarı desteklemesi, kentlerin işlevlerini yitirmiş, zarar görmüş bölümlerinin ekolojik kaygılar da göz önüne alınarak kentsel dönüşüm çalışmaları kapsamında doğa tabanlı çözümler ile yenilenmesi, bu alanların ekolojik niteliklerinin iyileşmesine, emlak değerlerinin yükselmesine, bu alanlardaki ekonomik yatırımların artmasına ve insanların yaşam kalitesinin yükselmesine olanak sağlamaktadır (European Commission, 2015'ten aktaran İklimiDUY, 2020: 566). Bu sebeplerle kentsel dönüşüm çalışmaları doğa tabanlı çözümleri uygulamak için bir fırsat olarak değerlendirilebilir. Sokak mekânındaki bir dönüşümün anlatmak istediği ise, kenti deneyimlemek için bir ulaşım ve yaşam elemanı olan sokakların çevreye uyumlu hâle getirilmesi sırasında yasal süreçlerden yararlanılmalı düşüncesinin pekiştirilmesidir. Ayrıca halk ile diyalogu kolaylaştıracak dönüşüm süreçleri doğa tabanlı çözümler için bir avantaj olabilmektedir. İklim Korumalı Şehir Aracı platformuyla gerçekleştirilen deneme çalışmasında, yapılan araştırmalara göre geçirimsiz yüzeylerin varlığı ve yeşil alan eksikliği sebebiyle halkın su basması ile yeşil alan eksikliğinin ve beton çokluğunun yarattığı sıcaklıktan şikâyet ettiği tespit edilmiştir. Buna göre, Climate Proof City Toolbox interaktif haritada çalışmak için proje hedefi kentsel ısı adası etkisinde olan bir alanın sıcaklığını 1 °C azaltmak seçilmiştir. Öncelikle çizim aracı ile çalışılacak bölge harita üzerinde çizildikten sonra alanın komşuluk tipi seçilir. Çalışılan bölge için seçilen komşuluk tipi 'halk mahallesi'dir. Daha sonra iklim uyum hedefi belirlenir, bu da bölge için bahsedildiği üzere ısı stresi ve su basmasıdır. Ardından gelen çok fonksiyonlu arazi kullanımının önem derecesi ve çalışma ölçeği seçilir, bu da uygun uyum çözümlerinin filtre edilmesi için önemli

bir adımdır. Çalışmada sokak ölçęi seçilmesinin ardından alanın mevcut durumu gri kaplamalı yüzey olarak belirlenmiştir. Yeraltı kullanılabilirliği, çatı tipi, toprak tipi ve alan özelliği bilgilerinin girişi yapıldıktan sonra proje hedefi belirlenir. Ardından seçilen hedefe ve proje alanının özelliklerine göre uygulanabilecek çözümler listesi sunulmaktadır. Buradaki bazı çözümler, yeşil çatılar, yeşil cepheler, su geçirgen kaplamalar, soğuk yüzey materyalleri, kent ormanları, kuraklığa dayanıklı bitkiler, sokak ağaçları ve ağaçlıklı caddeler, gölgeleme, eksta su yüzeyi oluşturmak, su hendekleri, kentsel sulak alanlar, akıllı sulama, kentsel alanda daha az karo, drenaj gecikmeli yeşil çatılar ve dahasıdır. Şehir aracının, GreenUp projesinde sunulan doğa tabanlı çözümlerin büyük çoğunluğunu içermesi ve ekonomik açıdan oldukça uygun farklı seçenekler sunması (örneğin kentsel alanda daha az karo seçeneği), karar vericilere oldukça yararlı farklı bakış açıları kazandırmaktadır. Deneme çalışmasında GreenUp projesiyle ortak çözümlerden olan sokak ağaçları ve ağaçlıklı caddeler, yeşil çatılar ve soğuk malzemeler seçilmiştir. Çözümlerin interaktif haritaya işlenmesi noktasında çiziliş şekillerinden ziyade m2 hesabı önemsenmiştir. Bu aşamaya kadar 24.221 m2'lik alanda yapılan deneme çalışması Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Climate Proof City Toolbox Deneme Çalışması Aşamaları ( <https://kbstoolbox.nl/nl/> adresinden oluşturulmuştur.)

Sonuçlara bakıldığında, 3680,13 m<sup>2</sup>'lik alanda sokak ağaçları ve ağaçlıklı caddeler çözümü kentsel ısı stresini 0.43 °C , 1543,73 m<sup>2</sup>'lik alanda yeşil çatı uygulanması 0,18 °C , 6228,1 m<sup>2</sup>'lik alanda soğuk materyaller uygulanması 0.73 °C düşürebilmektedir. Böylece alanda toplam kentsel ısı adası 1.34°C düşürülerek hedefe varılmıştır. Yapım maliyetlerine bakıldığında iklimsel zorlukların getirdiği maddi ve sosyal hasarların yanında tek seferlik yapım masrafı karşılanarak uzun vadeli kazanımlar elde etmek mümkün yorumu yapılabilmektedir. Zira yıllık bakım maliyetlerinin oldukça uygun olması (örnekteki 3680,13 m<sup>2</sup>'de uygulanan sokak ağaçları ve ağaçlıklı caddelerin yıllık bakım masrafı 14 €'dir.) bu yorumu desteklemektedir. Şehir aracındaki veri girdilerine bakarak karar vericilere mekânsal anlamda yapılabilecek analizler hakkında ipucuna erişmek de mümkündür.

## 5. SONUÇ TARTIŞMA VE ÖNERİLER

İklim krizi, yeryüzünde sadece şu an var olan canlıların sorunu değil, gelecekte var olacak tüm canlıların da giderek artan ortak sorunu olacaktır. İnsanoğlu bu bilinci kaybettiğinde, küresel salgınlar da büyük yıkımlar yaşatacak, dirençsiz kentler de bu yıkım ile mücadele edemeyecektir. Doğayı sınırsız bir kaynak olarak görmenin sonunun gelebilmesi için kentsel sorunlarla mücadelede unutulmuş olan doğa tabanlı çözümleri hayata geçirebilmek, sokak tasarımından başlanarak her türlü kentsel tasarımda özellikle önümüzdeki yıllarda hayat kurtarıcı bir rol üstlenecektir. Bu rolü ve genel olarak insan-çevre arasındaki etkileşimleri daha iyi anlamak ve doğa tabanlı çözümleri mekâna adapte etmek için sadece şehir plancıları ve ekolojistler değil, aynı zamanda sosyal bilimciler ve fen bilimciler de dahil olmak üzere planlama ekibi içinde daha da fazla disiplinler arası iş birliği gerekmektedir. Zira iklim değişikliğine karşı doğa tabanlı çözümler gerek yöneticiler gerek kurum ve kuruluşlar gerekse toplum tarafından ciddi bir sistemler bütünü olarak görülmedikçe sürdürülebilirlik anlamında başarılı olabilmesi zordur. Doğadan öğrenme ve doğayla yeni bir ilişki kurma, bitki bilimi, ekoloji, şehir iklimi, yapı fiziği, mühendislik, biyoloji, şehir planlama ve mimarlık disiplinleri arasındaki öğrenmeye dayalı tasarım optimizasyonu için referans verileri oluşturmakla başlar (Xing ve ark., 2017).

Bu çalışma yapıları çevrede doğa tabanlı çözümlerin yaygınlaştırılması için çerçeve oluşturur. Kent planlaması için doğa tabanlı çözümlerin ana akımlaştırılmasında birden fazla yararın bütünsel değerlendirilmesi, şehirleri yeniden yeşillendirmek için güçlü bir itici gücün varlığı giderek daha önemli hâle gelmektedir. Belirli doğa tabanlı çözüm türlerine karar vermenin tüm sonuçlarını eleştirel olarak değerlendirmek için, doğa tabanlı çözümler bütünsel olarak araştırılmalıdır. Düşünülmesi gereken zamansal, mekânsal, sosyal vb. farklı ölçekler bulunmaktadır. Doğru türü, mekânsal düzenlemeyi ve uygun miktarda bitki örtüsü gibi çözümleri seçmek için yerel bağlama göre kapsamlı bir analiz gereklidir. Edirne ilinde de yerel iklime göre hangi yeşil çözümlerin seçilebileceği noktasında sokak dokusu da dikkate alınarak veriler toplanmalıdır. Veriler ışığında kentsel dönüşüm alanında çevreci tasarımla hareket edilmelidir. Bununla birlikte kentsel dönüşüm aşamasında kararlaştırılabilecek doğa tabanlı çözümler, kentsel dönüşüm sonrasında, örneğin mekâna çekilecek yeni nüfusu da düşünerek tasarlanmalıdır. Bu noktada kentsel dönüşüm fizibilite ve yaklaşım raporlarından faydalanılabilir. Genel anlamda bütün doğa tabanlı çözümler uygulanabilirliği yüksek bir mekâna uygulandığında iklim değişikliği tarafından tehdit edilen türleri korumak ve iklim değişikliğinin kente verdiği zararları hafifletmek için fırsat sunmaktadır (Somarakis ve ark, 2019: 18). Bu fırsatı kullanmaya yönelik olarak yapılabilecekler listesi şöyledir;

- Şehirlerin yenilenme süreci olan kentsel dönüşümde doğa tabanlı çözümleri başrole koymaya yönetmeliklerden ve stratejik planlardan başlanabilir. Zira günümüzde, örneğin İspanya'da güneşe bakan cepheye güneş kırıcı koyulmadığı zaman ruhsat alınmamaktadır. Yeşil çatılar, yalıtım, saydam yüzeylerin gölgeliklerle birlikte tasarlanması gibi zorunlulukları yapı yönetmeliklerine almış ülkeler incelenip bu ülkelerden referans alınabilir.
- Sürdürülebilirlik kriterlerini kentsel dönüşüm kanununa adapte etmek, belediyelerin stratejik bütçe planında çevre için ayrılan bütçe kısmında doğa tabanlı çözümlere bütçe ayrılması zorunluluğu getirilebilir.
- Halka doğa tabanlı çözümlerle ilgili eğitimler verilerek hangi doğa tabanlı çözümü sokağında görmek istediklerine kendilerinin karar vermesi ve böylece yeni iş imkanlarının doğmasıyla sosyal anlamda faydalar sağlanabilir.
- Doğa tabanlı çözümler sunan ulusal uyum platformunun karar verme mekanizmasındaki aktifliğine bakılarak ülkemiz için de platform çalışmalarına başlanabilir. Belediyeler iklime uyumlu sokak çalışmalarını kendi bünyesinde doğa tabanlı çözümler konusunda eğitilmiş yeterli kalifiye eleman bulundurarak gerçekleştirebilirler.
- Belediyeler kendi sınırları içindeki doğal kaynakların envanterini oluşturup iklim eylem planlarını kaynakları koruma üzerine inşa edebilirler.
- Türkiye Paris anlaşmasını onaylamıştır ve bu kapsamda 2053 sıfır karbon hedefi gibi çalışmaları gerçekleştirmek için adımlar atmaktadır. Bunlara örnek olarak iklim kanununun hazırlanması, 25 Şubat 2022'de İklim Şurası'nın gerçekleştirilmesi verilebilir. Türkiye'deki gerek devlet kurumları gerekse özel

kuruluşlar, iklim değişikliğine çözüm adına atılan bu gibi adımlarda aldığı kararlara doğa tabanlı çözümler kavramını adapte etmeli ve ülke genelinde bu çözümlerin yaygınlaşmasını sağlamalıdır.

Doğal kaynakları etkili bir şekilde kullanma, iklim değişikliği risklerini azaltma ve iklime dirençli toplumlar oluşturma için son derece önemlidir. Kentlerin, doğanın içinde var olan ve doğanın izin verdiği müddetçe yapılaşabilen yerleşmeler olması gerekirken günümüzde, doğa izin vermese bile, arazi kullanım biçimlerinin keyfi yönetime maruz kalması, su kaynaklarını yok eden proje uygulamaları, artan nüfusla birlikte kamusal açık yeşil alanları giderek azaltan şehirleşme, motorlu ulaşımın çevreye ciddi zararlar veren karbon salınımını arttırması sonucunda hastalıkları tetikleme ve daha bir çok insan etmenli faaliyetler kentleri ve ülkeleri olası afetlere karşı dirençsiz hale getirmektedir. Doğayı tahip eden uygulamalar karşısında doğa temelli çözümlerle ekosistemleri korumak, iyileştirmek ve yeni doğal sistemler oluşturmanın değerini idrak edebilen her yönetim, geleceği düşünme ve sürdürülebilir sistemler kurmak yolunda önemli bir adım atmış demektir.

## KAYNAKLAR

- Arkun, A. K. (2020). “Türkiye’de Sürdürülebilir Kentsel tasarım Modeli ve Değerlendirme Sistemi Geliştirmek”, Şehir ve Medeniyet, S 6(12), 109-134.
- Barker, A., Clay, G., Rothwell, J., Gilchrist, A., Tantanasi, I., Morrison, R., Payne, S. (2019). “Understanding GreenInfrastructure at Different Scales: a signposting guide”, The University of Manchester. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26366.95045>
- Bevan, T. A., McKenzie, J.A., Sklenar, O., Derry, W.E. (2007). “Sustainable urban street design and assessment”, Proceedings of the 3rd Urban Street Symposium: Uptown, Downtown, or Small Town – Designing Streets that Work. Seattle, USA
- Chapman, L. (2007). “Transport and climate change: A review”, Journal of Transport Geography, 15(5), 354.
- City of Copenhagen. (2014). “Copenhagen Solutions for Sustainable Cities”, City of Copenhagen. Erişim Adresi: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/copenhagen--solutions-for-sustainable-cities>
- CNT. (2010). “The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits”, Center for Neighborhood Technology, Chicago Erişim Adresi: <https://cnt.org/publications/the-value-of-green-infrastructure-a-guide-to-recognizing-its-economic-environmental-and>
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., Maginnis, S. (2016). “Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges”. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- Cohen-Shacham, E. (2020). “Nature-based Solutions: from definition to implementation”, CEM Ecosystem Restoration Thematic Group webinar series, Erişim Adresi: [https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/nbs\\_ertg\\_sep\\_2020.pdf](https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/nbs_ertg_sep_2020.pdf)
- Corbella, C. (2017). “CONSTRUCTED WETLAND - MICROBIAL FUEL CELLS: electricity generation, treatment efficiency improvement, COD bioindication and clogging assessment” Doktora Tezi, Universitat Politècnica de Catalunya, İspanya
- Çalışkan, Z., D., Kurt, Ü., Timur, M., C. (2017). “İklim Değişikliği ve Ulaşım Sektörü İlişkinin Ekonometrik Analizi: Türkiye Örneği”, ENSCON, International Congress of Energy, Economy and Policy, Proceedings Book, İstanbul
- Debele, S.E., Kumar, P., Sahani, J., Marti-Cardona, B., Mickovski, S.B., Leo, L.S., Porcù, F., Bertini, F., Montesi, D., Vojinovic, Z., Di Sabatino, S. (2019). “Nature-based solutions for hydro-meteorological hazards: revised concepts, classification schemes and databases”, Environ. Res. 179, 1–20.
- Dizdaroglu, D., Yigitcanlar, T. ve Dawes, L. A. (2009). “Sustainable Urban Futures: An Ecological Approach to Sustainable Urban Development”, Proceedings of the Second Infrastructure Theme Postgraduate Conference, Queensland University Of Technology, Brisbane, Queensland.

- Doğru, M. (2022). “Yeşil Cepheler, Dikey Bahçeler ve Çatılar Nedir?”, [EcoBlog] Erişim Adresi: <https://www.ecobuild.com.tr/post/ye%C5%9Fil-cepheler-dikey-bah%C3%A7eler-ve-%C3%A7at%C4%B1lar-nedir>
- European Commission. (2015). “Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities”, Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities', ISBN 978-92-79-46051- 7, European Commission, Brussels, Belgium
- Faivre, N., Fritz, M., Freitas, T., Boissezon, B., Vandewoestijne, S. (2017). “Nature Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges”, Environmental Research, 159, 509-518. doi:10.1016/j.envres.2017.08.032. Erişim Adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935117316080>
- Greenberg, E. (2008). “Sustainable streets: An emerging practice”, ITE Journal, 78(5), 20-30
- GreenUp. (2018). “New Strategy for Re-Naturing Cities through Nature-Based Solutions – URBAN GreenUP, NBS Catalogue”, SCC-02-2016-2017, Innovation Action – GRANT AGREEMENT No. 730426 Erişim Adresi: <https://www.urbangreenup.eu/insights/deliverables/d1-1---nbs-catalogue.kl>
- Hensel, M. (2014). “Energieeffiziente Gebäude” Energieeffizienz bei Gebäuden - Zentraler Baustein einer modernen Energie- und Klimapolitik, Energieeffiziente Gebäude BDI initiativ, BDI-Publikations-Nr.: 0013, Industrie-Förderung GmbH, Berlin.
- Hoffert, M. I., Caldeira, K., Benford, G., Criswell, D., R., Green, C., Herzog, H., Jain, A., K., Kheshgi, H., S., Lackner, K., S., Lewis, J., S., Lightfoot, H., D., Manheimer, W., Mankins, J., C., Mauel, M., E., Perkins, L., J., Schlesinger, M., E., Volk, T., Wigley, T., M., L. (2002). “Advanced Technology Paths to Global Climate Stability: Energy for a Greenhouse Planet”, Science 298/5595: 981–987
- Im, J. (2019). “Green streets to serve urban sustainability: Benefits and typology”, Sustainability, 11(22), 6483.
- İklimiDUY. (2020). “İklim Değişikliğine Uyum Konusunda Kurumsal Kapasitenin Geliştirilmesi Eğitimi Projesi”, Modül 2, Erişim Adresi: [https://iklimiduy.org/modul/iklimiduy\\_modul\\_2.pdf](https://iklimiduy.org/modul/iklimiduy_modul_2.pdf)
- Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., Haase, D., Knapp, S., Korn, H., Stadler, J., Zaunberger, K., Bonn, A. (2016). “Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action”, Ecology and Society, 21(2). Erişim Adresi: <http://www.jstor.org/stable/26270403>
- Karali, E., Mattern K. (2017). “Communicating Climate Change Adaptation Information Using Web-Based Platforms”, Advances in Science & Research, 14, 241–245
- King, M. (2010). “Dünyanın Geçici Bekçileri”, (N. Akın, E. Eğilmez, Çev) Carretta Yayıncılık, İstanbul
- Kott, J. (2011). “Streets of Clay: Design and Assessment of Sustainable Urban and Suburban Streets”. PhD. Thesis, Faculty of Humanities Curtin University Sustainability Policy Institute, Australia
- Künar, A. (2018). “Binalarda Enerji Verimliliği ve Yeşil Bina Uygulamaları”, ENDOKS ESCO Koordinatörlüğü, DEK, Ankara Erişim Adresi: <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2018/12/ArifKunar3Ders.pdf>
- Lipiec, E., (2020). “Nature-Based Infrastructure: NOAA’s Role”, Congressional Research Service Report, R46145, Version 1. Erişim Adresi: <https://sgp.fas.org/crs/misc/R46145.pdf>
- Lösch, H. (2014) “Energieeffiziente Gebäude” Energieeffizienz bei Gebäuden - Zentraler Baustein einer modernen Energie- und Klimapolitik, Energieeffiziente Gebäude BDI initiativ, BDI-Publikations-Nr.: 0013, Industrie-Förderung GmbH, Berlin.
- Lukes, R., Kloss, C. (2008). “Municipal Handbook: Green Streets; Managing Wet Weather with Green Infrastructure”, Low Impact Development Center, EPA-833-F-08-009; US Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA

- McCarney, P., Blanco, H., Carmin, J. ve Colley, M. (2012). “Cities and Climate Change”, [Rosenzweig, C., Solecki, W.D., Hammer, S.A. ve Mehrotra, S. (der.)] “Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network”, Cambridge: Cambridge University Press. 249- 270.
- NACTO, GDCl. (2016) National Association of City Transportation Officials, & Global Designing Cities Initiative. “Global Street Design Guide”. Island Press, ISBN: 978-1-61091-494-9 Erişim Adresi: <https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide/>
- Nations Development Programme. (2019). “Accelerating Climate Ambition and Impact: Toolkit for Mainstreaming Nature-Based Solutions into Nationally Determined Contributions”, New York, USA: UNDP.
- Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., Rusch, G. M., Waylen, K. A., Delbaere, B., ... Wittmer, H. (2016). “The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective”, Science of the Total Environment, 579, 1215–1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>
- Newman, P., Kenworthy, J. R. (1999). “Sustainability and Cities: Overcoming Automobile Dependence”, Washington, DC: Island Press.
- NOAA, (2020). “Nature-Based Solutions Practices and Benefits”, Office for Coastal Management Erişim Adresi: <https://coast.noaa.gov/data/digitalcoast/pdf/gi-practices-and-benefits.pdf>
- Ortega, E., Ferrer, Y., Salas, J.J., Aragón, C., Real, A. (2010). “Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones”, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. ISBN: 978-84-491-1071-9
- Özcan, A. (2007). “Ekolojik temele dayalı sürdürülebilir kentsel gelişme: Malatya Kent Örneği Üzerinden bir Değerlendirme”, 38. Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi (IcAnAS), 2(1), 685-707.
- Özçağ, M. (2004). “Sürdürülebilir Kalkınma Sürecinde İklim Değişikliği ve Türkiye Analizi”, Yayımlanmamış doktora tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın. Erişim Adresi: <http://adudspace.adu.edu.tr:8080/xmlui/handle/11607/354?show=full>
- Özçağ, M., Hotunluoğlu, H. (2015). “Kalkınma Anlayışında Yeni Bir Boyut: Yeşil Ekonomi”, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 13(2), 303-324.
- Penalosa, E. (2016) Erişim Adresi: “ <https://globaldesigningcities.org/publication/global-street-design-guide-tr/> ”
- Seddon N, Chausson A, Berry P, Girardin CAJ, Smith A, Turner B. (2020). “Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges”, Phil. Trans. R. Soc. B 375: 20190120. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>
- Somarakis, G., Stagakis, S., Chrysoulakis, N. (Eds.). (2019). “ThinkNature Nature-Based Solutions Handbook”, ThinkNature project funded by the EU Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 730338. doi:10.26225/jerv-w202
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S., E., Fetzer, I., Bennett, E., M., Biggs, R., Carpenter, S., R., Vries, W., D., Wit, C., A., D., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G., M., Persson, L., M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S. (2015). “Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet”, Science 347/6223. doi:10.1126/science.1259855.
- Şen, H., Kaya, A., Alpaslan, B. (2018). “Sürdürülebilirlik Üzerine Tarihsel ve Güncel Bir Perspektif”, Ekonomik Yaklaşım Derneği, 29(107): 1-47, Ankara
- Talu, N. (2019). “ Yerel İklim Eylem Planlaması ve Türkiye Pratikleri”, İklim Değişikliği Alanında Ortak Çabaların Desteklenmesi Projesi (iklimİN), Ankara Erişim Adresi: [https://www.iklimin.org/wp-content/uploads/egitimler/seri\\_10.pdf](https://www.iklimin.org/wp-content/uploads/egitimler/seri_10.pdf)
- Uncu, B., A., Huber, A., Ü., Baysal, E., Ilgaz, M. (2019). “İklim İçin Kentler Yerel Yönetimlerde İklim Eylem Planı”, 350 Türkiye, iklimicinkentler.org, İstanbul, Erişim Adresi: [https://world.350.org/iklimicinkentler/files/2019/05/350\\_booklet\\_2.pdf](https://world.350.org/iklimicinkentler/files/2019/05/350_booklet_2.pdf)
- Uyanık, G. (2016). “Öğretmen Adaylarının Çevre Sorunlarına İlişkin Bilgi Düzeylerinin ve Tutumlarının İncelenmesi”. Online Fen Eğitimi Dergisi, 1(1), 30-41.

- Van Wesenbeeck, B., Mulder, J., Marchand, M., Reed, D., de Vries, M., de Vriend, H., Herman, P. (2014). “Damming deltas: A practice of the past? Towards nature-based flood defenses”, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 140(1), 1–6. <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.12.031>
- Van de Ven, F. H., Snep, R. P., Koole, S., Brolsma, R., van der Brugge, R., Spijker, J., Vergroesen, T. (2016). “Adaptation Planning Support Toolbox: Measurable performance information based tools for co-creation of resilient, ecosystem-based urban plans with urban designers, decision-makers and stakeholders”, *Environmental Science & Policy*, 66, 427-436.
- Van de Ven, F., Brolsma, R., Nijs, T., D., Poetz, H., Kluck, J., Dielen, L. (2020). “NKWK KBS 2020 Toolbox Klimaatbestendige Stad”, Versie: 06-11-2020, Erişim Adresi: <https://klimaatadaptatienederland.nl/publish/pages/188332/5-wp-tks-2020-toolbox-klimaatbestendige-stad.pdf>
- Xing, Y., Jones, P., Donnison, I. (2017). “Characterisation of Nature-Based Solutions for the Built Environment”, *Sustainability*, 9(1), 149.

**Not:** Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Doç. Dr. Özdemir SÖNMEZ danışmanlığında, Özlem BADOĞLU tarafından yürütülmekte olan, “Doğa Tabanlı Çözümler Kapsamında İklim Değişikliğine Karşı Sokak Stratejisi Geliştirmek; Edirne Örneği” başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

{ Özellikle Boş Bırakılmıştır }



Research Article

## LOOP-BASED MARKOV CHAIN FOR NEXT CELL PREDICTION

**Bahadır YALIN<sup>†</sup>, Serhan YARKAN<sup>††</sup>**

<sup>†</sup> İstanbul Commerce University, Engineering Faculty, Department of Electronics and Communications Engineering, Istanbul, Turkey.

<sup>††</sup> İstanbul Commerce University, Engineering Faculty, Department of Electronics and Communications Engineering, Istanbul, Turkey.

**bahadir.yalin@istanbulticaret.edu.tr, syarkan@ticaret.edu.tr**



0000-0003-3793-6585, 0000-0001-6430-3009

**Atıf/Citation:** YALIN, B. & YARKAN, S. (2022) Loop-Based Markov Chain For Next Cell Prediction, Journal of Technology and Applied Sciences 5(2), s. 31-40, DOI: 10.56809/icujtas.1133682

### ABSTRACT

In this study, next possible cell for a User Equipment is predicted for Network Data Analytics Function (NWDAF) by using Markov Chain with novel loop-based approach. At the beginning, it is assumed that the prediction made for next state of a User Equipment will be more meaningful with our novel approach. As a result of the study, the transition states between the most visited cell after the last cell where a User Equipment is located were extracted and it was observed that the reliability of the prediction made is improved, when a semantic was established between two cells with the loop-based Markov Chain approach.

**Keywords:** 5G Network Functions, Markov Chain, Network Data Analytics Function, User Equipment Mobility

## SIRADAKİ HÜCRE TAHMİNİ İÇİN DÖNGÜ TABANLI MARKOV ZİNCİRİ

### ÖZET

Bu çalışmada Markov Zinciri, yeni bir döngü tabanlı yaklaşımla Ağ Veri Analitiği Fonksiyonu (NWDAF) için kullanılarak bir Kullanıcı Ekipmanı için bir sonraki olası hücre ya da hücre dizisi tahmin edilmektedir. Başlangıçta, bu yeni yaklaşımımız ile kullanıcının bir sonraki durumu için tahmininin daha anlamlı olacağı varsayımı yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda ise, bir Kullanıcı Ekipmanı'nın bulunduğu son hücreden sonra en çok ziyaret ettiği hücre arasındaki geçiş durumlarının çıkarımı yapılmış ve bu iki hücre arasında bir ilişki kurulduğunda yapılan tahminin güvenilirliğinin, döngü tabanlı Markov Zinciri yaklaşımıyla arttığı gözlemlenmiştir.

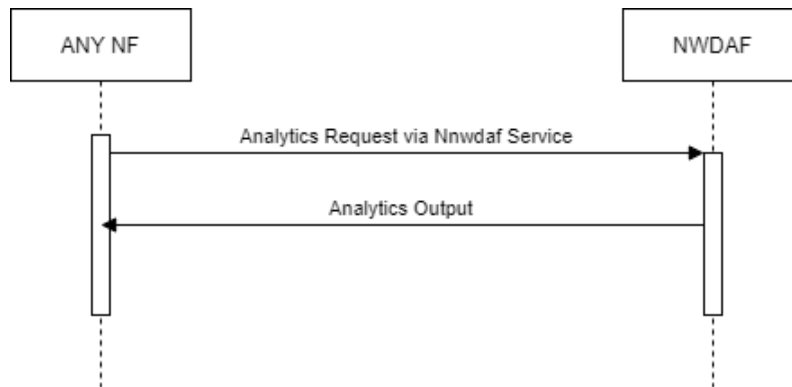
**Keywords:** 5G Ağ Fonksiyonları, Ağ Veri Analitiği Fonksiyonu, Kullanıcı Ekipmanı Hareketliliği, Markov Zinciri

Geliş/Received : 21.06.2022  
Gözden Geçirme/Revised : 06.07.2022  
Kabul/Accepted : 18.07.2022

## 1. INTRODUCTION

With the developing 5. Generation System (5G), the number of mobile devices used will reach 12.3 billion and the traffic generated by smart devices will reach 132 GB per year approximately (H. Birkan, Meriç, Kerim, Salih, & Tuna, 2020). This increase in traffic should also bring data management with it. One of the ways that data can be managed is creating analytics. In this way, necessary data is used for certain operations, and redundant one is excluded. In order to provide this data analytics within 5G, Network Data Analytics Function (NWDAF) was defined by the 3<sup>rd</sup> Party Partnership Project (3GPP) in Release 16 (3rd Generation Partnership Project [3GPP], 2019). NWDAF centrally collects data from other Network Functions (NFs), which are defined in the Service-Based Architecture (SBA) and process this data to create analytics. After these analytics are created by NWDAF, they are shared with NFs in synchronous or asynchronous way. In here, while synchronous refers to a request/response model, asynchronous refers to a subscription model.

Using NWDAF, other NFs are able to request analytics by specifying the required data to use in their own operations. Once these analytics are shared with the NF, this NF will be able to optimize its operation properly. In order for an NF Consumer to request these analytics from NWDAF, it shall use NWDAF's service (i.e., Nnwdaf). After an NF Consumer provokes this service (shown in Figure 1.), NWDAF receives the analytics request.



**Figure 1.** NF using NWDAF Service

NWDAF is able to create two types of analytics upon request sent by NF. One of the types is statistics based and the other one is prediction-based analytics. Statistics based analytics is basically collecting data from NF about its own operation (i.e., monitored event by NF), organizing it and sharing this data with the requester NF. In the prediction-based analytics, NWDAF collects historical data related to requested analytics, transforms this data into analytics by using Machine Learning (ML) and/or Artificial Intelligence (AI) algorithms and shares the result with the requester NF.

There are various analytics (or uses cases) that can be provided by NWDAF. Some of them are, Quality of Service (QoS) Sustainability, NF Load and User Equipment (UE) Mobility Analytics (3GPP, 2019). NWDAF shall interact with different NFs for each analytics to collect required data. Each NF is responsible for monitoring different events and collecting data for these events. In this way, NWDAF interacts with the NF that monitors the event related to data upon a received request and collects the required data to create the analytics. After required data is collected, NWDAF can create analytics by using ML/AI algorithms. ML/AI algorithms that are going to be used within NWDAF are generally related to the use cases.

In this work UE Mobility Analytics, creation scenario will be discussed. According to 3GPP standards, data of this analytics is collected via Access and Mobility Function (AMF) (3GPP, 2018). Unfortunately, since there is no AMF deployed for this work, data that needs to be collected was generated synthetically, with a similar format that generated by the AMF.

Lastly, after the synthetic data is created, our aim is to predict next possible positions, in cell granularity, with checking the last known cell. For that, simple Markov Chain was used firstly. For our problem, Markov Chain is implemented to predict next state considered the last state's earlier next states. So that, to make better prediction, contribution of this study is to check possible looping scenarios between last cell and its most visited (favorite) cell.

## 2. RELATED WORKS

In one of the studies which authors tried to predict UE mobility, ML Models were claimed to be problematic when used to predict UE's mobility with using locations of the user (Duong & Tran, 2015). According to this approach, when algorithm that is used for prediction is tried to be implemented for a new UE, prediction may fail. Therefore, implementation of data mining techniques can give better results. Authors aimed to predict the next step by gathering the mobility history of UEs who have similar trajectories, instead of using individual trajectories of the UEs in their study. According to methodologies they track on the paper, mobility prediction accuracy was improved.

On the other hand, some ML Models are also used in some previous research. For example, based on human mobility in the Long-Term Evolution (LTE) cellular network, mobility estimation of the individual user's evolved Node B (eNodeB) sequence was made with the help of Hidden Markov Model (HMM) method. Using the movement data of 2800 different users in Southern China, 53% prediction accuracy was achieved (Qiuqian, Yuanyuan, Yufei, Zhenming & Zongshan, 2014).

On the other hand, more advanced methods than Markov Models in finer granularity than TA or cells were used in some studies (Ming, Wanfei, Wenhui, & Xiaoyan, 2021). In that study, in order to create mobility predictions, authors implemented and compared Long Short-Term Memory (LSTM), Attention Bidirectional Long-Short Term Memory (Bi-LSTM-attention) and Artificial Neural Network (ANN). They are used Geolife project of the Microsoft Research Asia as input. As a result of the mobility prediction, they tried to establish in GPS granularity, Bi-LSTM-attention improves the accuracy while the training time of it is almost twice of the LSTM. So as the output of their study, Bi-LSTM-attention was proposed as best method among two other for their work.

In another study, authors modeled the mobility data generated with the assumption that human mobility behavior is far from random (i.e., non-Gaussian). Using a Markov-based approach they aimed to predict the next movement of users (Fehmi, Jie, Xinyu, Yanting, Yuanyuan & Zhongwei, 2018). Authors kept the number of data (i.e., user trajectory) high they used to support their claims that human mobility behavior is far from random. Therefore, when they tested the non-Gaussian data of 3474 different users for 21 days with the model they created, they reached 56% accuracy.

The authors tracked the user's mobility behavior for a certain period of time to predict the next location by extracting the most visited locations (Marc-Oliver, Miguel, & Sébastien, 2012), for their study. In their work, they aimed to go beyond the Markov Property, which uses only current state for prediction. Accordingly, the model they use not only covers the last known location, but N historical information. As a result of their experimental approach, they reported that the accuracy rate of the algorithm they used was in the range of 75-95%. Moreover, they found that the computational cost of the algorithm for the case  $N > 2$  is not optimized compared to the accuracy it gives.

In some studies, the Region of Interest (RoI) was also considered when estimating the user's mobility (Quannan, Xing, Yu, & Yukun, 2008) (Lizhu, Wei-Ying, Xing, & Yu, 2009). Shortly, the locations where a user has been in the past are collected, and the locations he/she visited more (e.g., home) and less (e.g., shopping mall) are called RoI. In one of the studies using this method, RoI points was used in a hierarchical order to predict user mobility with Markov Chain (Changchun, Ganke, Haichun, & Junjie, 2016). In their study, the authors deduced that the regions with historical data belong to the same RoI or different RoIs based on their proximity to each other. After this inference, they tried to predict the next location with the Markov Chain. At the same time, they aimed to extend the Markov Property concept by predicting the next location by using K states belong to past. When they tested the outcome evaluations for both Markov chain methods with entropy, they concluded that the Markov chain method using K prior data for their system reduces the uncertainty in the mobility estimation.

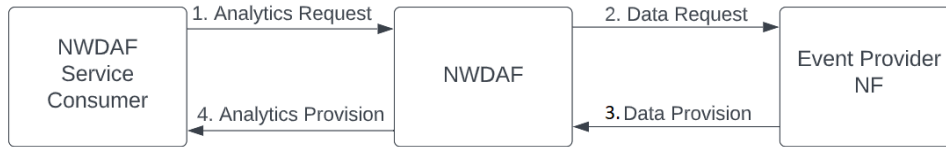
## 3. NETWORK DATA ANALYTICS FUNCTION (NWDAF)

NWDAF may interact with different NFs for different purposes (3rd Generation Partnership Project [3GPP], 2019). These purposes are as follows:

- With NFs that responsible for monitoring events and collecting data for different events,
- With repositories to collect required data, when data repositories are deployed (e.g., Analytics Data Repository Function (ADRF)),
- With Network Exposure Function (NEF) to collect information about NF(s),
- With NWDAF consumers who request analytics from NWDAF to share analytics it created.

In order for an NF to interact with NWDAF, they shall be on the same Public Land Mobile Networking (PLMN) (3GPP, 2018). When NF wants to get analytics, it shall send an HTTP POST or GET request to NWDAF by indicating the parameters. Among the HTTP methods, the POST method is used to receive analytics on a subscription basis, while the GET method is used on a request/response basis.

Upon the analytic request, if NWDAF does not have the necessary data to create analytics, it interacts with the NF over the POST request to obtain required data. When data is requested from Data (Event) Provider NF, it shares the data with NWDAF by using HTTP POST request. The POST request used by Event Provider NF is used for sharing data. Architecture of this operation is as in Figure 2.



**Figure 2.** NWDAF Data Collection Upon Analytics Request

Steps 2 and 3 will be skipped, if NWDAF already includes required data.

Prediction-based UE Mobility analytics, basically covers the predicting the next possible locations (e.g., cells) of a UE. When this type of analytics request is received by an NWDAF, it shall first collect the required data from AMF.

Since there is no deployed AMF to collect required data, parameters to be used in the model (i.e., UE ID and Cell ID) was parsed from the report in the same way as AMF sends. Detailly, value of “nrCellid” (Cell Identifier) and “supi” (UE Identifier) parsed and placed to model. After data model is created, aim is to predict possible next cell that UE will enter.

#### 4. LOOP-BASED MARKOV CHAIN PREDICTION ANALYSIS

In this section, both Markov Chain prediction and novel Loop-based Markov Chain prediction is described. Firstly, our approach when modelling a system is presented. Then accuracies of two Markov Chain predictions are compared.

##### 4.1. System Design

The synthetic data model was created in accordance with the real and synthetic data models used in the previous mobility prediction studies. For example, when students movement is considered for mobility prediction, they visit home and school more frequent than a cafe. In that sense, historical mobility data of a UE, some locations occur more than others. So, data model is created in that perspective.

When predicting the next cell of a UE, using the frequency of cells, that visited in the history, can be an approach. Because, when mobility patterns are considered next place predictors are based on the frequencies of occurrences rather than signal strength (Ben, Chansu, Myungchul, Seung-Min, Weetit, & Won-Tae, 2011). In order to predict next cell by using frequencies of occurrences, last cell of the mobility history can be used. In that sense, Markov Chain can be used to predict possible next cell. On the other hand, if last cell occurs first time in the dataset, prediction will fail because it has zero occurrences in the history. Therefore, this situation is out of prediction operation.

##### 4.2. Prediction of Next Cell with Markov Chain

Markov models were used in various prediction tasks. Because they are efficient, easily implemented and require low computation complexity (Bui, Cesana, Hosseini, Liao, Malanchini & Widmer, 2016). The Markov-based model to be applied in this study uses the UE’s historical data in cell granularity (i.e., the cells that visited before) and presents a cell that has highest probability. Considering the cell list  $C = [x_i, x_{i+1}, x_{i+2} \dots x_n]$  visited by a UE in the past,  $x_n$ , is the last known cell. So, by using Markov Chain, prediction of next cell,  $x_{n+1}$ , in probabilistic manner is possible. Here, each  $x_i$  that,  $0 \leq i \leq n$ , represents a limited number of previously visited cells.

Starting point to calculate next possible cells is to evaluate the probability of what the next cell will be according to the last cell. When evaluating the possible next states, Markov Chain only considers the current state as in (2). This is known as Markov Property.

$$P(x_{n+1} | x_n, x_{n-1}, x_{n-2} \dots) = P(x_{n+1} | x_n) \quad (1)$$

Markov Chain for our problem is expressed in (2).

$$P(x_{n+1} = A | x_n = B) \quad (2)$$

Here, when  $A, B \in \{x_i, x_{i+1}, x_{i+2} \dots x_n\}$  is considered, while  $B$  represents the current visited state,  $A$  represents next possible cell (Korpiää, Koskinen, Mäkelä, Peltola & Seppänen, 2003). For example, a UE may have a mobility history in the cell set that has 5 different cells  $\{S = S_1, S_2, S_3, S_4, S_5\}$ . So that, a UE's mobility history can cover any variety of  $S$  set. Using a last element (cell) of UE mobility history, mobility prediction should return a cell which has the highest probability among all possible next cells. This can be seen from the state transition matrix in Table 1 for the last state.

**Table 1.** State Transition Matrix for Last Cell

	$x_i$	$x_{i+1}$	$x_{i+2}$	...	$x_n$
$x_i$	0	$P(x_{n+1} = x_{i+1}   x_n = x_i)$	$P(x_{n+1} = x_{i+2}   x_n = x_i)$	...	$P(x_{n+1} = x_n   x_n = x_i)$

Here, probabilities between present and next state covers all the transitions between those states in the history. As it can be seen from the Table 1.,  $Pr(x_{n+1} = x_i | x_n = x_i) = 0$  because aim of this work is to predict only mobility, so stationary state is neglected.

Since Markov Chain gives a good approach for mobility prediction, it has some defects. For example, when semantics between cells is considered, Markov Chain does not create any relation. One can think that, giving assumption at the beginning could solve the problem. For example, giving a threshold to probabilities, that calculated on the last step, so that if any interaction between cells is less than this threshold will not be given on the output can be thought. On the other hand, giving the threshold in-advance may not be a good approach for the mobility histories that are uniformly distributed. For that reason, using the frequencies of both cells and cells' transitions could be a better approach.

When calculating the frequencies of the cells and cell transitions, output should return a result that some cells and transitions have semantics. For example, cell that has the highest frequency (i.e., the most visited cell), can be identified as 'home' for a user. Also, the cell, which is the most visited after 'home', can be identified as 'office' or 'school'. It means, a mobility information has certain semantics (Jun, Ran, & Xihui, 2014).

Using the semantics of the cells leads the problem to our contributive approach, which is detecting a mobility between last cell and its next most visited cell (i.e., favorite next cell) and creating a loop between them.

#### 4.3. Loop-based Markov Chain

In order to get better result than Markov Chain for the next cell prediction, giving a meaning to cells is the basis of our approach. Since the Markov Chain prediction computes all transition as in Table 1., aim of this paper is giving more meaningful outcome while reducing it.

Suppose that last cell is  $S_1$  and after calculating its next cell possibilities in the history, favorite next cell is  $S_3$ . This also means, when this UE enters  $S_1$ , it tends to move to  $S_3$ . So that, there should be a semantic between  $S_1$  and  $S_3$ .

As it is mentioned above, a UE tends to have more frequent transition between two distinct cells, when considering it has regular movement. Detailly, when checking the next possible cells of the last cell, the favorite next cell has a semantic with current one. This also means, maybe not in the next step but after some hops, this UE will tend to move to that cell. For example, if a UE enters cell  $S_3$  after two steps from  $S_1$ , it means this UE did 2 hops to enter  $S_1$ . So, purpose is to check and calculate the hopping sequences between last cell, and its favorite next cell.

An example UE mobility history within the set  $S$  can be seen in Table 2.

**Table 2.** Example Mobility History Sequence

$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_1$	$S_4$	$S_2$	$S_1$	$S_3$	$S_4$	$S_2$	$S_4$	$S_5$	$S_3$	$S_1$	$S_2$	$S_4$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_1$
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

In the UE mobility history in Table 2., the last cell is  $S_1$  and by calculating next possible cells with using the Table 1., the favorite next cell is  $S_2$ . So, what needs to be calculated is how  $S_1$  transits to  $S_2$  in different hops. By looking at the Table 2., different hopping sequences between  $S_1$  and  $S_2$  can be seen. For example, after fourth step, UE did two hops to reach  $S_2$ . Since this should be considered in the prediction, the probability of passing from  $S_1$  to  $S_4$  and from  $S_4$  to  $S_2$  are calculated. For both situation, their corresponding state transition matrices shall be calculated. Calculation for the two hops probability for given example can be seen from (3).

$$P(x_{n+2} = S_2 | x_n = S_1) = P(x_{n+2} = S_2 | x_{n+1} = S_4) * P(x_{n+1} = S_4 | x_n = S_1) \quad (3)$$

For any other hops (i.e., more than one hop), (3) can be transformed into the appropriate format of problem and calculated as it is in (4) where  $S_n \in S$  and  $n = [1,2,3,4]$ .

$$P(x_{n+k} = S_n | x_n = S_n) = \prod_{l=1}^k P(x_{n+l} = S_n | x_{n+l-1} = S_n) \quad (4)$$

According to (4), k upper limit decides the hopping sequence (k=1 for Markov Chain). Since, as in Table 2., there can be more than one hop, using a loop for all possible hops results all possible hopping scenarios between  $S_1$  and  $S_2$ . Also, any other hopping scenarios (i.e., between last and any next) can be implemented. On the other hand, since, for the example above,  $S_1$  and  $S_2$  have a relation in terms of their semantics, using their hopping transitions is more meaningful for prediction.

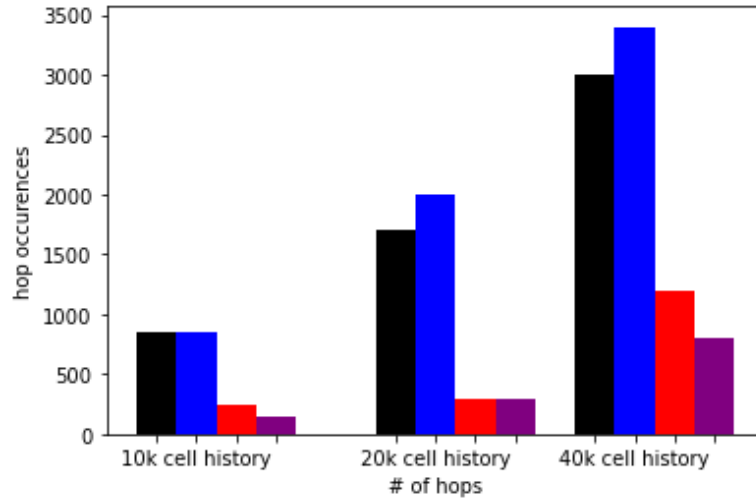
So, by creating a loop-based approach between last cell and its favorite next cell by means of their semantics, Markov's property can be extended to predict some relational loops between cells.

## 5. CONCLUSION

In this study, UE Mobility prediction, was first implemented with a Markov Chain. Then, as the contribution of this article, the Loop-based Markov Chain was implemented. When implementing two methods, data is prepared in accordance with the AMF report. Background for creating and using loops between cells is, there should be a semantic information between cells that are in the UE mobility sequence. In that perspective, result of the Markov Chain has less information than the result of Loop-based Markov Chain. Because, by checking the possible next cells given the last cell information, Markov Chain computes all possible next cells in every step. Hence, any random movement occurred in the UE mobility history isn't eliminated in the simple Markov Chain.

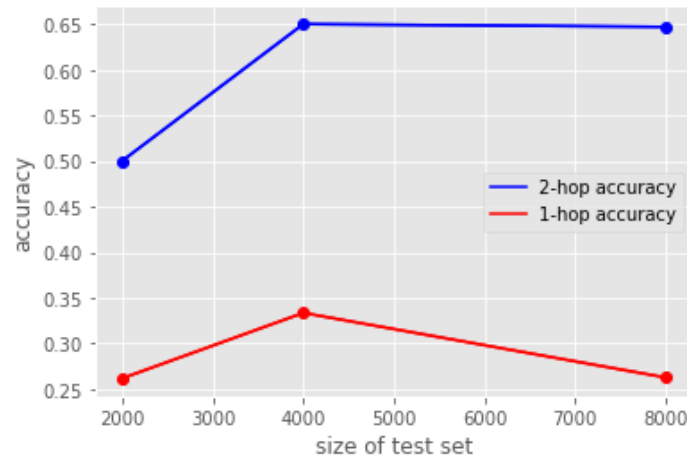
On the other hand, since novel method of this article creates semantics between two cells, unnecessary information can be eliminated. For example, if one cell after next cell occurs only once in the history, loops of it won't be calculated. Therefore, for the synthetically generated UE mobility pattern, the Loop-based Markov Chain has succeeded for giving more meaningful results. In here, meaningful result refers to the prediction that was created by the hopping schemes of two cells.

In order to test our approach, different hops between the last and the favorite next cell using 3 different synthetic datasets were extracted firstly. When different loops are calculated within datasets, one of the loop length can be longer (e.g., 2-loop is occurred more than 3-loop). So, first thing to compute is comparing the occurrences of loops in new dataset, given that the most frequent loop is computed in-advance (in train set). Therefore, if most frequent loop (e.g., 2-loop) has different hopping schemes (e.g.,  $S_1, S_3, S_2$  and  $S_1, S_4, S_2$ ), the one with highest probability shall be given as prediction result. Loop distribution between 3 different dataset can be seen from Figure 3. Black, blue, red, and purple bars represent 1-loop (simple Markov Chain), 2-loop, 3-loop, and 4-loop, respectively.



**Figure 3.** Loop distribution of 3 dataset

As it can be seen from Figure 3., this UE tends to move to its favorite next cell in one or two hops. Since the output of the system gives sequence as prediction, it should be the 2-hop loop, according to movement characteristic of this UE. After 2-loop with highest probability is extracted, the accuracy of it shall be calculated. This accuracy is calculated via  $\frac{\text{extracted sequence between } S_1 \text{ and } S_2 \text{ in two hops}}{\text{all sequences between } S_1 \text{ and } S_2 \text{ in two hops}}$ . When 0.8 of all 3 dataset is used for training and 0.2 of them for testing, accuracy results between 1-hop and 2-hop can be seen from Figure 4.



**Figure 4.** Accuracy of 1 and 2 hops

As result indicates, creating a semantic between two cells can give more accurate prediction. For our data and approach, accuracy result shows that, this UE moves to its favorite next cell of the last cell in 2 hops. In other words, it moves mostly in a loop between three cells, that are last cell, favorite next cell, and a cell between them. But, for any other UE movement characteristics, result can be changed. On the other hand, since regular UE movement is assumption of the study, a UE doesn't create 5 or more loops often. Because the number of cells between the last and the favorite next cell is not expected to be very large. Also, if mobility of this UE will have different characteristic in the future, prediction may fail. For example, if new dataset includes 4-hops more than 2-hops, since the training set includes the opposite, prediction will provide less accuracy. That's why, adding one more feature to the UE mobility list (e.g., timestamps) may be a solution.

## 6. FUTURE WORKS

In that work, we tried to create loops between last and its favorite next cell in order to predict next state. In order for us to improve our idea, first future work can be to increase the order of the Markov Chain, which means checking not only last cell but last k cells. With that approach, creation of loops can be more meaningful. For

example, if favorite next cell is just visited before the last cell, then there might be a hopping sequence to enter that cell again. Also, since, the study given in that article covers only the history cell sequences (i.e., mobility traces) of a UE, adding the timestamps of cells entry moment, as another feature for prediction, gives higher resolution. Therefore, to predict the cells that a UE will enter in the next  $t$  period, it is necessary to consider the timestamps of the cells that was entered previously.

With both development, prediction can be more precise. Also, for a random movement of a UE, our model would not give good results, because our assumption, is regular UE movement.



**REFERENCES**

- 3GPP. (2018). *TS 29.518*. 3rd Generation Partnership Project.
- 3rd Generation Partnership Project [3GPP]. (2019). *TS 23.288*. 3rd Generation Partnership Project.
- Ben L., Chansu Y., Myungchul W., Seung-Min P., Weetit W., & Won-Tae K. (2011). Behavior-based mobility prediction for seamless handoffs in mobile wireless networks. *Wireless Networks*, 17(3), 645-658.
- Bui N., Cesana M., Hosseini S. A., Liao Q., Malanchini I., & Widmer J. (2016, June 1). *Anticipatory Networking in Future Generation Mobile Networks: a Survey*, arXiv. arXiv preprint. a. adresinden alındı
- Changchun P., Ganke Y., Haichun L., & Junjie J. (2016). Predicting Human Mobility Based on Location Data Modeled by Markov Chains. *2016 Fourth International Conference on Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation and Location Based Services (UPINLBS)* (s. 145-151). Shanghai: IEEE.
- Duong T. & Tran D. Q. (2015, December). A Fusion of Data Mining Techniques for Predicting Movement of Mobile Users. *Journal of Communications and Networks*, 17(6), 568-581.
- Fehmi B. A., Jie Y., Xinyu Z., Yanting Z., Yuanyuan Q. & Zhongwei S. (2018). A hybrid Markov-based model for human mobility prediction. *Neurocomputing*, 278, 99-109.
- H. Birkan Y., Meriç T., Kerim G., Salih S., & Tuna T. (2020). Intelligent Network Data Analytics Function in 5G Cellular Networks using Machine Learning. *Journal of Communications and Networks*, 22(3), 269-278.
- Jun P., Ran X., & Xihui C. (2014). Constructing and Comparing User Mobility Profiles. *ACM Transactions on the Web (TWEB)*, 8(4), 1-25.
- Korpipää P., Koskinen M., Mäkelä J., Peltola J., & Seppänen T. (2003). Bayesian approach to sensor-based context awareness. *Personal and Ubiquitous Computing*, 113-124.
- Lizhu Z., Wei-Ying M., Xing X., & Yu Z. (2009). Mining interesting locations and travel sequences from GPS trajectories. *Proceedings of the 18th international conference on World wide web* (s. 791-800). ACM.
- Marc-Oliver K., Miguel N. P. Cortez, & Sébastien G. (2012). Next Place Prediction using Mobility Markov Chains. *Proceedings of EuroSys 2012 Workshop on Measurement, Privacy, and Mobility* (s. 1-6). Bern: EuroSys.
- Ming A., Wanfei S., Wenhui W., & Xiaoyan D. (2021). Research on mobility prediction in 5G and beyond for vertical industries. *2021 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC Workshops)* (s. 379-383). China: IEEE.

Qiu Jian L., Yuanyuan Q., Yufei Z., Zhenming L., & Zongshan M. (2014). Hidden Markov Model Based User Mobility Analysis in LTE Network. *17th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications* (s. 379-384). Sydney: WPMC.

Quannan L., Xing X., Yu Z., & Yukun C. (2008). Mining user similarity based on location history. *Proceedings of the 16th ACM SIGSPATIAL international conference on Advances in geographic information systems* (s. 1-10). ACM.

#### **ACKNOWLEDGEMENT and DECLARATIONS:**

The contributions of the authors to the article are equal. There is no conflict of interest between the authors. Research and publication ethics were complied with in the study.

*Note: This publication was produced from the Master thesis of Bahadır YALIN in the Electronics and Communications Engineering Program of Istanbul Commerce University, Engineering Faculty.*

## Research Article

**EFFECT OF TITANIUM DIOXIDE AND TALC ON THE TENSILE STRENGTH OF COMPOSITE MATERIAL****Ertunga DİREK<sup>†</sup>, Muhammet CEYLAN<sup>‡</sup>**<sup>†</sup> Istanbul Commerce University, Institute of Science, Mechatronics Engineering Department, İstanbul, Turkey<sup>‡</sup> Istanbul Commerce University, Institute of Science, Mechatronics Engineering Department, İstanbul, Turkey<sup>†</sup> [ertungadirek@gmail.com](mailto:ertungadirek@gmail.com), <sup>††</sup> [mceylan@ticaret.edu.tr](mailto:mceylan@ticaret.edu.tr) [Orcid.org/0000-0002-8735-8237](https://orcid.org/0000-0002-8735-8237),  [Orcid.org/ 0000-0001-6933-2917](https://orcid.org/0000-0001-6933-2917)**Atf/Citation:** DİREK, E. & CEYLAN, M. (2022) Effect of Titanium Dioxide and Talc On The Tensile Strength of Composite Material, Journal of Technology and Applied Sciences 5(2), s. 41-48, DOI: 10.56809/icujtas.1136033**ABSTRACT**

Epoxy was incorporated with titanium dioxide and talc at different concentrations (0, 0.5, 1, 2, and 4 wt%), and then that mixture was combined with carbon fiber via a hand lay-up process. The mechanical properties of the composites were determined using universal tensile testing. The tensile test results revealed that the mechanical properties of the polymer matrix composites were increased as a function of talc and titanium dioxide concentrations. The best tensile strength of the composite was obtained from the 0.5% talc and 1% titanium dioxide sides. Increasing the weight ratio of talc 1%, 2%, and 4% and 0.5%, 2%, and 4% of titanium dioxide in composite production doesn't exhibit a significant difference. Tensile testing behavior of talc and titanium dioxide reinforced composite specimens shows better results compared to unreinforced carbon fiber composites. As a result, this study provides a detailed explanation of how to improve the strength of carbon fiber composites.

**Key Words:** Composite, Carbon Fiber, Titanium Dioxide, Talc, Tensile Test**TİTANYUM DİOKSİT VE TALK'IN KOMPOZİT MALZEMELERİN ÇEKME DAYANIMI ÜZERİNE ETKİSİ****ÖZET**

Epoksi, titanyum dioksit ve talk ile farklı konsantrasyonlarda (ağırlıkça %0, 0,5, 1, 2 ve 4 oranında) dahil edildi ve daha sonra bu karışım elle yatırma işlemi ile karbon fiber ile birleştirildi. Kompozitlerin mekanik özellikleri, evrensel çekme testi kullanılarak belirlendi. Çekme test sonuçları, polimer matrisli kompozitlerin mekanik özelliklerinin talk ve titanyum dioksit konsantrasyonlarının bir fonksiyonu olarak arttığını ortaya koydu. Kompozitin en iyi çekme mukavemeti %0.5 talk ve %1 titanyum dioksitten elde edilmiştir. Kompozit üretiminde talkın %1, %2 ve %4 ve titanyum dioksitin %0.5, %2 ve %4 ağırlık oranlarının artırılması önemli bir farklılık göstermemektedir. Talk ve titanyum dioksit takviyeli kompozit numunelerin çekme testi davranışı, takviye edilmemiş karbon fiber kompozitlere kıyasla daha iyi sonuçlar göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, karbon fiber kompozitlerin mukavemetinin nasıl iyileştirilebileceğine dair ayrıntılı bir açıklama sunmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kompozit, Karbon Fiber, Titanyum Dioksit, Talk, Çekme Testi

Geliş/Received : 26.06.2022  
Gözden Geçirme/Revised : 07.07.2022  
Kabul/Accepted : 01.08.2022

## 1. INTRODUCTION

Composite materials exhibit a category of advanced engineering materials of technical and scientific interest (Puttaraju & Hanumantharaju, 2022). Composite materials occur by combining two or more different materials. Additives improve the mechanical and chemical properties of composite materials. Combinations of additives improve lightness, non-flammability, fatigue properties, a tendency to withstand environmental conditions, and a high modulus of elasticity at high temperatures at composite materials. (Bagatır, 2018).

Andrei et al. (2006) showed that Carbon fibers/polymer matrix composites are used widely instead of aluminum structures in the aerospace industry and aircraft. The requirement for strength, fuel-efficient and lightweight materials in industries is a big research interest. The mechanical and corrosion resistance characteristics of Titanium (Ti) and alloys, which have low specific gravity and strength, make them highly relevant to these industries (Topcu et al., 2019). Karataş and Gökkaya (2018) showed in their article that more than fifty thousand material types had been used in producing and designing a wide range of engineering products. Composite materials provide flexibility in design because they can be molded into various shapes (Khan & Javed, 2020). The composite material is created for producing material with high properties and desired qualities. The powerful material is the reinforcement, and the weaker material is the matrix. The production of composite materials aims to develop one or more of the following features (Jones, 2014).

- Strength
- Thermal insulation
- Wear resistance
- Temperature-dependent behavior
- Corrosion resistance
- Fatigue
- Stiffness
- Acoustical insulation
- Weight
- Thermal conductivity
- Attractiveness

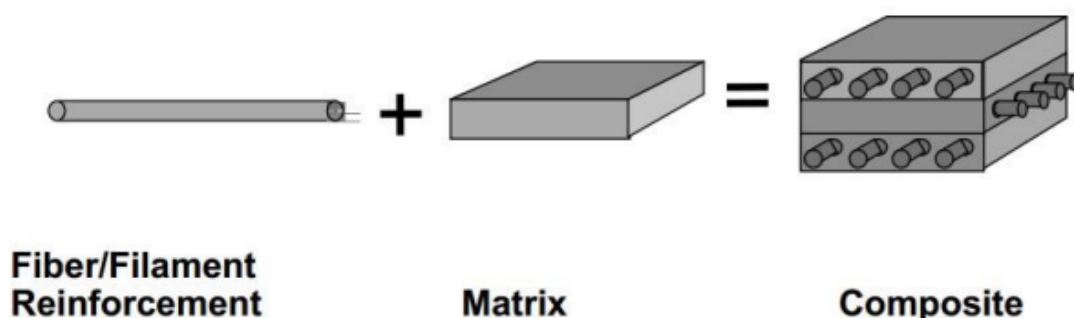


Figure 1. Fiber/Filament Reinforcement, Matrix, and Composite (Mrazova, 2013).

Strength and light structure are the difficult subjects for every industry. Composite Materials' have advantages such as smaller weight, galvanic corrosion elimination, tightness, good sealing, damping properties, good vibration, low production cost, energy, uniform stress distribution, and decreased stress concentrations (Ahmed, 2018).

Composite material rate of usage has reached a balance in various industries. Maritime 50 percent, wind energy 65 percent, electric and electronic 35 percent, and consumer goods 13 percent. In other industries, the share of composite material;

- Aviation and space will increase from 9 percent to 12 percent.
- Construction and building industry will increase from 6 percent to 10 percent.
- Tank and pipe will increase from 1 percent to 2 percent.

is expected (Konu, 2016).

Industrial and academic researchers have recently focused on composites, improving the developing research field. For example, researchers are improving the properties of composite by adding filler materials to maximize their potential.

Prasad et al. (2018) aimed to research the effect of  $\text{TiO}_2$  in improving the mechanical, water absorption, and thermal properties of the flax fiber reinforced epoxy composites.  $\text{TiO}_2$  enhanced the tensile, bending, impact, and interlayer shear strength values. The results exhibit a significant improvement in the strength of the composite with the addition of  $\text{TiO}_2$ . Naveen et al. (2019) researched the mechanical and tribological properties of nylon66 composites with  $\text{TiO}_2$  at various investigations. Tensile strength, modulus, and flexural strength, compressive strength tests were used on specimens. The result of the test, in the development of the Tribological, mechanical, and thermal features of the composites with a decrease in coefficient of friction and wear rate up to 4 wt% of  $\text{TiO}_2$  filled with the glass fiber.

Furthermore, it was analyzed that at 2 wt% of  $\text{TiO}_2$  filled with 2 wt% glass fiber, there is an effective improvement in tribological features with a reduction in coefficient of friction and wear rate. Karol (2017), epoxy resin was used as the carbon fiber reinforced composite polymer. Also, silicon carbide, magnesium silicate (talc), and kaolin are preferred as additive materials. Although no action was taken to increase the wettability of the materials used as reinforcement, an increase was observed in the tensile and flexural strength values of kaolin and magnesium silicate added to carbon fiber composites.

Yetgin, (2017), mechanical properties such as impact and tensile of polypropylene, talc, ethylene propylene diene monomer composite samples were researched. Talc added to polypropylene polymer increased the tensile strength, and modulus of elasticity increased while impact strength increased.

Anaklı et al. (2018), in their study, among the inorganic powder materials, layered silicate clays such as the best-known montmorillonite, mica, talc, and hectorite are preferred in composite preparation due to their large surface areas and layered structures suitable for nanocomposite preparation. Talc, an aqueous magnesium silicate with the chemical formula  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ , has a layered structure. Because weak Van der Waal's forces hold the layers, it has weak shear stress and can be easily dispersed in the polymer. Hence, it is used as a filling material with various polymers. In addition, it has been observed that when used with polymers, it decreases the crystallization half-life, increases the crystallinity, and reduces the processing time. Because of these features, researchers used talc to prepare nanocomposites with different insulating polymers. Talc/polypropylene nanocomposite exhibit both thermal and mechanical properties development.

This study investigated the mechanical properties of carbon fiber composite with 0, 0.5, 1, 2, and 4 wt%  $\text{TiO}_2$  and talc added to epoxy. There are separate studies of  $\text{TiO}_2$  and talc in the literature using different additives added to

other fiber elements or materials. In the literature, researchers look into mechanical and tribological properties were investigated. On the other hand, the current study investigated the mechanical properties of TiO<sub>2</sub> and talc ratios, which are used as additives in carbon fiber epoxy resulting from the tensile test.

## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Materials

#### 2.1.1 Properties of Talc Material

Talc is a raw material. Talc is used in many industrial products such as cosmetics, pesticides, pharmaceuticals, paper, food, paint, plastics, ceramics, and textiles (Ersoy et al., 2013).

Talc was provided from Omnis composite company. Chemical properties of talc materials is that MgO 32%, SiO<sub>2</sub> 62%, CaO 1,8max%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,3%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,6% max. Physical properties are density (ISO 787/10) 2,73gr/ml hardness. There are some general properties of talc. For instance, Largest Grain ((average grain diameter) 99 %) is 23,7 µm. Also, average grain large ((average grain diameter) 50 %) is 4,52 µm and pH 8,2.

#### 2.1.2 Properties of Titanium Dioxide Material

Titanium dioxide is a widely used and known material. Its intrinsic electronic and structural properties make it extensively used. For example, titanium dioxide can be seen in white and colored paint. Titanium dioxide has UV-blocking properties. Because of this property, it is used for sunscreen products. Titanium dioxide is also present in plastics and coatings, especially for external uses as a UV light barrier, where the aging effect of light must be minimized (Korotcenkov,2020).

Titanium dioxide was provided from Omnis composite company-Dupont. The properties of titanium dioxide are TiO<sub>2</sub>, wt%, min. 93, specific gravity 4, bulking value, L/kg (gal/lb) is 0.25 (0.03), pH 7.9, resistance at 30°C (86°F) (1,000 ohm) 8.1 and carbon black undertone 11.7.

#### 2.1.3 Properties of Carbon Fiber

Carbon fiber is also determined as graphite fiber, a very lightweight and strong material. Carbon fiber is five times stronger, two times lighter, and stiffer than steel, making it a significant production material for parts. Therefore, engineers and designers, who work in industrial manufacturing, prefer carbon fiber manufacturing (Bajpai, 2017).

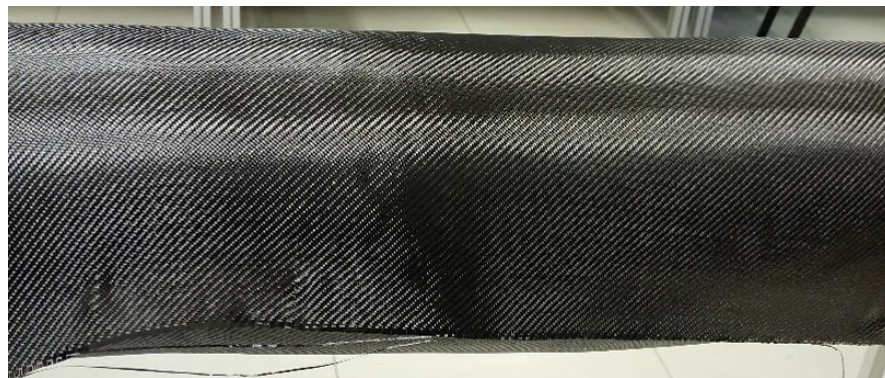


Figure 2. Carbon Fiber

#### 2.1.4 Epoxy Resin

Fibermak F-3486 activator and Fibermak F-1564 resin were used fabrication of the composite. Activator (34 wt%) and resin (66wt%) were combined with an epoxy mixture.

## 2.2 Method

### 2.2.1 Fabrication of Composites

Carbon fiber epoxy composite, reinforced with titanium dioxide and talc, was produced with a hand lay-up process. In the production of composite materials, carbon fiber fabric was used in six layers. Various concentration 0%, 0.5%, 1%, 2%, and 4% titanium dioxide and talc, which is added to epoxy, were used in reinforced composites. The specimens were designed with AutoCAD. After that, composites were cut with a water jet for the tensile test. Test specimens were prepared according to the ASTM D3039 standard.

### 2.2.2 Testing The Strength of Composites by Tensile Test

Mechanical properties are shown in materials specifications to compare different materials and understand their quality for applications (Asmatulu et al., 2015). The composite samples were tested using a Teskon tensile test machine. Tensile tests were done at the speed of 25 mm/min. Each specimen was placed between the grips of the Teskon tensile machine. The material tensile test's result was recorded spontaneously by the test machine. Then, the results were given as a stress-strain curve by the computer. Figure 4 shows the image of tensile testing of the samples.



Figure-3. Teskon Tensile Test Machine

## 3. RESULT AND DISCUSSION

The bar graph showed the result of tensile test values of carbon fiber composites in the presence and absence of titanium dioxide and talc. Figures 4 and 5 seem that the result of the tensile test, the best tensile strength was obtained from the 0.5 wt% talc and 1wt% titanium dioxide. In the comparison of 0 and 0.5 wt% of talc in the matrix, the tensile result of the samples increased from 329.5 MPa to 392 MPa, corresponding to a 19% improvement in the tensile strength. A significant increase was observed as a result of the tensile test in talc, and titanium dioxide reinforced composite samples. On the other hand, because of the non-homogenous distribution of additives observed the decrease of talc after 0.5 wt% and increase and decrease of  $\text{TiO}_2$  additives tensile strength. In the comparison of unreinforced carbon fiber composites and reinforced carbon fiber composites, it has been understood that the tensile behavior of talc and titanium dioxide reinforced composite specimens have been significantly changed, added by reinforcement percentage.

Produced carbon fiber composite (unreinforced) and reinforced with titanium dioxide and talc carbon fiber composite's specimens tensile test average result is on the below figure 4 and figure 5.

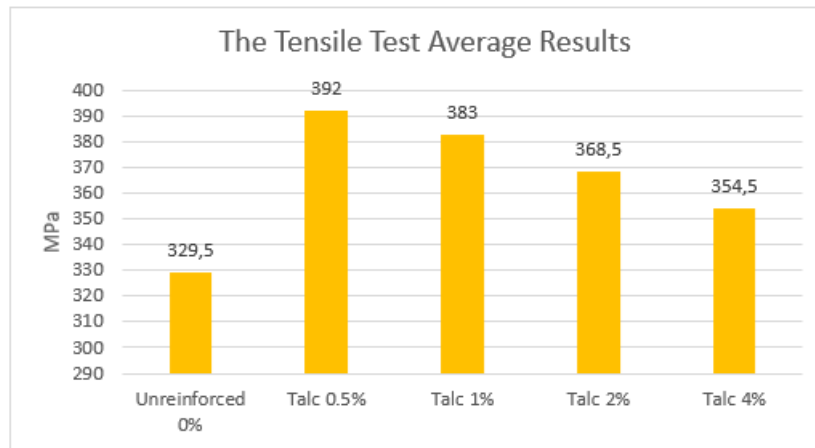
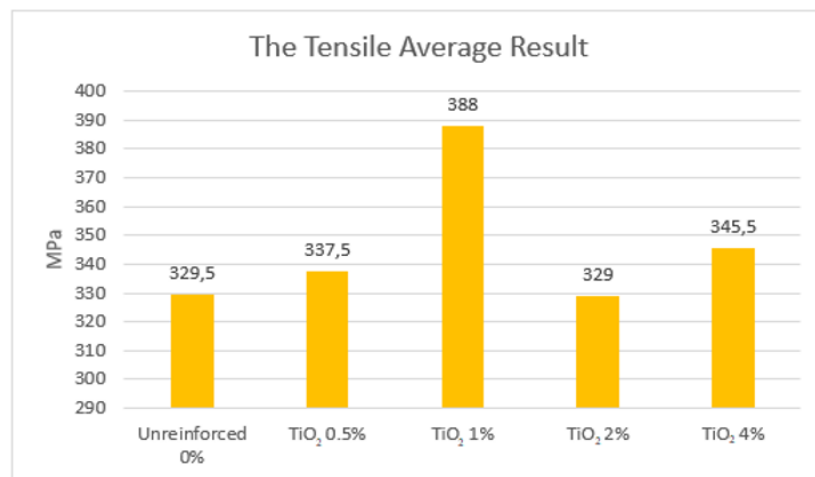


Figure-4. Carbon Fiber Epoxy Composite Unreinforced and Talc Tensile Test Results

Figure-5. Carbon Fiber Epoxy Composite Unreinforced and TiO<sub>2</sub> Tensile Test Results

Prasad et al. (2018) aimed to research the effect of TiO<sub>2</sub> in improving the mechanical, water absorption and thermal properties of the flax fiber reinforced epoxy composites. TiO<sub>2</sub> enhanced the tensile, bending, impact and interlayer shear strength values. Karol, (2017), epoxy resin was used as the carbon fiber reinforced composite polymer. Also, silicon carbide, magnesium silicate (talc), and kaolin are preferred as additive materials. As a result, an increase was observed in the tensile and flexural strength values of kaolin and talc added carbon fiber composites.

Bagatır, T. (2018) showed that, 0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5% and 1% graphene was added to epoxy. Composite specimens were tested by a universal tensile test. Tensile test results exhibited the maximum tensile strength in 0.2% graphene reinforced epoxy composite. Although 0.4% Graphene reinforced fiber composites have the highest tensile strength, to compare 0.2% graphene reinforced fiber composite, it is understood to show no significant increase. The usage of graphene positively affected the strength of the composite. In this study, the usage of talc and TiO<sub>2</sub> additives also increased the strength of composites.

Topcu et al. (2020) showed the positive mechanical effect of using different concentration multi-wall carbon nanotubes in their article. Scanning electron microscopy (SEM) and X-ray diffraction (XRD) micrographs were used to determine the porosity, hardness, and density features to observe if they are affected or not concerning the performance of composites in different reinforced rate % MWCNT conditions. Along with XRD and SEM studies, this was exhibited by a successive increase in hardness and abrasion resistance.

Yaman, O.F. (2017) in the study that homogenization problems may occur during the mixing and spreading of carbon particles. Because of the mechanical mixing, regional differences may occur in the carbon plates.



#### 4. CONCLUSION

Titanium dioxide and talc were incorporated with Carbon fiber, and the obtained composites were analyzed with a universal tensile test. Tensile test results showed that adding talc and titanium dioxide to carbon fiber composites increased the strength.

Carbon fiber epoxy composite reinforced with 0.5% talc and 1% titanium dioxide have the best tensile strength. However, comparing the weight ratio of 0.5 talc and 1, 2, 4 wt%, increasing the weight ratio at talc, the tensile strength decreased. Moreover, increasing the weight ratio of titanium dioxide by 0.5%, 2%, and 4%, a significant difference in tensile strength results was not found. Therefore, the result of the comparison of unreinforced carbon fiber composites with talc and titanium dioxide reinforced composite specimens showed that the reinforcement percentage by weight changed the composite's strength.

#### Acknowledgment and Declarations

The authors greatly acknowledge Sevim Direk for her endless support.

The authors have no conflicts of interest to declare.

This publication was produced from the master thesis of Ertunga DIREK, Istanbul Commerce University, Institute of Science, Mechatronics Engineering master program with thesis, advisor of thesis is Muhammet CEYLAN.

#### REFERENCES

- Ahmed, B. F. A. , 2018. Investigation of The Effect of Nanoparticles on adhesion of Single Lap Joints in Composites. University of Gaziantep, Natural and Applied Sciences, M.Sc. Thesis, 89 pages, Gaziantep
- Anaklı, D., Çetinkaya, S., Karakışla, M., Sacak, M. 2018. Synthesis and Characterization of Conductive Poly(o-anisidine)/Talc Composite. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 403-412 pages
- Andrei, G., Dima, D. & Andrei L. 2006. Lightweight Magnetic Composites for Aircraft Applications. Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, Volume 8, 726-730 pages
- Asmatulu, R., Khan W. S., Reddy R. J., Ceylan, M. 2014. Synthesis and Analysis of Injection-Molded Nanocomposites of Recycled High-Density Polyethylene Incorporated with Graphene Nanoflakes. Wiley, 1565-1573.
- Bagatır, T. (2018). Grafen Nanopartikül Takviyesinin Kompozit Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi, Batman.
- Bajpai, P. (2017). Carbon Fibre. In Carbon Fibre from Lignin (pp. 17-23). Springer, Singapore.
- Ersoy, B. Sedef, D., Yıldız, A., Gören, R., Elitok, Ö. (2013). Mineralogical and physicochemical properties of talc from Emirdağ, Afyonkarahisar, Turkey. TÜBİTAK Turkish Journal of Earth Sciences, 632-644.
- Jones, R. M. (2014). Mechanics of Composite Materials. CRC Press.
- Karataş, M. A., & Gökkaya, H. (2018). A Review on Machinability of Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) and Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) Composite Materials. Elsevier. Volume 14. 318-426 pages.
- Karol, H.B. (2017). Farklı Takviye Malzemeleri İlave Edilmiş Karbon Fiber Kompozit Malzemelerin Mekanik Davranışlarının Analiz Edilmesi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 100, Edirne.
- Khan, M. S., & Javed, A. (2020, April). Stress and Deformation Analysis of Helicopter Propeller Made of Composite Material Using Finite Element Analysis. International Bhurban Conference on Applied Sciences & Technology(IBCASP).
- Korotcenkov, G. (2020). Titanium (TiO<sub>2</sub>) and Its Applications. Elsevier, Netherlands.

Konu, Ö. (2016). Türk Kompozit Sektörü 2016 Yılı Değerlendirilmesi Ve 2017 Yılı Beklentileri.

Mrazova, M. (2013). Advanced Composite Materials of The Future in Aerospace Industry. Incas Bulletin, 5(3), 139.

Naveen, P., Goriparthi, B. K., Mayee, M. C. (2019) Evaluation of Mechanical Properties on TiO<sub>2</sub>/GF Reinforced Nylon66 Composites. Elsevier. 240-245 pages.

Prasad, V., Joseph, M. A., Sekar K. (2018). Investigation of Mechanical, Thermal and Water Absorption Properties of Flax Fibre Reinforced Epoxy Composite with Nano TiO<sub>2</sub> Addition. Elsevier. 360-370 pages.

Puttaraju, D. G., & Hanumantharaju, H. G. (2022). Finite Element Analysis and Validation of Tensile Properties of Carbon Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites. Elsevier. 2800-2807 pages.

Topcu, I., Gulsoy, H. O., Gulluoglu, A. N., 2019. Evaluation of Multi-Walled CNT Particulate Reinforced Ti6Al4V Alloy Based Composite Creep Behaviour of Materials Under Staic Loads. Gazi University Journal of Science, 286-298.

Topcu, I., Ceylan, M., Yılmaz, E. B., 2020. Experimental Investigation on Mechanical Properties of Multi Wall Carbon Nanotubes (Mwcnt) Reinforced Aluminium Metal Matrix Composites. Journal of Ceramic Processing Research 21(5), 596-601.

Yaman, O. F. (2017). CNT Takviyeli Karbon Epoksi Yüzeve Sahip Nomex Çekirdekli Sandviç Yapının Eğilme Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.


Yetgin, S. H. 2017. Talk ve EPDM Miktarının PP/Talk/EPDM Kompozitinin Mekaniksel Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. Journal of Science and Engineering. Cilt 19. 295-303.

Araştırma Makalesi

## GEOMETRİK DÜZENLEMELERİN YAYA TRAFİĞİ VE ARAÇ TRAFİĞİNE ETKİLERİ (BAHÇELİEVLER ÖRNEĞİ)

**Mustafa İslam ÖKSÜZ<sup>†</sup>, Yalçın EYİGÜN<sup>††</sup>**<sup>†</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye<sup>††</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Türkiye

mustafaoksuztr@gmail.com, yeyigun@ticaret.edu.tr

 0000-0002-1932-1539, 0000-0001-9931-8294**Atıf/Citation:** ÖKSÜZ, M. İ., EYİGÜN, Y., (2022). Geometrik Düzenlemelerin Yaya Trafik Ve Araç Trafikine Etkileri (Bahçelievler Örneği), Journal of Technology and Applied Sciences 5(2), s. 49-63, DOI: 10.56809/icujtas.1150104

### ÖZET

Sürekli artan nüfus ve ekonominin büyümesi insanların ortak kullanım alanlarını kısıtlamakta, trafiğin yoğunlaşmasına ve kavşakların kapasitesinin yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Mevsimlik göçlerin, günlük işlerin ve turistik ziyaretlerin sebep olduğu anlık nüfus artışlarında da mevcut trafik çözümleri yetersiz kalmaktadır. Bir ilçenin yapı taşları olarak; o ilçenin insanlarını, yapılarını, coğrafi özelliklerini, ulaşım ağlarını vb. örnek gösterebiliriz. Günümüzde gelişen teknolojik ve ekonomik etkiler, bu unsurları vazgeçilemez kılmaktadır. Odağın insan olduğu ilçelerde ulaşım çok önemli olduğu gibi ilçelerde bulunan yollar da o ilçenin tarihini, kültürünü ve sosyoekonomik seviyesini yansıtır. Bu çalışmada, İstanbul'da bulunan Bahçelievler Ünverdi Kavşağı'nın sorunları ele alınmış, kavşağın mevcut geometrisi ile geliştirilen öneri projeler karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** geometrik düzenleme, kavşak, sirkülasyon, trafik, ulaşım

## EFFECTS OF GEOMETRIC DESIGN ON PEDESTRIAN TRAFFIC AND VEHICLE TRAFFIC (BAHÇELİEVLER EXAMPLE)

### ABSTRACT

The growing population and economy are limiting the common use of people, causing traffic to intensify and lack of capacity for intersection. Current traffic analysis is also insufficient in instantaneous population increases caused by seasonal migration, day-to-day work and tourist visits. As the fundamental elements of a district, we can accept the district's people, structures, geographical features, transportation networks, etc. Today, developing technological and economic effects make these elements indispensable. Transportation is very important in the districts where the focus is on people, and roads in the districts reflect the history, culture and socioeconomic level of that districts. In this study, problems of Bahçelievler Ünverdi Interchange in İstanbul are discussed and examined, the existing geometry of the intersection and the proposed projects were compared and the results were evaluated.

**Keywords:** geometric design, intersection, circulation, traffic, transportation

Geliş/Received	:	28.07.2022
Gözden Geçirme/Revised	:	31.07.2022
Kabul/Accepted	:	16.08.2022

## 1. GİRİŞ

Kişilerin ve eşyaların yarar sağlamak amacıyla yer değiştirmesi olan ulaşım, karayolları, demiryolları, havayolları, denizyolları, bilgi ve iletişim altyapısı ile her ülke için en temel unsurlardan sayılır. Sağlık, ekonomi, eğitim gibi diğer temel unsurların da tamamlayıcısıdır. Ulaşım kendi içerisinde karayolu ulaşımı, denizyolu ulaşımı, demiryolu ulaşımı ve havayolu ulaşımı diye türlere ayrılır. Dünya geneline bakıldığında ise demiryolları, karayollarına göre daha fazla tercih edilen Japonya hariç, tüm ülkelerde en çok tercih edilen ulaşım türü karayollarıdır.

Tüm karayolları temellerinde aynı standartlara sahip olsalar da, ülkelere göre bazı farklılıklar gösterebilirler. Bu farklılıkların oluşmasındaki etkenler genellikle ekonomik, sosyal ve coğrafi koşullardır. Taşıtların, insanların ve hayvanların yollar üzerinde gerçekleştirdikleri hal ve hareketlerin tümüne trafik denir. Nüfusun her geçen gün artması sebebiyle ortak kullanım alanları da artmaktadır. Özellikle kentlerde ve kentleşmenin olduğu bölgelerde taşıt ve yaya yoğunluğu oldukça fazladır. Ekonominin ve teknolojinin de etkili olduğu bu yoğunluk artışlarının sonucunda yoğun trafiklerin oluşması kaçınılmazdır.

Tüm ulaşım türlerinde yoğun trafikler mevcuttur fakat insanların, taşıtlarla veya yayalar olarak direkt içerisinde buldukları karayollarında yoğun trafikler daha çok göze çarpmaktadırlar. Karayollarında oluşan yoğun trafiklerin başlıca sebeplerinden birisi ise kontrolsüz ve düzensiz kavşaklardır. Kavşaklar iki ya da daha fazla yolun kesişmeleri sebebiyle meydana gelen alanlardır. Kavşaklar kendi içlerinde kotlara göre ikiye ayrılırlar. Aynı kotlarda birbirleriyle kesişen yolların oluşturduğu kavşaklara hemzemin kavşaklar denir ve bu kavşaklarda farklı akımlar sırayla hareket edebilirler. Farklı kotlarda birbirleriyle kesişen yolların oluşturduğu kavşaklara ise katlı kavşaklar denir ve bu kavşaklarda farklı akımlar aynı anda hareket edebilirler.

Hemzemin kavşaklar, kavşağın yapısına ve işleyişine uygun bir biçimde sinyalizasyon sistemleri ile desteklenerek yapılacak geometrik düzenlemelerle, kontrollü ve daha verimli hale getirilebilirler. Fakat sinyalizasyon kavşaklarda yer alan akımların talepleri zamanla değişkenlik gösterebilirler ve bu tip durumlarda sabit zamanlı sinyalizasyon kavşaklarının işleyişinde ciddi aksamlar yaşanır. Genellikle ana yollar ile tali yolların kesiştiği kavşaklarda yapılacak olan geometrik düzenlemeler ile kavşağın her koluna loop ve erişilebilir yaya butonu koyularak o kavşak tam trafik uyarımlı kavşak haline getirilebilir. İhtiyaca göre yalnızca yan yollara veya dönüş ceplerine yada yol üzerine yalnızca butonlu yaya sinyali koyulabilir, bu kavşaklara da yarı trafik uyarımlı kavşaklar denir.

Kent içi ulaşım türlerinin belirlenmesi ve bunlar arasındaki uyumun sağlanması ulaşım planlamasında önemli bir yere sahiptir. Belirlenecek ulaşım türünün seçiminde taşıta değil insana öncelik vermesi, bölge ihtiyaçlarını karşılaması, bölgenin topoğrafik yapısına uygun olması, çevresel, insani ve tarihi değerlere zarar vermemesi gibi özellikler göz önünde tutulmalıdır (Ağaoğlu & Başdemir, 2019). Ülkemizde kentlerde bir gün içinde gerçekleştirilen yolculuk sayısı 40 milyonun üzerindedir ve kara yolculuğu, toplam demir, deniz ve hava yollarıyla gerçekleştirilen yolculuktan tam 15 kat daha fazladır. Bu oran kent içi ulaşımına ne denli önem verilmesi gerektiğinin altını tekrar çizmekte ve sektörün boyutunu gözler önüne sermektedir (Kent İçi Ulaşım Alt Komisyonu, 1995).

Hemzemin kavşaklarda yapılacak olan geometrik düzenlemeler ile trafikler daha akıcı hale gelir, bekleme süreleri azalır bu sebeple de taşıtların trafikte geçirdikleri vakit azalır, çevre kirliliği ve gürültü kirliliğinin azalmasına katkı sağlanır, azalan yakıt tüketimi ile ekonomiye katkı sağlanır ve oluşturulan güvenli süreler ile kazalar en aza indirilir.

## 2. ÇALIŞMANIN AMACI, KAPSAMI VE YÖNTEMİ

### 2.1 Çalışmanın Amacı

Günümüzde tüm kent merkezlerinde ulaşım talepleri artmaktadır, artan bu talepler ulaşım sorunlarını da beraberinde getirmektedir, bu sorunlar ise kontrolsüz ve plansız bir biçimde çözülmeye çalışılmaktadır. Sorunların giderilmesi için yapılan plansız ve kontrolsüz çözümler daha fazla ses ve görüntü kirliliğine, daha yüksek maliyetlere, mevcut tarihi yapının zarar görmesine, kentin huzurunun bozulmasına sebep olmaktadır. Özellikle İstanbul gibi köklü şehirlerin sürekli genişlemesi ve gelişmesiyle birlikte artan motorlu taşıt trafiği, trafik sıkışıklıklarına sebep olmakla birlikte trafikte yaya güvenliğini de tehdit

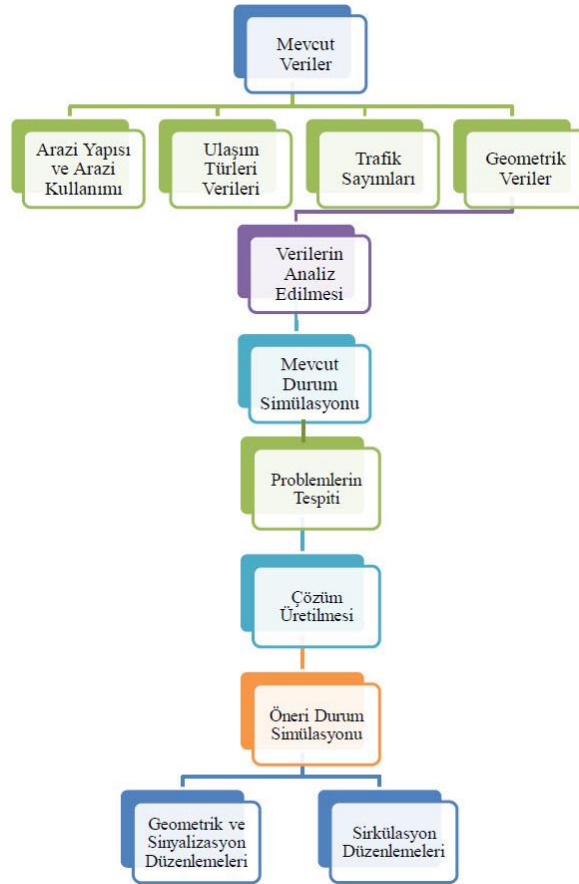
etmektedir. Bu çalışmada, İstanbul'da belirlenen bazı sorunlu noktalarda yapılacak olan geometrik düzenlemeler ile yaşanan sorunların trafik mühendisliği önerileriyle çözülmesi amaçlanmaktadır.

## 2.2 Çalışmanın Kapsamı

Çalışma kapsamında, çalışma yapılacak lokasyonlarda yaşanan ulaşım problemlerinin tespit edilmesi amacıyla ilçelerin ulaşım ağı ile ilgili bazı bilgiler toplanmış, taşıt trafiği için sayımlar yapılmış, problemler yerinde incelenmiş ve çözüm için öneriler geliştirilmiştir. Yapılan tüm analizler ve incelemeler sonucunda, tespit edilen problemlerin çözümü için geometrik düzenlemeler yapılmıştır. Yapılan tüm çalışmaların gelecek yıllarda da faydalı olabilmesi amaçlanmıştır.

## 2.3 Çalışmanın Yöntemi

Bahçelievler ilçesinde öncelikle, bölgeye hâkim yetkililer ile saha çalışmaları gerçekleştirilmiş, trafik ve ulaşım sistemlerinin altyapılarındaki mevcut durumlar incelenmiştir. Arazi yapısının ve kullanımının da analizinin yapıldığı bu saha çalışmalarında, trafiğin akışını etkileyen ve ulaşımı aksatan tüm olumsuzluklar belirlenmiştir. Bölgeye hâkim yetkililerden lokasyonların en yoğun olduğu günler ve pik saatler öğrenilmiştir, öğrenilen bu saatlerde çalışmaların yapılacağı alanlarda sabah ve akşam olmak üzere ikişer saatlik taşıt ve yaya sayımları yaptırılmıştır. Çalışmaların yapılacağı bazı alanlarda ise, çizilecek projeler için gerekli olan, arazinin topoğrafik detaylarının tümüne sahip plankote (bir arazinin kotlarının sistematik olarak belirlenmesi için yapılan ölçekli ve kotlu krokiler) haritaları hazırlanmıştır. Ulaşım ile ilgili gerekli tüm bilgiler toplanmış ve bu bilgiler ile mevcut simülasyonlar (araç trafiğinin, yayaların, toplu taşıma araçlarının, bisiklet sürücülerinin ve tüm yol kullanıcılarının etkileşimlerinin sanal ortamda tek bir modelde birleştirildiği ölçekli yazılımlar) oluşturulmuştur. Oluşturulan bu simülasyonlar ile mevcut sorunlar birde sanal ortamda incelenmiştir ve yapılan incelemeler sonucu gözden kaçan problemler varsa tespit edilmişlerdir.



Şekil 2.1. Çalışma Yönteminin Şematik Anlatımı

### 3. ÇALIŞMA ALANININ MEVCUT DURUMU VE MEVCUT DURUM ANALİZLERİ

#### 3.1 Çalışma Alanının Konumu

Yol, yaya ve taşıt üçgeninde ulaşımın temelini projeler, planlamalar ve yönetimler oluşturmaktadır. Kentlerde yaşanan trafik sorunlarının çözülmesi ve gelecek için düşünülen yatırımların daha sağlıklı uygulanabilmesi için ulaşım planlamaları ve trafik mühendislik çözümleri çok önemlidir. Bu sebeple kentler için geometrik düzenlemeler ve simülasyon çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalar trafik sinyalizasyon sistemlerinin yönetimleri ile de desteklenerek trafik iyileştirilmeleri sağlanmaktadır. Kentlerde yol ve kavşak geometrileri hemen çoğu kez trafik mühendisliği prensipleri çerçevesinde şekillenmedikleri için, başarıyla hizmet verememektedirler (Murat, 2004/1).

Bahçelievler Ünverdi Kavşağı'nın çevresinde yaşanan yaya geçiş tehlikeleri, taşıt sirkülasyonundaki verimsizlikler ve diğer ulaşım problemleri yeni geometrik düzenlemeler yapılmasını gerektirmiştir. Avrupa kıtasında yer alan Bahçelievler, 16,7 km<sup>2</sup> yüz ölçümü ile Türkiye topraklarının %0,002'sini kaplamaktadır ve nüfusu 592 bin 371'dir. Özel araç kullanımının yaygın olduğu ilçede toplu taşıma araçları olarak belediye otobüsleri, metrobüsler, metrolar, tramvaylar, minibüsler, dolmuşlar ve taksiler kullanılmaktadır.



Şekil 3.1. Çalışma Yapılacak İlçenin Konumu

#### 3.2 Ulaşım Sistemi Verileri

Bahçelievler karayolu bağlantıları, km<sup>2</sup>'ye düşen otoyol ve bölünmüş yol uzunluğu miktarlarıyla Türkiye'nin ve İstanbul'un önemli ilçesidir. Bahçelievler ilçesi kapsamında D-100 Bahçelievler Kuzey Yanyol (Sadettin Tantan Caddesi), Eski Edirne Yolu, Tavukçu Deresi Yolu, Eski Londra Asfaltı Caddesi, Mahmutbey Yolu, Çobançeşme Güneşli Yolu, Basın Ekspres Yolu, Adnan Kahveci Bulvarı ve Talatpaşa Caddesi trafik üretimi bakımından ilçe için önemli akslardır. Bahçelievler'de 100 adet ana arter bulunmaktadır ve ilçede birçok köprülü kavşak, battı çıktı vb. bulunduğu gibi otoyollara da birçok katılımlar mevcuttur.

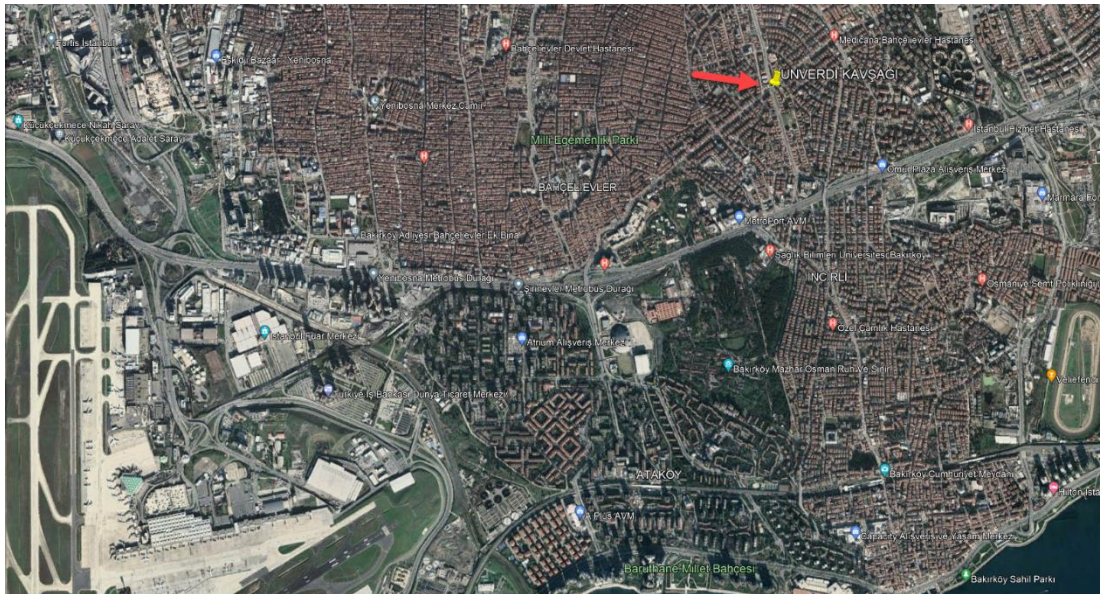
Bahçelievler Ünverdi Kavşağı çevresinde taşıt trafiğinin yanı sıra yaya sirkülasyonları da önem taşımakta, araç parklanmalarının düzensiz olması trafik sorunlarının yaşanmasına neden olmaktadır. Bahçelievler ilçesinde bulunan mevcut yol ağı ve trafik sirkülasyonu detaylı şekilde irdelenmiştir. Gerekli yerlerdeki tek yön, çift yön uygulamalarının trafiğe olan olumlu ve olumsuz etkileri incelenmiştir. Bu bağlamda mevcut durum ve öneri durum sirkülasyonlarının geometrik düzenleme çalışmalarıyla birlikte değerlendirilmesi yapılacaktır. Tespit edilen ulaşım sorunlarına çözüm getirmesi ve üretilecek öneri projelerde kullanılması amacıyla mevcut trafik sayımlarından faydalanılmıştır. Bahçelievler Ünverdi Kavşağı'nın geometrisinin şehir içine uygun olmadığı tespit edilmiştir. Mevcut geometrinin şehrin göbeğinde görüntü kirliliği oluşturmasına ek olarak taşıt gecikmelerinin olduğu ve kavşağın verimsiz çalıştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3.2. Ünverdi Kavşağı Saha Görüntüsü

### 3.3 İlçenin Ulaşımında Yaşanan Sorunların Tespit Edilmesi

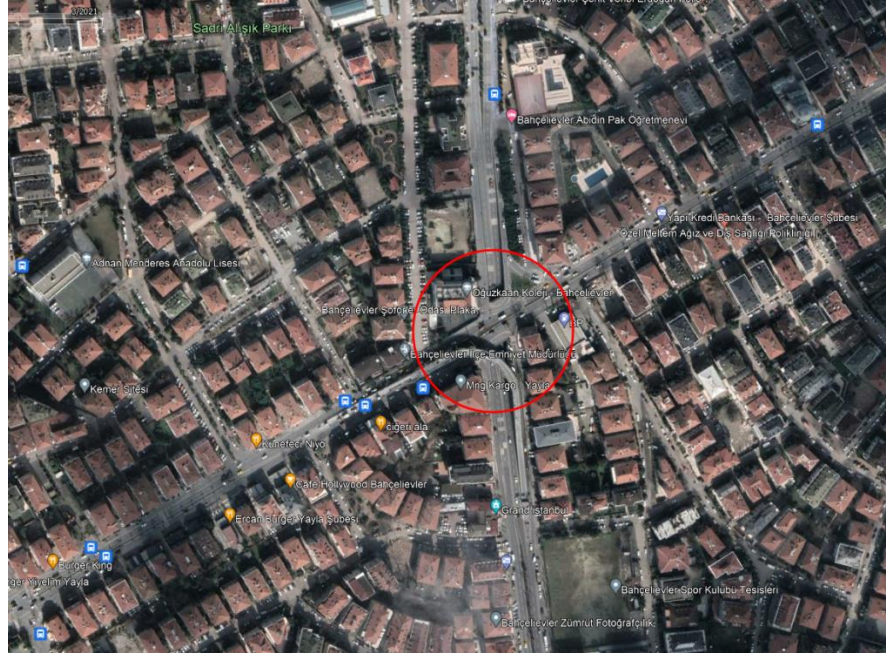
Bahçelievler Ünverdi Kavşağı'nda mevcut durum analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan analiz ve düzenlemelere ayrı ayrı değinilecektir. Sorunları tespit edebilmek amacıyla kavşaklardaki araç yoğunluğunun ve akımlara olan dağılımının bilinmesi gerekmektedir. Trafikğin en yoğun olduğu saate zirve(pik) saat denir. Bu bağlamda zirve saatlerdeki trafik sayımlarından elde edilecek sonuçların kullanılması daha doğru olacaktır. Karayolları üzerinde seyir eden trafikğin sayılması işlemine trafik sayımı denir (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2017). Bu amaçla yapılan trafik sayımlarından ve elde edilen kamera görüntülerinden yararlanılmıştır. Simülasyon çalışmaları da yine bu sayımlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mevcut durumda yaşanan sorunların tespit edilmesiyle birlikte öneri projeler geliştirilmiştir. Düzenleme projelerinde kavşak tasarımları, sirkülasyon düzenlemeleri ve yatay-düşey trafik işaretlendirmeleri, sinyal faz diyagramları detaylandırılmıştır. Bu projelerin öneri durum simülasyonları çalışılmış ve mevcut durum ile kıyaslanması yapılmıştır. Çalışma kapsamında; Bahçelievler Ünverdi Kavşağı incelemeleri yapılmıştır.



Şekil 3.3. Geometrik Düzenleme Yapılacak Kavşağın Konumu

### 3.3.1 Bahçelievler Ünverdi Kavşağı Mevcut Durum Analizi

Nüfusun artmasıyla birlikte taşıt ve yaya sayısının da artması özellikle geometrisi uygun olmayan kavşaklarda kazaların artmasına sebep olmaktadır. Kontrolsüz kavşaklarda yaşanan kazalar, kontrollü kavşaklarda yaşanan kazalara göre sayıca daha fazla ve yaşanan kazaların etkileri de daha acıdır. Eşdüzey kavşaklarda yol güvenliğinin sağlanmasında geometrik düzenlemeler çok önemlidir. Sinyalize kavşaklar, sinyalize olmayan kavşaklara göre daha güvenlidir fakat ekonomik imkanların yetersizliği ve gecikmelerin yaşanması kavşakların tamamının kontrollü kavşak haline getirilmesinin önüne geçmektedir. Tüm kontrolsüz kavşakların, sinyalize kavşağa dönüştürülmesi sürekli artan trafik hacminde kalıcı bir çözüm olmayacaktır. Yapılabilecek en kesin çözüm katlı kavşak uygulamasıdır. Fakat katlı kavşaklar için maddi olanakların daha fazla olması gerekmektedir ve şehir içinde katlı kavşak uygulaması zordur. Bahçelievler Ünverdi Kavşağı'nda olduğu gibi katlı kavşak şehir içinde kalarak zamanla evlerin balkonlarından uzanan insanların deşebileceği pozisyona gelmiştir. Kavşağın her yönünde görmezden gelinemeyecek tehlikeler mevcuttur ve yayalar için alınan önlemler yetersiz kalırken, tünel çıkışında da köprünün ayaklarından dolayı oluşan kör noktalar ve aks bozuklukları vardır. Estetik olarak kötü görüntü oluşturan ve güvenlik olarak yetersiz olan bu kavşağın kaldırılması, akabinde de yerine yeni yapılacak geometrik düzenleme ile tüm ihtiyaçların karşılanması gerekmektedir.



Şekil 3.4. Ünverdi Kavşağı Konumu

Ünverdi Köprüsü'nü Talatpaşa Caddesinden gelerek Adnan Kahveci Bulvarı'na katılan taşıtlar kullanmaktadır. Köprünün kullanımı sabah ve akşam zirve saatlerinde farklılık göstermektedir.

Yolların planlanması, işletilmesi, güvenliği ve uygulanacak politikaların belirlenmesi ile geometrik düzenleme, altyapı ve üstyapı projelendirmeleri vb. gibi tüm mühendislik işlemleri için seyir eden trafikte taşıtlar ve yayalar sayılırlar. Trafik sayımı olarak adlandırılan bu işlem ile problemler çözüldürken, kararlar verilirken ve yönlendirmeler yapılırken merkezin veri olmasını sağlar. Trafik sayımı aynı zamanda karar mekanizmasının daha etkili oluşmasına ve performansların ölçülmesine de katkı sağlar. Belirli bir saat içinde ve yolun belirlenmiş bir kısmında hareket eden taşıtların sayısı ise trafik hacmidir, Q harfi ile gösterilir, birimi taşıt/saat 'tir. 1 saatten daha az süreler (genellikle 15 dakika) için yolun belirlenen bir kısmından geçen taşıt sayılarının saatlik değerlerine akım oranı denir ve q ile gösterilir.



$$q = N_t * 60 / t \quad (3.1)$$

Burada  $q$  akım oranı,  $N_t$  taşıt sayısı,  $t$  ise sayım süresi değerini ifade etmektedir.

Eğer bir yoldan 15 dakikada 700 taşıt geçiyorsa o yolun akım oranı:

$$q = 700 * 60 / 15 = 2800 \text{ ta/sa} \quad (3.2)$$

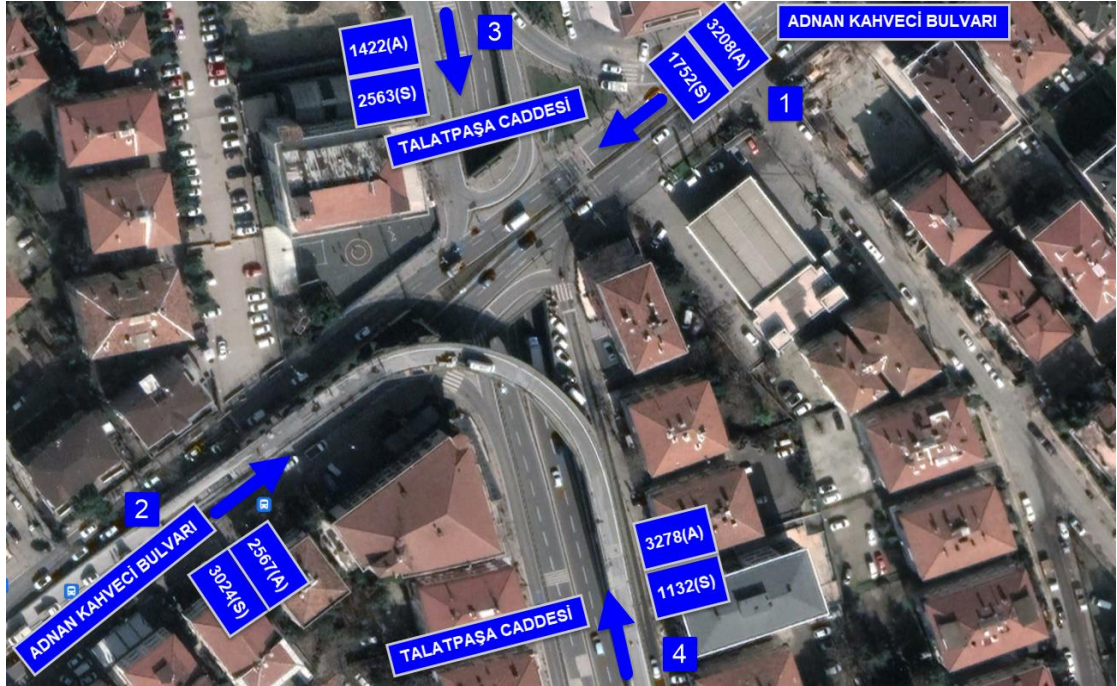
Çalışmalar yapılırken genellikle çalışma yapılacak yolun en yoğun olduğu zamanlar belirlenir. Zirve saat denilen bu saatler akım oranının en yüksek olduğu zamanlardır. Trafikteki dalgalanmayı yansıtan zirve saat faktörünün maximum değeri 1'dir. Zirve saat faktörü 1'e ne kadar yaklaşırsa, uniformluğu da o kadar artar.

$$ZSF = Q / q_m = q / (N_t * 60 / t) \quad (3.3)$$

Köprüyü kullanan araç sayısı;

- Sabah 200 ta/sa (3.4)

- Akşam 700ta/sa (3.5)



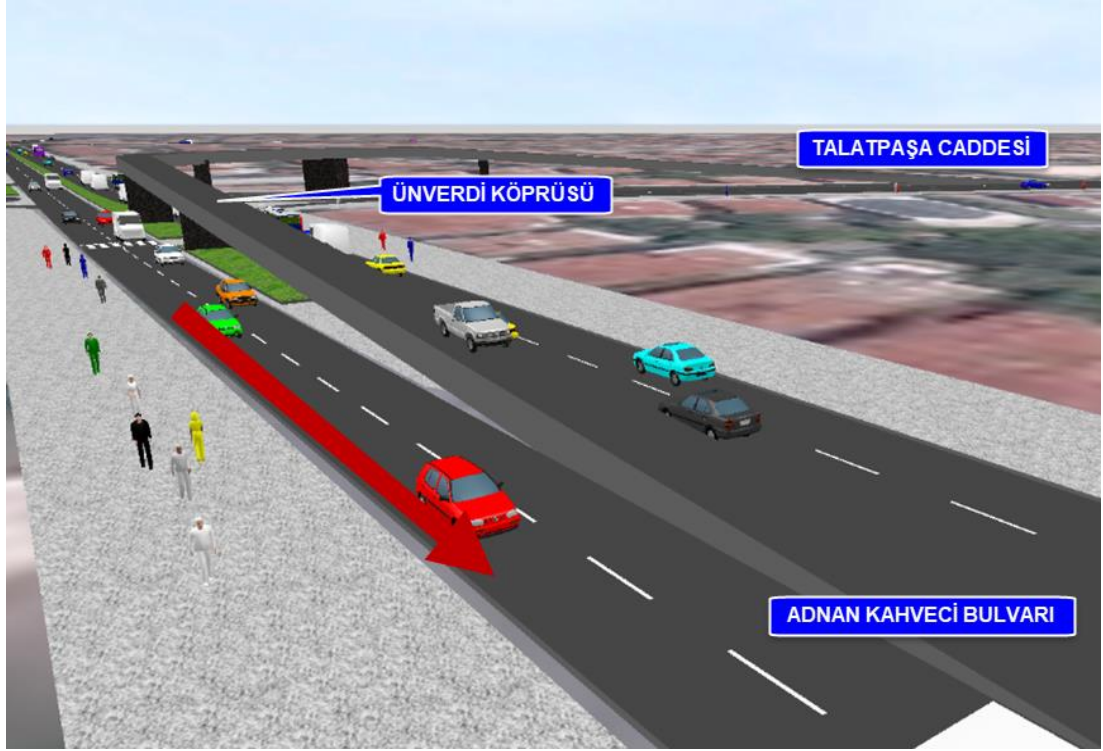
Şekil 3.5. Adnan Kahveci Bulvarı ile Talatpaşa Caddesi Kesişimi Taşıt Geçişleri

Adnan Kahveci Bulvarı ile Talatpaşa Caddesi kesişiminde bulunan kavşak sinyalizede değildir ve köprülü kavşak olarak hizmet vermektedir.

Adnan Kahveci Bulvarı araç sayısı;

- Sabah 800 ta/sa (3.6)

- Akşam 1375 ta/sa (3.7)



**Şekil 3.6.** Ünerdi Köprüsü'nden Adnan Kahveci Bulvarı'na Katılım Mevcut Durum Simülasyon Görüntüsü

Yapılan trafik sayımlarına göre kavşağın mevcut durum simülasyon çalışması yapılmıştır. Bu çalışmaya göre; adını yakınında bulunan Ünerdi İş Merkezi'nden alan Ünerdi Köprüsü'nden Adnan Kahveci Bulvarı'na özellikle akşam pik saatlerde çok sayıda taşıt katılımı mevcuttur. Talatpaşa Caddesi'nden gelen taşıtların, köprüyü kullanarak Adnan Kahveci Bulvarı'na gitmek istemeleri Adnan Kahveci Bulvarı'nın kuzeydoğu yönünden gelen ve güneybatı yönüne ilerlemek isteyen akımını engellediği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra kavşağın Adnan Kahveci Bulvarı'nda sebep olduğu sıkışıklık, bulvarın kuzeydoğusunda bulunan Haznedar Maydanı'nı ve geri vuran köprü de güneydoğudan kuzeybatıya ilerlemek isteyen Talatpaşa Caddesi'ndeki akımı etkilemekte yoğunluk yaşamasına, kuyruklanmalara ve süre kaybına neden olmaktadır. Adnan Kahveci Bulvarı'nın güneybatısında Ferit Selim Paşa Caddesi ile kesiştiği Yayla Kavşağı 3 fazlı sinyalizasyon kavşağıdır ve Adnan Kahveci Bulvarı'na ekstra yük bindirmektedir. İlçe halkı ile yapılan görüşmeler sonucu Ünerdi Kavşağı'nın yaya güvenlik önlemlerinde yeterli olmadığı ve yaya geçişlerinde kazaların yaşandığı öğrenilmiştir. PTV Vissim programı kullanılarak yapılan simülasyon çalışmasında Ünerdi Kavşağı'nın mevcut durumu değerlendirilmiştir. Ünerdi Kavşağı ortalama durma sayısı, ortalama hız, ortalama gecikme süresi, toplam gecikme süresi ve toplam seyahat süresi mevcut durumları analiz sonuçları Tablo 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Ünerdi Kavşağı Mevcut Durum Simülasyon Görüntüsü

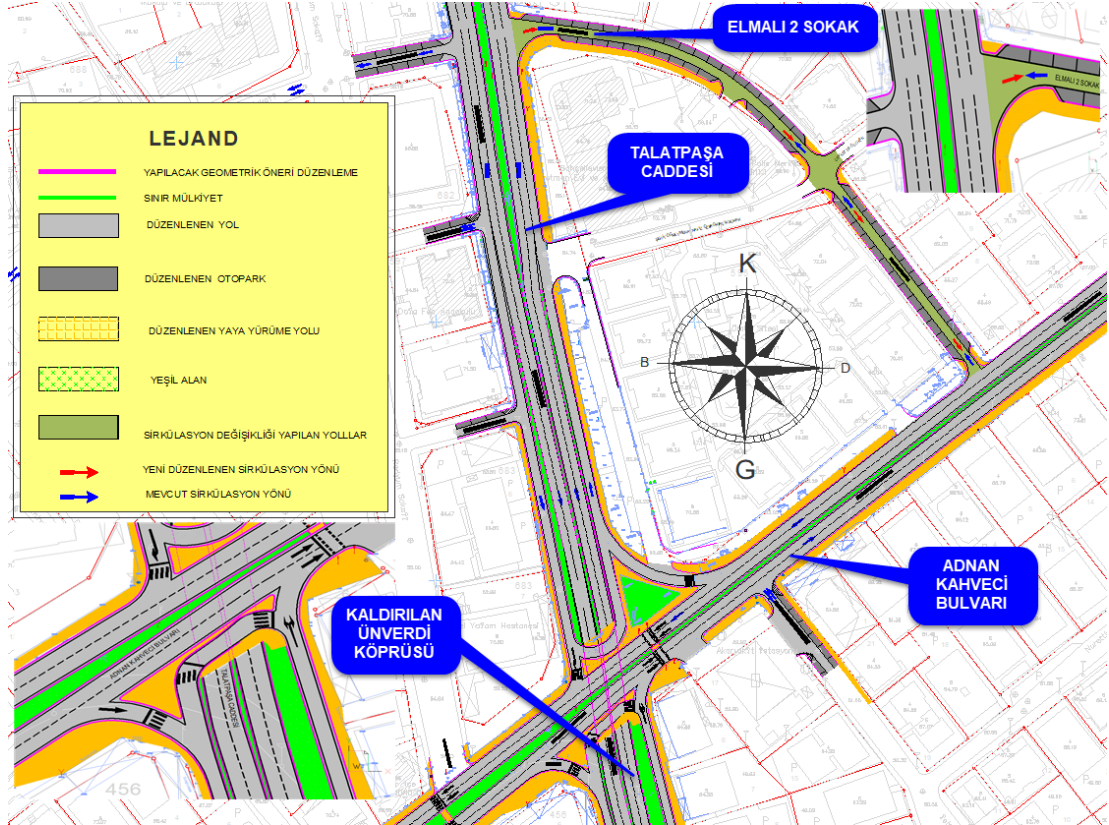
Tablo 3.1. Ünerdi Kavşağı Mevcut Durum Analiz Sonuçları

ÜNVERDİ KAVŞAĞI		MEVCUT SABAH	MEVCUT AKŞAM
Ortalama gecikme [saniye]	Tüm Araçlar	50,64	107,62
Ortalama durma sayısı [#]	Tüm Araçlar	0,95	2,09
Ortalama hız [km/sa]	Tüm Araçlar	16,33	14,21
Toplam gecikme süresi [saat]	Tüm Araçlar	1144,45	1563,38
Toplam seyahat süresi [saat]	Tüm Araçlar	234,09	565,68

## 4. GELİŞTİRİLEN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

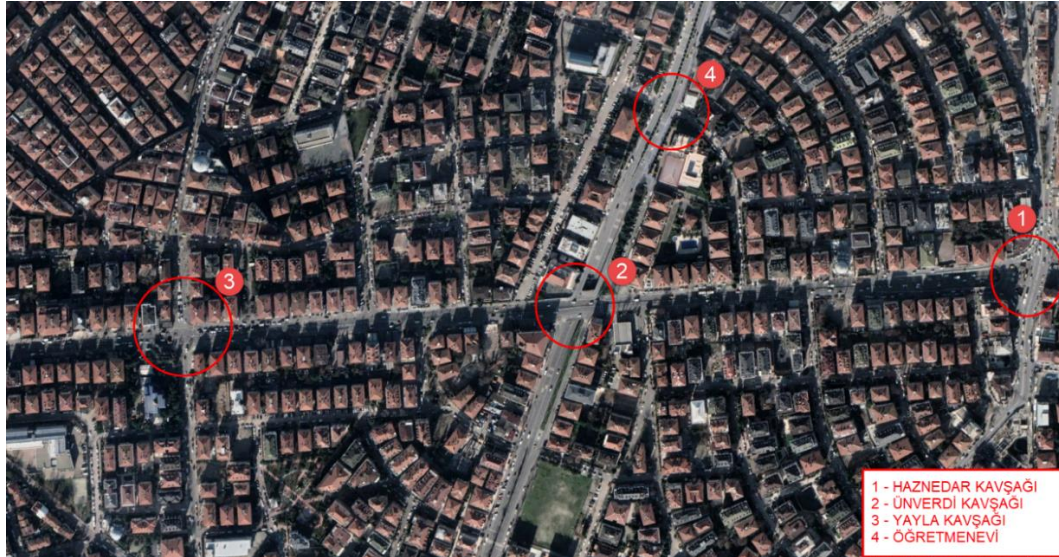
### 4.1 Ünverdi Kavşağı Çözüm Önerileri

Yapılan analiz ve incelemeler sonucunda Bahçelievler Ünverdi Kavşağı için öneri proje geliştirilmiştir. Kavşakta yapılan trafik sayımlarını dikkate alarak, plankoteyle desteklenen güncel halihazırların üzerinden yapılan çalışmalarda mevcutta bulunan köprü kaldırılmış, yeni bir tasarım ve sirkülasyon (trafikte yer alan taşıt hareketlerinin yollar üzerindeki dolaşmaları) çalışması yapılmıştır. Elmalı 2 Sokak'ın Adnan Kahveci Bulvarı'ndan Talatpaşa Caddesi'ne doğru olan mevcut yönü tersi yönde değiştirilmiştir.



Şekil 4.1. Ünverdi Kavşağı Öneri Proje Görüntüsü

Şekil 4.1'de gösterildiği üzere Elmalı 2 Sokak'ın mevcut yönü değiştirilerek Talatpaşa Caddesi'nden gelen ve köprüyü kullanarak Adnan Kahveci Bulvarı'na geçiş yapan taşıtların köprü kaldırıldıktan sonra aynı hareketi yapabilmesi sağlanmıştır. Bu hareket ise Talatpaşa Caddesi'nde devam eden taşıtların, kaldırılan köprü'nün altında bulunan battı çıkıya girmesi ve çıktıktan sonra az ilerisinde bulunan yönü değiştirilen Elmalı 2 Sokak'ını kullanarak Adnan Kahveci Bulvarı'na çıkmasıyla sağlanır. Kaldırılan köprü'nün talebinin karşılanması için, yapılan sayımlar da göz önünde bulundurularak düşünülen bir diğer yönlendirme Şekil 4.2 'de görülen Haznedar Meydanı'dır.



Şekil 4.2. Ünverdi Kavşağı Ve Çevresinde Bulunan Kavşakların Konumları

Talatpaşa Caddesi'nden gelip köprüyü kullanarak sola gitmek isteyen taşıtlar battı çıktığı girmeden mevcut sağ dönüşten Haznedar Meydan'ına doğru giderek, meydana gelmeden mevcutta bulunan u dönüşünü kullanıp köprüyü kullanarak yapacakları hareketin aynısını yapmış olurlar. Trafik kesintiye uğramaması ve emniyet için şehir içlerinde mevcut şartlar müsaade ediyorsa sola dönüş cebi yapılmalıdır. Araçların güvenli ve konforlu bir şekilde yavaşlaması, sol dönüş öncesi depolanması gibi iki husus göz önüne alınarak belirlenmeli ve yoldaki trafik akımını etkilemeyecek şekilde planlanmalıdır(Tunç, 2004). Sol dönüş cebi doğrusal rakordman, kısmi doğrusal rakordman, simetrik ters kurp ile rakordman ve asimetrik ters kurp ile rakordman şeklinde dizayn edilebilir (AASHTO, 2001). Kavşakta tanımsız alan bırakılmamıştır ve mevcut kaldırımlar genişletilmiştir. Mevcut butonlu yaya sinyalinde, yaya güvenliğinin sağlıklı olmaması ve yayaların gereğinden fazla beklemesinden dolayı, talep gereken noktalara loplar koyularak ve ana yoldan yaya geçişleri için yaya butonları kullanılarak kavşağın YTU (Yarı Trafik Uyarı) olarak hizmet vermesi önerilmiş, sinyal süreleri düzenlenmiştir.

Yol kenarlarında kontrolsüz park alanlarında ikinci sıra problemleriyle karşılaşılabilir. İkinci sıra ve yolun sol kısmındaki usulsüz parklar trafiğin akışını olumsuz etkilemektedir. Literatürde belirtildiği üzere ikinci sıra parkların önlenmesiyle, gecikmelerde %33'e ve durma zamanlarında %47'ye kadar azalma sağlanabilirken, ortalama trafik akış hızlarında %44'e kadar bir artışta elde edilebilmektedir (Klodeftiras & Antoniou, 2013). Kentlerimizde bulunan otoparklar yeterli olmadıkları için yol üstü parklanmalar çok fazladır. Mevcut yol üstü araç parklanmaları günümüzün kent anlayışına uymamasına rağmen, taşıtların parklanmaları bir ihtiyaçtır ve unutmamak gerekir herhangi bir yerde taşıt varsa orada uzun süreli veya kısa süreli parklanma mutlaka olacaktır. Eğer yapılacak düzenlemeler ile mevcut olan yanlış parklanmalar engelleniyorsa, taşıtların park yapabilmeleri için yeni alanlar önerilmelidir Elmalı 2 Sokak'ta bulunan yol üstü parklanmaların kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu çalışmada uygun olan yol kenarlarına parklanma ihtiyacı da göz önünde bulundurularak yol üstü parklanmalar için yeni alanlar oluşturulmuştur. Şerit düzenlemelerinin yapıldığı kavşak, sokak ve caddelerde levhalandırmalar da yapılmış, müsait ve uygun alanlar yol üstü parklanma olarak projelendirilmiştir. Taşıtlara serbest dönüş imkânı tanınan kısımlarda yayalar için de zebra yaya geçitleri kullanılmıştır. Mevcutta bulunan ağaçlar korunmuş ve doğaya zarar verilmemiştir.

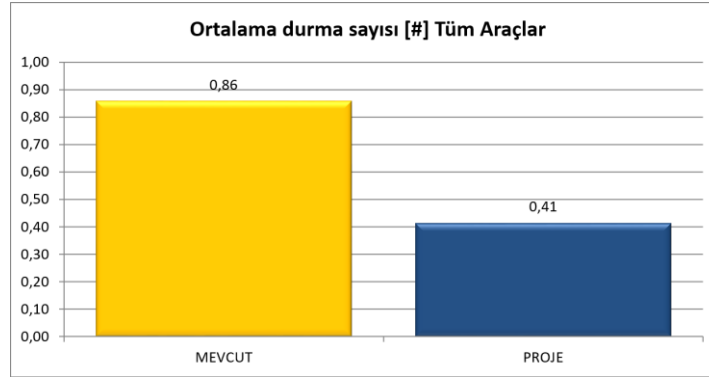
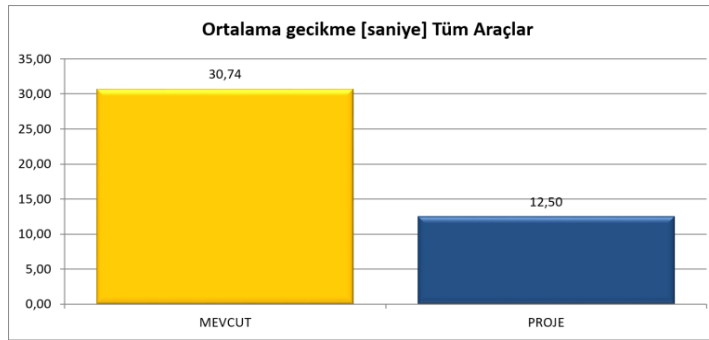
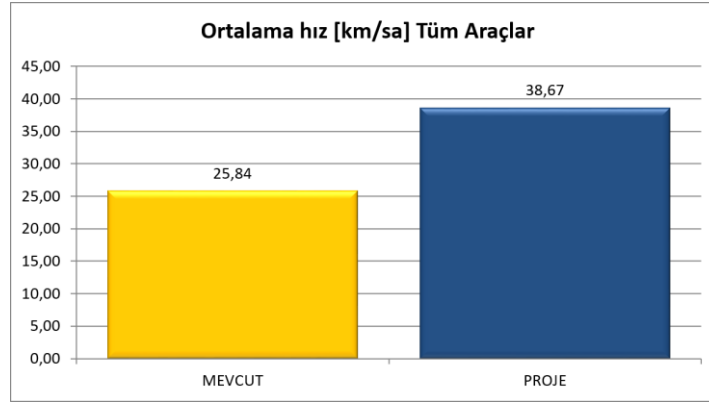
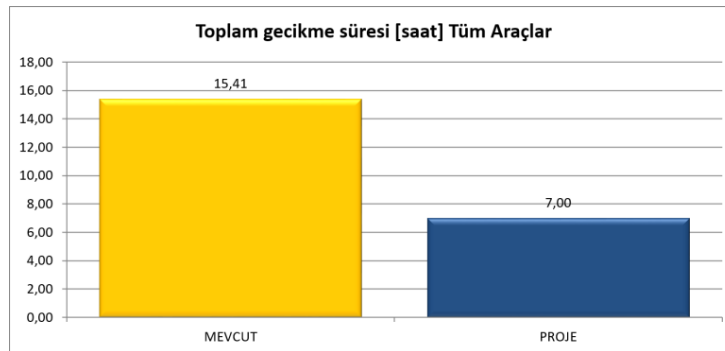
Hemzemin yaya geçitleri, geçide yaklaşan araç sürücülerinin yayaların güvenli mesafeden görebilecekleri şekilde yerleştirilmelidir. Yaya kaldırımlarında, kavşakta veya yolda bulunan yaya geçitlerinde engellilerin araç yoluna doğru hareket edecekleri eğim en çok %8 olmalıdır. Taşıt yollarında ve kavşaklarda bulunan yaya geçitleri kesinlikle bordür taşı ile kesilmemeli ve taşıt yollarının seviyelerine kadar yaya yolunun üç yönünün eğimi de %8 yapılmalıdır. Hemzemin yaya geçitleri kendi içerisinde ışık kontrollü hemzemin yaya geçitleri ve ışık kontrolsüz hemzemin yaya geçitleri olmak üzere 2'ye ayrılır (BÖİB, 2010).

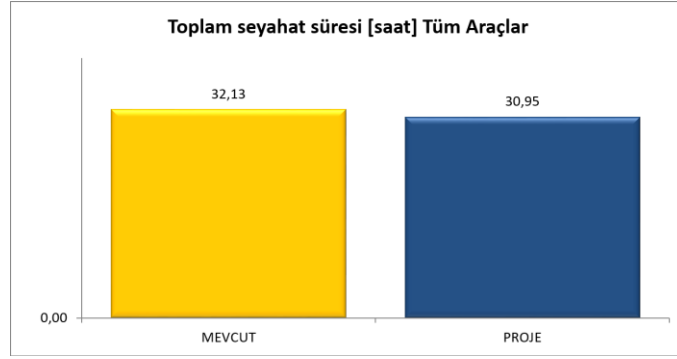
Kavşakta tasarlanan düzenlemelerin simülasyon çalışması yapılmıştır. Köprü üzerinden katılan talep dağıtılmıştır. Yayla Kavşak'ındaki 3 fazlı sinyal revize edilerek Adnan Kahveci Bulvarı'ndaki kuyruklanma azaltılmıştır. Talatpaşa Caddesi'nden Haznedar yönüne giden bağlantı yolu 2 şerit olarak düzenlenerek depolama alanı artırılmıştır. Öneri proje simülasyonu ve analiz sonuçlarına göre yeni sinyal eklenmeyen ve mevcut yaya sinyali ile işletilen kavşakta olumlu sonuçlar elde edilmiş ve gecikme sürelerinde azalmalar gözlemlenmiştir. Erişilebilir yaya butonu kullanılan kavşakta yapılan geometrik düzenlemeler sonucunda bekleme süreleri ve seyahat sürelerinde azalma gözlemlenmiştir. Kuyruklanmalar giderilmiş ve kavşağın güvenliği olumlu yönde etkilemiştir.



Şekil 4.3. Ünerdi Kavşağı Öneri Proje Simülasyon Görüntüsü

Mevcut simülasyon ve öneri proje simülasyon sonuçlarının ortalama durma, ortalama gecikme, ortalama hız, toplam gecikme süresi ve toplam seyahat süresi grafiklerinin karşılaştırması Tablo 4.1, Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4 ve Tablo 4.5'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1.** Ünverdi Kavşağı Öneri Durum Ortalama Durma Sayısı Analiz Sonuçları**Tablo 4.2.** Ünverdi Kavşağı Öneri Durum Ortalama Gecikme Analiz Sonuçları**Tablo 4.3.** Ünverdi Kavşağı Öneri Durum Ortalama Hız Analiz Sonuçları**Tablo 4.4.** Ünverdi Kavşağı Öneri Durum Toplam Gecikme Süresi Analiz Sonuçları

**Tablo 4.5.** Ünverdi Kavşağı Öneri Durum Toplam Seyahat Süresi Analiz Sonuçları

## 5. SONUÇ

Kentlerde nüfusun hızla artması, bazı dönemler ziyaretçi ve göç alması ile buna bağlı olarak trafiğe katılan özel taşıt sayılarının da artması ulaşımı olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu sebepten ötürü ulaşım planlamaları ve geometrik düzenlemeler önem arz etmektedir. Özel taşıt kullanımının azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Yapılacak olan bu çalışmalar ilçelere, şehirlere ve ülkelere hem ekonomik, hem sağlık, hem kültürel hem de refah anlamında katkı sağlayacaklardır. Özel taşıt kullanımının azaltılmadığı bölgelerde ise tünel, viyadük, köprü ve yol yapımlarının ilk olarak tercih edilmesi yerine akıllı ulaşım sistemleriyle mevcut yollar revize edilmeli, geometrik düzenlemeler yapılarak trafik azaltılmalıdır.

Ulaşımın şehre etki eden olumsuz etkileri minimum seviyelere indirilmelidir. Trafikte yayalara öncelik tanınmalı ve yapılacak olan tüm çalışmalar yayalara öncelik verilecek şekilde planlanmalıdır. Yayaların güvenliği sağlanmalı, akıllı sistemler kullanılarak yayalar ve araçlar trafikte sistematik bir şekilde yönlendirilmelidir. Yayaların toplu taşıma araçlarına güvenli ve kolay bir şekilde ulaşabilmeleri şehir trafiğine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

Ulaşım alanında yaşanan yetersizlik kapasite artırılarak çözümlenmelidir. Tüm planlamalar geleceğe yönelik olmalıdır. Tüm politikalar motorlu taşıt trafiğini azaltmaya yönelik olmalıdır. Bu sayede ülke ekonomisine de katkı sağlanırken gürültü ve hava kirliliğinin de önüne geçilecektir.

Şehir merkezlerinde araç parklanmaları ile ilgili düzenlemeler yapılmalıdır. Eğer alternatifler var ise araçlar şehir merkezlerine sokulmamalıdır. Bisiklet kullanımı ve yaya ulaşımı desteklenmelidir. Tüm planlamalar birbirleriyle entegre halinde olmalıdır. Kapasite en üst seviyede kullanılmalıdır. Yapılacak sosyal sorumluluk projeleri ile farkındalık artırılmalı ve insanlar yönlendirilmelidir. Ulaşım sistemlerinin tümünü tasarlanırken ve uygulanırken engellilerinde kullanacakları biçimde tasarlanmalı ve uygulanmalıdır.

Bahçelievler Ünverdi Kavşağı yapılan kamera çekimleri, zirve ve zirve dışı saatlerde yapılan trafik sayımları, saha çalışmaları ve mevcut durum analizleri sonucunda ele alınan tüm kavşakların trafik problemleri tespit edilmiştir. Değerlendirmesi yapılan kavşaktı genel olarak; sinyalizasyondan kaynaklı olumsuzluklar, güvenlik sorunları, düzensiz yaya geçişleri sonucu oluşan karışıklıklar, geometrik eksiklikler ve bu nedenlerle çeşitli sorunların yaşandığı tespit edilmiştir.

Değerlendirmeler neticesinde Bahçelievler ilçesinde ele alınan kavşaklarda geometrik düzenleme, sirkülasyon, sinyalizasyon iyileştirmeleri ve öneri projelerin simülasyon değerlendirilmeleri yapılmıştır. Tüm önerilerin dikkate alındığı ve sahada bire bir uygulandığı görülmüştür. Köprünün kaldırılması görüntü kirliliğini de ortadan kaldırmıştır. Kalkan köprü ayakları ile birlikte Talatpaşa Caddesi üzerindeki batı çıktıda bulunan aks düzelmiştir. Önerilen alternatif güzergahlara taşıt sürücüleri alışmış ve trafik daha akıcı hale gelmiştir. Yayalar yeni hemzemin geçitleri ve erişilebilir yaya butonları ile birlikte trafikte daha güvenli hareket edebilmektedir. Yapılan düzenlemeler ile yol üstü parklanmalar engellenmiştir, engellenemediği yerlerde ise daha düzenli hale getirilmiştir.



**KAYNAKLAR**

KUAK, Kent İçi Ulaşım Alt Komisyonu, 1995

Ulaştırma Özel İhtisas Komisyonu, "Kent İçi Ulaşım Alt Komisyonu Raporu", T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, 2388-451, Ankara, 2-11, 1995

Ağaoğlu, M. N., Başdemir, H. (2019). Kent İçi Ulaşım Sorunları ve Çözüm Önerileri. 8(1), 27-36

Kgm.gov.tr, (<https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/SSS/TrafikSayimi.aspx#:~:text=1%2D%20Trafik%20Say%C4%B1m%C4%B1%20Nedir%3F,iki%20y%C3%B6ndeki%20trafi%C4%9Fi%20temsil%20eder.> )

Erişim Tarihi 07 Temmuz 2022

Murat, Y. S., (2004/1). Ankara Ulaşımında Yitirilen Bir Dönem ve Bugünkü Durum. 429(49), 51

Tunç, A., (2004) Yol Tasarımının Esasları ve Uygulamaları, 253 sh., Asil Yayın Dağıtım, Ankara

AASHTO, (2001) A Policy on Geometric Design of Highways and Streets

Kladedtiras, M., & Antoniou, C. (2013). Simulation-Based Assessment of Double-Parking Impacts on Traffic and Environmental Conditions.

BÖİB. (2010). Yerel Yönetimler İçin Ulaşılabilirlik Temel Bilgiler Teknik El Kitabı. Ankara: T.C. Özürlüler İdaresi Başkanlığı.

Şenbil, M., Yetişkul, E. (2016). İstanbul için gece parklanma davranışları modellemesi. İMO Teknik Dergi, 2016 7515-7532, Yazı 457.

Seda HATİPOĞLU, N. E. (2018). Şehir İçi Sinyalize Kavşakların Yeterliliğinin Tasarım Kriterleri Puanlama Yöntemi İle Belirlenmesi. 251.

TANIŞ, M. (2013). Kent İçi Otoyolların Kavşaksız Kesimlerinde Serbest Akım Hızı ve Kapasiteyi Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. 69-151.

Esen, K. (2014). Geometrik Düzenlemelerin Trafik Problemlerinin Çözümündeki Rolü (Malatya Rrneği) ( Tez No. 391798) [ Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi]. Tez.yok.gov.tr. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=-23YwXV5nokuB4jdFR-1Tg&no=bL0Cv0OILowOivxuogI9rw>

Erişim Tarihi 06 Haziran 2021

**Not:** Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Dr. Öğretim Üyesi Yalçın Eyigün danışmanlığında, Mustafa İslam Öksüz tarafından yürütülecek olan, "Lokal Kavşaklar Üzerinde Yapılan Geometrik Düzenlemelerin Yaya Trafiği ve Araç Trafiği Problemlerinin Çözümlerine Etkileri(Bahçelievler Örneği)" başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır

{ Özellikle Boş Bırakılmıştır }

Araştırma Makalesi

# JULIA SETLERİ VE LOJİSTİK HARİTA KULLANILARAK GÖRÜNTÜ ŞİFRELEME

**Bahar ARITÜRK<sup>†</sup>, Mustafa Cem KASAPBAŞI<sup>††</sup>**

<sup>†</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye <sup>††</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

**bahar\_ariturk@hotmail.com, mckasapbasi@ticaret.edu.tr**

0000-0001-5972-401X, 0000-0001-6444-6659

**Atıf/Citation:** ARITÜRK, B., KASAPBAŞI, M. C., (2022). Julia Setleri ve Lojistik Harita Kullanılarak Görüntü Şifreleme, Journal of Technology and Applied Sciences 5(2), s. 65-78, DOI: 10.56809/icujtas.1150308

**ÖZ**

Açık ağlar ve internet üzerinden veri alışverişi hızla büyüdüğü için, verilerin güvenlik açığı incelenecek büyük bir sorun haline gelmektedir. Bu soruna olası bir çözüm olarak ise metin, görüntü, ses, video gibi verilerin şifrelenmesi yöntemi önerilir. Bu işlem yapılacağı zaman Gelişmiş Şifreleme Standardı (AES) gibi klasik şifreleme algoritmaları her zaman birincil seçimdir, ancak görüntü veya video şifreleme söz konusu olduğunda, literatürdeki birçok araştırmaya bakıldığında zaman hesaplama verimliliği nedeniyle yazarların kaos tabanlı şifreleme tekniklerini önerdiği sıkça görülmektedir. Kaos şifrelemenin ana özelliklerine bakıldığında anahtarların rastgeleliği, başlangıç koşullarına duyarlılığı ve daha büyük anahtarlarla çalışıldığında daha verimli sonuçlar elde edildiği göze çarpar. Bu araştırma makalesinde görüntü işleme konusunda kriptografik yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşımda kaotik haritalardan birisi olan lojistik harita ile julia fraktal setlerinin birlikte kullanılarak bir şifreleme algoritması sunulmaktadır. Yaklaşımda fraktal tabanlı setin kullanılmasının sebebi anahtarın gücünün artırılarak şifrelemenin daha başarılı olmasını sağlamasıdır. Bu algoritma iki anahtarın işleminden geçirilmesiyle oluşturulan yeni anahtarın görüntü şifrelemede kullanılması ile ortaya çıkmıştır. Buna ilave olarak da algoritmanın başarı oranının artırılması için çalışmalar yapılmıştır. Sunulan yeni yaklaşımla birlikte oluşan şifreli görüntülerin asıl görüntülerle birlikte analizinin çıkarılması ve yapılan analiz sonucu elde edilen nicel değerler mevcuttur. Bu değerlerin iyileştirilmesi için de algoritmada çeşitli değişiklikler yapılarak testler yapılmıştır. Bu testler sonucunda şifreli görüntü ile asıl görüntünün karşılaştırılarak yöntemin başarısı ölçülmüştür. Bu başarıyı ölçmek için Piksel Sayısı Değişim Hızı (NPCR), Tepe Sinyal Gürültü Oranı (PSNR), Sinyal Gürültü Oranı (SNR), Korelasyon Katsayısı, Birleşik Ortalama Değişen Yoğunluk (UACI), Yapısal Benzerlik İndeks Ölçüsü (SSIM), Entropi ve Yerel Shannon Entropisi, Ortalama Karesel Hata (MSE), Histogram Analizi metrikleri kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Julia Set, Kaos Teorisi, Kaotik Görüntü Şifreleme, Kaotik Harita, Kripto Analizi

## IMAGE ENCRYPTION USING JULIA SETS AND LOGISTIC MAP

### ABSTRACT

As data exchange over open networks and the internet is growing rapidly, data vulnerability is becoming a major issue to examine. As a possible solution to this problem, the method of encrypting data such as text, images, audio, and video is recommended. When doing this, classical encryption algorithms such as Advanced Encryption Standard (AES) are always the primary choice, but when it comes to image or video encryption, when looking at many studies in the literature, it is often seen that the authors recommend chaos-based encryption techniques due to computational efficiency. Looking at the main features of chaos encryption, the randomness of the keys, sensitivity to initial conditions and more efficient results are obtained when working with larger keys. A new cryptographic approach to image processing is proposed in this research paper. In this approach, an encryption algorithm is presented by using the logistic map, which is one of the chaotic maps, and the julia fractal sets together. The reason for using the fractal-based set in the approach is to increase the strength of the key and ensure that the encryption is more successful. This algorithm has emerged with the use of the new key, which is created by processing two keys, in image encryption. In addition, studies have been carried out to increase the success rate of the algorithm. With the new approach presented, there are quantitative values obtained as a result of the analysis and analysis of the encrypted images together with the original images. In order to improve these values, various changes were made in the algorithm and tests were carried out. As a result of these tests, the success of the method was measured by comparing the encrypted image with the original image. To measure this success, Pixel Count Rate of Change (NPCR), Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), Signal to Noise Ratio (SNR), Correlation Coefficient, Combined Average Variable Intensity (UACI), Structural

Geliş/Received : 28.07.2022

Gözden Geçirme/Revised : 02.08.2022

Kabul/Accepted : 05.08.2022

Similarity Index Measure (SSIM), Entropy, and Local Shannon Entropy, Mean Squared Error (MSE), Histogram Analysis metrics were used.

**Keywords:** Chaos Theory, Chaotic Image Encryption, Chaotic Map, Crypto Analysis, Julia Set

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda, dinamik sistemler ve kaos teorisinden gelen farklı yöntemler, iletişim ve özellikle kriptografi uygulamalarında araştırmacılar tarafından büyük ilgi gördü. Kaotik sistemlerin başlangıç koşullarına ve parametrelere yüksek duyarlılığı, kaotik şifreleme sistemlerinin, onları herhangi bir istatistiksel saldırıya karşı sağlam kılan güçlü kriptografik özellikleri anlamına gelir. Şifreler için rastgele benzeri davranış ve uzun periyotlara sahip kararsız periyodik yörüngeler olması oldukça avantajlı olmasıdır.

Kaos ve kriptografi arasındaki yakın ilişki, kaos tabanlı kriptografik algoritmaları güvenli iletişim için doğal bir aday haline getirir. Kaos tabanlı şifreler, güvenlik, karmaşıklık, hız, bilgi işlem gücü vb. ile ilgili birçok açıdan bazı olağanüstü iyi özellikler göstermiştir. Toplu veri kapasitesi ve pikseller arasındaki yüksek korelasyon gibi görüntünün bazı içsel özellikleri nedeniyle, görüntülerin şifrelenmesi, metin şifrelemesinden farklıdır. Bu nedenle, şifrelemede kullanmak için bazı yüksek boyutlu kaos sistemlerine veya ayrıntılı yapılarına ihtiyaç vardır. Şimdiye kadar, internet üzerinden ve kablosuz ağlar aracılığıyla güvenli görüntü aktarımı gerçekleştirmek için çok çeşitli kaos tabanlı şifreler önerildi. Bu çalışmada, mevcut kaotik harita şemalarına katkıda bulunmak için Fraktal-Kaos akış şifrelemesi sunulmaktadır. Sunulan çalışmanın literatürde yer alan verilerin kullanılarak performans analizleri yapıldığında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bölüm 2’de görüntü şifrelemesi ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Bölüm 3’te Lojistik harita ve fraktal setin bir ön incelemesi yapılmıştır. Bölüm 4’te önerilen şifreleme algoritmasının çalışması ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bölüm 5’te algoritmanın literatürde de yer alan güvenlik analizleri ve performans değerlendirmeleri sonuçları ile birlikte detaylandırılmıştır. Sonuçlar ve tartışmalarda, literatürde önerilen kaotik şemalarla elde edilen sonuçların önerilen algoritma sonuçlarıyla karşılaştırması verilmektedir. Sonuç açıklamaları son bölümde verilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Alsafasfeh ve Arfoa (2011) tarafından önerilen görüntü şifreleme algoritması için hem Rössler kaotik sistemi hem de Lorenz kaotik sistemi birlikte kullanılır. Bir algoritmada iki veya daha fazla kaotik haritanın kullanılması algoritma karmaşıklığını artırarak daha güvenli hale gelmesini sağlar. Uzun vadeli kaotik davranışa bakıldığında periyodik ve başlangıç değişkenlerine bağlı olduğu gözlemlenir (Wang ve ark., 2008), Rössler ve Lorenz kaotik haritalarının her ikisi de üç değişkene bağlıdır, toplam parametre sayısı altı değişkene bağlı olduğundan önerilen kaotik sistemin güvenliğini artırır ve bu da onu dışarıdan olabilecek saldırılara karşı daha güvenli kılar. Önerilen algoritma, rastgele görüntü verilerini orijinal görüntüyle aynı boyutta bir kaotik matriste depolamadan önce görüntünün piksellerini kendi içinde karıştırır ve belirli sayıda yineleme yaparak gri tonlama değerlerini değiştirme işlemini gerçekleştirir. XOR işlemleri hem şifreleme hem de şifre çözme için kullanılır.

Khanzadi ve ark (2014) tarafından kaotik haritalara dayalı rastgele bit dizileri üretmek için bir algoritma önerilir. Bu algoritma, çadır haritası ve lojistik haritalardan oluşturulan rastgele bit dizisini kullanır. Düz görüntü piksellerinin permütasyonu bu kaotik fonksiyonlarla yapılır ve ardından görüntü sekiz bitlik harita düzlemlerine bölünür. Bitler, kaotik bir matrise göre başka bir bit değeriyle değiştirilerek şifreleme işleminin yapılması sağlanır. Yapılan incelemelere göre önerilen algoritmanın performansı, hem anahtar duyarlılığı hem de anahtar alanı açısından iyi olması sebebiyle kaba kuvvet saldırılarına ve istatistiksel saldırılara karşı oldukça dirençlidir.

Liu ve ark (2019) tarafından DNA kriptografisi ve İki Boyutlu Lojistik Haritaya dayalı gri tonlamalı görüntüler için bir şifreleme metodolojisi önerilir. Sisteme genel olarak bakıldığında, DNA ve sözde rastgele sayı güvenliği ilkelerine göre çalıştığı gözlemlenir. Kaotik kriptografi için bir karıştırma ve difüzyon yapısı kullanılır. DNA yapıları ve sözde rastgele sayılar daha büyük bir kaos düzeyine ulaşmak için birlikte karıştırılır. Rastgele sayılar lojistik harita tarafından iki boyutlu olarak üretilir. Görüntü şifreleme algoritmasında DNA kodlaması ve lojistik harita tarafından rastgele sayıların oluşturulmasından sonra piksel düzeyinde ve DNA’nın baz düzeyinde yeniden düzenlenmesi kullanılır. Oldukça düzgün bir dağılım elde edilirken, dışarıdan oluşabilecek saldırılara karşı daha güvenli olmasının yanı sıra yüksek şifreleme hızına sahiptir ve diğer DNA tabanlı görüntü şifreleme şemalarından üstündür.

Al-Maadeed ve ark. (2012) tarafından hazırlanan bu makalede, yeni görüntü şifreleme şeması piksel karıştırma ve bir akış şifreleme birimlerinden oluşur. Piksel karıştırma birimi, bitişik piksel korelasyonunu azaltmak için dikey ve yatay olmak üzere iki yönde uygulanabilen bir permütasyon haritasından oluşur. Piksel permütasyonundan sonra W7 algoritması uygulanır. W7 algoritması, uzunluğu karıştırılmış görüntü ikili dizisine eşit olan anahtar akışı adı verilen bir sözde rastgele şifre bit akışı üretir. Şifreli görüntü, karıştırılmış görüntü ikili dizisinin anahtar akışıyla XOR işlemine tabi tutularak elde edilir. Şifre çözme için, alınan şifreli görüntü anahtar akışı ile XOR işlemine tabi tutulur ve ters permütasyon aracılığıyla orijinal görüntü elde edilir.

Al-Najjar ve ark. (2011) makalesinde, lojistik harita kaotik işlevine dayalı bir görüntü şifreleme tartışılır. Şifreleme sistemi incelendiği zaman, piksel değiştirme yaklaşımı ve piksel karıştırma yaklaşımı olarak iki yaklaşıma ayrıldığı görülür. Piksel değiştirme yaklaşımında, piksel değerleri değiştirilirken, piksel karıştırmada

ise piksel konumları değiştirilir. Bu algoritma, görüntünün kendisini karıştırmadan pikselin değerini değiştirmek için lojistik harita yardımı ile oluşturulan iki piksel haritalama tablosu kullanılır. Piksel eşleme tablosu (PMT), 256x1 boyutunda karıştırılmış sırada 0 ile 255 arasındaki piksel değerlerini içerir. Algoritma, görüntüyü şifrelemek için yalnızca değiştirme yaklaşımlarını kullanır. İki farklı değiştirme yaklaşımı şunlardır: ilk yaklaşımda, pikseller, rastgele bir değer talep edilerek ve PMT kullanılarak eşlenerek kaydırılır. İkinci yaklaşımda, lojistik harita kullanılarak oluşturulan belirli rastgele vektör ile XOR işlemine tabi tutularak değiştirme yapılır. Şifre çözme işlemi ise ters sırada yapılır.

El-Latif ve ark. (2018) hasta güvenliği ve veri gizliliği sebebiyle tıbbi görüntüler için kaos tabanlı bir kuantum şifreleme önerir. Bu çerçevede şifreli görüntüler bulutta saklanarak buna erişmek isteyen sağlık personeline şifresi çözülmüş halde buluttan gönderilir. Önerilen çalışma, tıbbi verileri korumak için gri kod ve kaotik haritadan yararlanır. Burada kuantum gri kod görüntüyü karıştırır. Ardından, karıştırılmış görüntüyü şifrelemek için anahtar oluşturucuya dayalı olarak kuantum XOR işlemi gerçekleştirilir. Önerilen yaklaşım sağlam, gerçekleştirilebilir ve oldukça verimlidir.

Wade ve ark. (2019) günümüzde multimedya teknolojisinin ilerlemesi ile dijital veri iletişim alanındaki en büyük problem olan görüntü verilerine yetkisiz erişimi engellemek için bir çalışma önerir. Bu çalışmada verileri şifrelemek için kriptografik algoritmalar ile biyolojik diziler de kullanılır. Çalışmada, görüntüleri korumak için iki aşamalı bir yöntem önerilmiştir. Görüntüleri yetkisiz erişimden korumak için DNA şifrelemesi ve Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) Amplifikasyonu kullanılır. Algoritmanın, farklı standart parametreler kullanılarak test edildiğinde verimlilik sergilediği gözlemlenir.

Askar ve ark.(2017), iki boyutlu kaotik ekonomik harita ve lojistik haritaya dayalı bir şifreleme algoritması önerir. İlk önce renkli olan orijinal görüntüyü okur ve gri görüntüye dönüştürür, ardından karıştırma dizisi oluşturmak için satır ve sütun karıştırma işlemini gerçekleştirir, iki boyutlu kaotik ekonomik haritayı kullanarak pikselleri ondalık sayıdan ikiliye dönüştürür ve elde edilen değerler arasında bit düzeyinde XOR işlemini gerçekleştirir, ardından şifre pikseli alınarak her bir bitin yeniden şekillendirilmesi ile şifreli görüntü elde edilir. Önerilen algoritmanın geniş anahtar güvenlik alanı ve ayrıca entropi bilgisi ile ilişkili olduğu ve görüntü, kaba kuvvet, istatistiksel saldırılar gibi çeşitli diğer saldırılara karşı verimli bir şekilde direnebileceği sonuçlardan çıkarılabilir.

Roy ve ark. (2017) hiperkaos permütasyon sistemine dayalı bir renkli görüntü şifreleme sistemi önerir. Yazarlar ayrıca Dikey boşluklu Yüzey yayan Lazer (VCSEL) kavramına dayalı şifreleme ve şifre çözme sürecini de inceler. Önerilen sistemde renkli bir görüntü ele alınır ve esas lazer anahtar vektörü kullanılarak üretilir. Piksel permütasyonundan sonra bit düzeyinde permütasyon yapılır ve bit düzeyinde XOR işlemi yapıldıktan sonra karşılık gelen şifreli görüntü elde edilir. Önerilen sistem, diğer kaos tabanlı sistemlere göre daha basit ve hızlı olması ile ön plana çıkmıştır.

Li ve ark. (2020)'de, iki boyutlu Lorenz ve Lojistik'e odaklanan yeni bir görüntü şifreleme şeması önerir. Şifreleme sisteminde, görüntüyü kodlamak için iki çift kaotik dizi verisi üretmek için klasik kaotik yöntem kullanılır. Lu ve ark. (2020)'da Lojistik-Sinüs sistemini kullanan ayrı bir kaotik haritaya ve S-Box'a odaklanan yeni bir görüntü şifreleme yöntemi önerir. Liu ve ark. (2020)'de, eşzamanlı permütasyon-difüzyon işlemi ile güvenli ve hızlı kaotik bir görüntü şifreleme algoritması önerir. Bu algoritma permütasyon ve difüzyon prosedürlerini birleştirir. Wang ve ark.(2020)'de, kaotik bir sisteme dayalı yeni bir şifreli görüntü yöntemi anlatılır. Önerilen yöntem, kaotik sistemin N ortogonal matrislerini ve belirli temel dinamik özelliklerini elde etmek için Schur ayrıştırma yöntemini kullanır. Liu ve ark. (2020)'de (5-D) hiper-kaotik haritayı DNA yöntemiyle bütünleştiren yeni bir görüntü kriptografik algoritma sunar. Bu sistem dört bölüm için tasarlanmıştır: piksel seviyesinde difüzyon, piksel seviyesinde permütasyon, DNA seviyesinde difüzyon ve ikinci permütasyon. Wang ve Liu (2020)'de karma tablo karıştırma ve DNA değiştirme çerçevesine bağlı bir görüntü şifreleme tekniğini önerir. Algoritma, klasik 'karıştırma-yayıma' sürecini ve hiper-kaotik Chen'i kullanır. Sistem, her faz için kullanılan sözde rastgele serileri üreterek görüntü şifreleme işlemini yapar.

### 3. MATERYAL VE METOT

Bu bölüm, çalışmada kullanılan kaos teorisi, lojistik kaotik harita ve fraktal setleri anlatmaktadır.

#### 3.1. Kaos teorisi ve Lojistik Harita

Kaos teorisi, doğadaki doğrusal olmayan dinamik sistemlerle ilgilenen bir matematik dalıdır. Bir sistem, daha büyük bir bütün oluşturan etkileşimli bileşenler kümesidir. Doğrusal olmayan, bileşenler arasındaki geri besleme veya çarpımsal etkiler nedeniyle bütünü tek tek parçaları toplamaktan daha büyük bir şey olduğu anlamına gelir. Son olarak dinamik, sistemin mevcut durumuna göre zaman içinde değiştiği anlamına gelir. (<https://geoffboeing.com/2015/03/chaos-theory-logistic-map/>)

Kaotik sistemler ise, doğrusal olmayan dinamik sistemlerin basit bir alt türüne girer. Çok az etkileşimli parça içerebilirler ve bunlar çok basit kuralları takip edebilir, ancak bu sistemlerin tümü başlangıç koşullarına çok hassas bir şekilde bağlıdır. Belirleyici basitliklerine rağmen, zamanla bu sistemler tamamen öngörülemez

ve farklı (kaotik) davranışlar üretebilir. Kaos teorisinin babası Edward Lorenz, kaosu “şimdinin geleceği belirlediği, ancak yaklaşık şimdinin geleceği yaklaşık olarak belirlemediği” olarak tanımlamıştır.

İlk olarak 19. yüzyılın ortalarında bir çevrede nüfus gelişimini modellemek için kullanılan lojistik harita (Baker ve Gollub, 1996), artık rastgele benzeri davranış dizileri oluşturmak için kullanılan en pratik işlevlerden biridir. Bu basit harita aşağıdaki fark denklemi ile ifade edilir. (Yavuz,2021)

$$x_{n+1} = r x_n(1 - x_n), x_n \in [0, 1] \quad (1)$$

### 3.2. Julia Fraktal Setleri

Matematikte, fraktal, genellikle topolojik boyutu kesinlikle aşan bir fraktal boyuta sahip, keyfi olarak küçük ölçeklerde ayrıntılı yapı içeren düzgün olmayan geometrik şekilleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir (Liu ve ark. 2003). Fraktal geometri, ölçü teorisinin matematiksel dalı içinde yer alır.

17. yüzyılda özyineleme kavramlarıyla başlayarak, fraktallar giderek daha titiz matematiksel işlemlerden geçerek 19. yüzyılda Bernard Bolzano, Bernhard Riemann ve Karl Weierstrass'ın ufuk açıcı çalışmalarıyla sürekli fakat türevlenemeyen fonksiyonların incelenmesine doğru ilerledi (Segal , 1978) ve 20. yüzyılda fraktal kelimesinin ortaya çıkışına, ardından bilgisayar tabanlı modellemeye olan ilginin artması üzerine fraktalların çok büyük önem gördüğü gözlemlenmiştir. (Edgar, 2004),(Trochet, 2009)

Yinelenen fonksiyon sistemleri, klasik Cantor kümeleri, Sierpinski, Julia kümeleri ve çok daha fazlasını içeren geniş bir fraktal sınıfını oluşturmanın birleşik bir yolu olarak tanıtıldı. Bu kümelerin çoğu, geleneksel olarak, sınıra kadar götürülen ardışık mikroskobik iyileştirme süreciyle üretiliyor olarak görülür (Barnsley ve Demko, 1985). Klasik Julia kümesi,  $f(z) = z^2 + c$  eşleme fonksiyonu ile birkaç yinelemenin bir ürünüdür. Karmaşık sayı  $z = x + iy$ , reel sayı uzayında  $(x, y)$ 'ye benzersiz olarak eşlenebildiğinden, karmaşık sayı uzayı ile gerçek sayı uzayı arasında bire bir ilişki kurulabilir.

## 4. ŞİFRELEME İÇİN ÖNERİLEN ALGORİTMA

Bu makalede görüntü şifreleme işleminde kullanılacak anahtar oluşturmak için julia seti ve bir lojistik harita kaotik setinden yararlanılarak hibrit bir algoritma önerilmiştir. Elde edilen anahtarlar ile görüntünün XOR işlemine tabi tutulmasından sonra satır bazında difüzyon işlemi ile görüntünün karıştırılması sağlanmıştır. Bu işlemler başlangıçta belirlenen tur sayısı kadar tekrarlanarak şifreleme işlemi tamamlanır.

Şifreli görüntü elde edilirken yapılan işlemlerin ters sırayla uygulanması sonucu orijinal görüntüye ulaşılır.

### 4.1. Şifreleme İşlemi

Şifreleme işlemi aşağıda anlatılan adımlardan oluşmaktadır.

**Adım 1.** Kullanıcıdan alınan şifrelenecek renkli görüntü gri tonlamalı resme 256x256 boyutlu olarak dönüştürülür.

**Adım 2.** Üretilen anahtarlar için lojistik harita ve Julia fraktal setleri kullanılarak iki ayrı anahtar oluşturulur ve bu anahtarlar arasında XOR işlemi yapılarak şifrelemede kullanılacak asıl anahtar elde edilir.

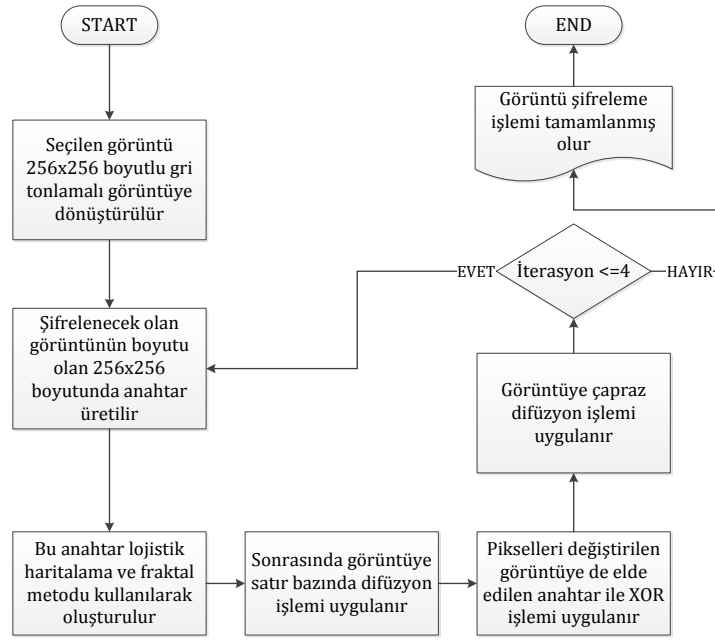
**Adım 3.** Görüntüye satır bazında difüzyon işlemi uygulanır.

**Adım 4.** Görüntü ile anahtar arasında piksel bazında XOR işlemi uygulanır. (Anahtarlar da satır ve sütun bazında iki boyutlu oluşturulur)

**Adım 5.** Görüntüye çapraz difüzyon işlemi uygulanır.

**Adım 6.** Başlangıçta belirlenen tur sayısı kadar Adım 2’den Adım 5’e kadar işlemler gerçekleştirilir.

**Adım 7.** Belirlenen tur sayısına ulaşınca işlemler sonlandırılarak şifreli görüntü elde edilmiş olur.



Şekil 1. Önerilen şifreleme metodolojisinin şeması

Şekil 1’de önerilen şifreleme algoritmasının akış şeması görülmektedir.

#### 4.2. Şifre Çözme İşlemi

Şifre çözme, şifreleme işlemlerinin son şifre adımından birinciye kadar ters sırada gerçekleştirildiği bir prosedürdür.

**Adım 1.** Kullanıcıdan şifresi çözülecek 256x256 boyutlu şifreli görüntü alınır.

**Adım 2.** Görüntüye çapraz difüzyon işlemi uygulanır.

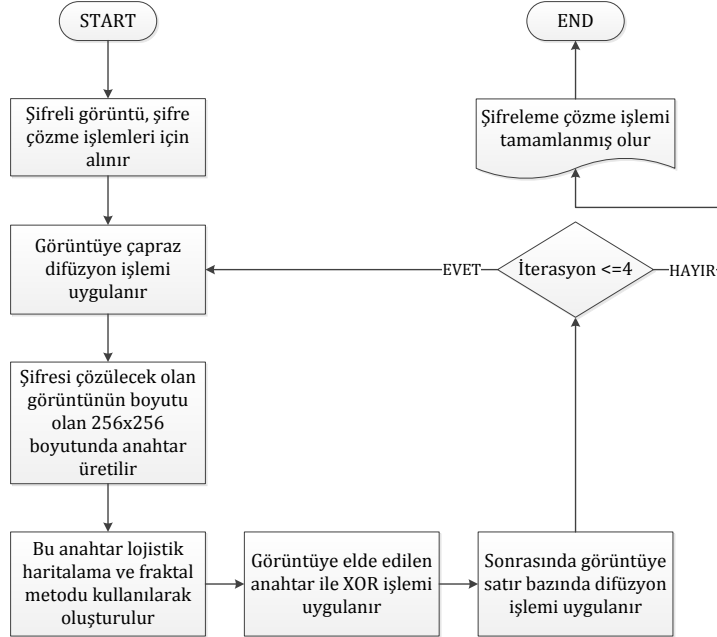
**Adım 3.** Lojistik kaotik harita kullanılarak üretilen anahtar ile Julia fraktal setleri ile oluşturulan anahtar birlikte XOR işlemine tabi tutularak şifre çözme işlemi için yeni bir anahtar elde edilir.

**Adım 4.** Şifreli görüntü ile anahtar arasında XOR işlemi uygulanır.

**Adım 5.** Şifreli görüntüye satır bazında ters difüzyon işlemi uygulanır.

**Adım 6.** Belirlenen tur sayısı kadar Adım 2’den Adım 5’e kadar işlemler gerçekleştirilir.

**Adım 7.** İterasyon sayısına ulaşıncaya işlemler sonlandırılarak şifresi çözülmüş görüntü elde edilmiş olur.



Şekil 2. Önerilen şifre çözme metodolojisinin şeması

Şekil 2’de önerilen şifre çözme algoritmasının akış şeması görülmektedir.

## 5. PERFORMANS ANALİZİ

Bu bölüm, önerilen şifreleme algoritmasının güvenlik seviyesini ve hesaplama yükünü göstermek için literatürde yer alan çeşitli güvenlik analizlerinin deneysel sonuçlarını sunar. Literatürde fazlaca bilinen bir veri tabanından (<https://sipi.usc.edu/database/>) elde edilen test görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen testler, aşağıdaki alt bölümlerde detaylandırılmıştır.

### 5.1. Anahtar Alan Analizi

Anahtar uzay analizi, görüntü şifreleme algoritmasının performans analizinin önemli kriterlerinden biridir. İyi bir şifreleme algoritması, geniş bir anahtar alanına sahip olmalı (Soni ve Acharya ,2012), ayrıca anahtar değerine duyarlı ve kaba kuvvet saldırılarına direnecek kadar büyük olmalıdır. Kriptografik açıdan, yüksek düzeyde güvenlik sağlamak için anahtar alanın boyutu  $2^{128}$ 'den küçük olmamalıdır (Akhshani ve ark., 2012). Yapılan hesaplamalara göre anahtar boyutu  $2^{128}$ 'den büyük bir değer bulunmuştur.

### 5.2. Bilgi Entropi Analizi

Bilgi teorisi, 1949'da depolama teorisi ve veri iletişiminin matematiksel olarak Shannon tarafından ifade edilmiştir (Agarwal, 2018). Modern bilgi teorisi, hata düzeltme, veri sıkıştırma, kriptografi, iletişim sistemleri ve ilgili konularla ilgilidir. Bu entropiyi hesaplamak için iyi bilinen bir formül vardır: (Akhshani ve ark., 2012)

$$H(X) = H(P_0, \dots, P_{n-1}) = - \sum_{i=0}^{L-1} P_i \log_2 P_i \quad (2)$$

$$P_i = \Pr(X = x_i) \quad (3)$$

Sonuç, şifrelenmiş görüntünün entropisinin ideal entropi değerine çok yakın olduğunu, yani 8 olan ve diğer mevcut algoritmaların çoğundan daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu, önerilen görüntü şifreleme algoritmasından bilgi sızıntısı oranının sifra yakın olduğunu gösterir. (Akhshani ve ark., 2012)

**Tablo 1.** Düz/Şifreli/Şifresi çözülmüş görüntülerin global entropi sonuçları

	<b>Orijinal Görüntünün Global Entropisi</b>	<b>Şifreli Görüntünün Global Entropisi</b>	<b>Şifresi Çözülmüş Görüntünün Global Entropisi</b>
Lena	7.431372405	7.997237194	7.431372405
House	7.229802394	7.997295383	7.229802394
Female	7.052497571	7.997135415	7.052497571

Tablo 1, 256x256 boyutundaki düz, şifreli ve şifresi çözülmüş görüntülerin global entropi sonuçlarını göstermektedir. Global Shannon entropi değerine bakıldığı zaman teorik üst sınır olan 8 değerine oldukça yakın sonuçlar elde edildiği görülür.

Global Shannon entropi ölçüsü, gerçek rastgeleliği kanıtlamak için yeterli değildir. Biri algılanabilir ve diğeri rastgele benzeri olan iki görüntü, aynı Global Shannon entropi değerlerine sahip olabilir. Bu yüzden şifreli görüntülerin rastgeleliğini doğrulamak için yalnızca bu testi kullanmak yanıltıcı olabilir (Yavuz, 2019). Bunun yerine, şifreli görüntülerin gerçek rastgeleliğini kanıtlamak için Yerel Shannon entropi testi kullanılır. Denklem 4'te yer aldığı gibi rastgele seçilmiş bir dizi örtüşmeyen bloğun yerel entropi değerlerinin ortalamasının alınması, aşağıdaki gibi tanımlanan Yerel Shannon entropi ölçümünü (Wu vd., 2013) verir.

$$\overline{H}_{k,T_B}(S) = \sum_{i=1}^k \frac{H(S_i)}{k} \quad (4)$$

Tablo 2'de görüntülerin yerel entropi değerlerine yer verilmiştir. Tüm yerel entropi sonuçları kritik değerler  $\alpha=0.001$  anlamlılık düzeyi için önerilen algoritmanın testi başarıyla geçtiği ifade edilebilir.

Orijinal görüntü ile şifresi çözülmüş entropi değerlerinin aynı olması şifreli ve şifresi çözülmüş görüntünün aynı olduğunu, orijinal görüntüde bir kayıp olmadığını gösterir.

**Tablo 2.** Düz/Şifreli/Şifresi çözülmüş görüntülerin Yerel entropi sonuçları

	<b>Orijinal Görüntünün Yerel Entropisi</b>	<b>Şifreli Görüntünün Yerel Entropisi</b>	<b>Şifresi Çözülmüş Görüntünün Yerel Entropisi</b>
--	--	---	--



	$h_{sol}^*$	$h_{sağ}^*$	$h_{sol}^*$	$h_{sağ}^*$	$h_{sol}^*$	$h_{sağ}^*$
Lena	7.0708509045	7.206199362	7.9882965855	7.9893367525	7.0708509045	7.206199362
House	7.1648415605	6.9701047055	7.9894099425	7.9896091405	7.1648415605	6.9701047055
Female	6.0881721995	7.2656222995	7.989107779	7.988304178	6.0881721995	7.2656222995

### 5.3. Diferansiyel Saldırı Analizi (NPCR/UACI)

Saldırganlar genellikle orijinal görüntü için küçük bir değişiklik yapar, orijinal görüntüyü değiştirmeden önce ve sonra şifrelemek için önerilen algoritmayı kullanır ve orijinal görüntü ile şifreli görüntü arasındaki ilişkiyi bulmak için iki şifreli görüntüyü karşılaştırır. Bu, diferansiyel saldırı olarak bilinir. Bir piksel değişikliğinin şifrelenmiş görüntünün tamamı üzerindeki etkisini test etmek için, araştırmacılar genellikle iki ölçü kullanır: iki görüntü arasındaki farklı piksel sayılarının yüzdesini ölçen piksel değişim hızı (NPCR); ve iki görüntü arasındaki ortalama fark yoğunluğunu ölçen birleşik ortalama değişim yoğunluğu (UACI). (Soni ve Acharya ,2012), NPCR ve UACI metrikleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$Diffp(C(i,j),D(i,j)) = \begin{cases} 1, & C(i,j) \neq D(i,j) \\ 0, & C(i,j) = D(i,j) \end{cases} \quad (5)$$

$$Diff(C,D) = \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} Diffp(C(i,j),D(i,j)) \quad (6)$$

$$NPCR = \frac{Diff(D_1,D_2)}{W.H} . 100\% \quad (7)$$

$$UACI = \frac{1}{W.H} \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} \frac{|D_1(i,j) - D_2(i,j)|}{255} . 100\% \quad (8)$$

Literatürde bir şifreleme algoritmasının başarılı sayılabilmesi için NPCR değerinin %99, UACI değerinin ise %33 civarı olması gereklidir (Menezes ve ark, 1996). Burada  $D_1$  ve  $D_2$  sırasıyla düz görüntüyü ve biraz değiştirilmiş versiyonunu temsil eder. W ve H ise şifrelenecek görüntünün genişliğini ve yüksekliğini simgelemektedir.

**Tablo 3.** Şifreli görüntünün diferansiyel saldırı sonuçları

	UACI	NPCR
Lena	33.465019675	99.629211426
House	33.140109193	99.440002441
Female	33.296837900	99.589538574

Tablo 3'te yer alan değerlere bakıldığında, yukarıda da bahsedildiği gibi NPCR ve UACI değerlerinin teorik değerlere yakın olduğu görülmektedir. Bu da algoritmanın, dışarıdan gelebilecek istatistiksel ve kaba kuvvet saldırılarına karşı dirençli olduğunu gösterir.

### 5.4. Gürültü Girişim Analizi (PSNR/MSE)

PSNR, görüntü işlemeden sonra şifresi çözülen görüntünün kalitesini değerlendirmek için önemli bir indekstir. PSNR ne kadar büyükse, bozulma o kadar küçüktür. Ek olarak, farklı görüntülerin PSNR'leri benzerdir, bu da önerilen algoritmanın sıkıştırma performansının kararlı olduğu anlamına gelir (Xua ve ark.,2019). İdeal olarak benzer görüntüler için PSNR sonsuzdur ve tamamen birbirinden farklı görüntüler için ise değeri sıfırdır. Diğer bir hata ölçütü ise, PSNR ile yakından ilişkili olan MSE'dir. Bu hata metrikleri, karesi alınmış hataların ortalaması açısından iki görüntü arasındaki farklılığı ölçer. MSE'nin değeri daha yüksek, daha yüksek farklılığı gösterir. Tam olarak benzer görüntülerde MSE için ideal değer sıfırdır. (Kaur ve ark., 2020) Matematiksel olarak şu şekilde tanımlanır:

$$PSNR = 10. \log \frac{255^2}{MSE} (dB) \quad (9)$$

$$MSE = \frac{1}{W.H} \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} (I_R(i,j) - I_E(i,j))^2 \quad (10)$$

Burada  $I_R$  orijinal görüntüyü belirtirken  $I_E$  şifresi çözülmüş görüntüyü belirtir. PSNR değerinin yüksek olması, orijinal görüntüye daha yakın olduğu anlamına gelir. 30 dB'den büyük PSNR değerleri için görüntü kalitesindeki bozulmanın hissedilmediği bilinmektedir. Öte yandan, 20 dB'den düşük PSNR değerleri, kötü görüntü kalitesini gösterir (Yavuz, 2021).

**Tablo 4.** Şifresi çözülmüş görüntünün gürültü girişim analizi sonuçları

	PSNR	MSE
Lena	Inf	0.000000000
House	Inf	0.000000000
Female	Inf	0.000000000

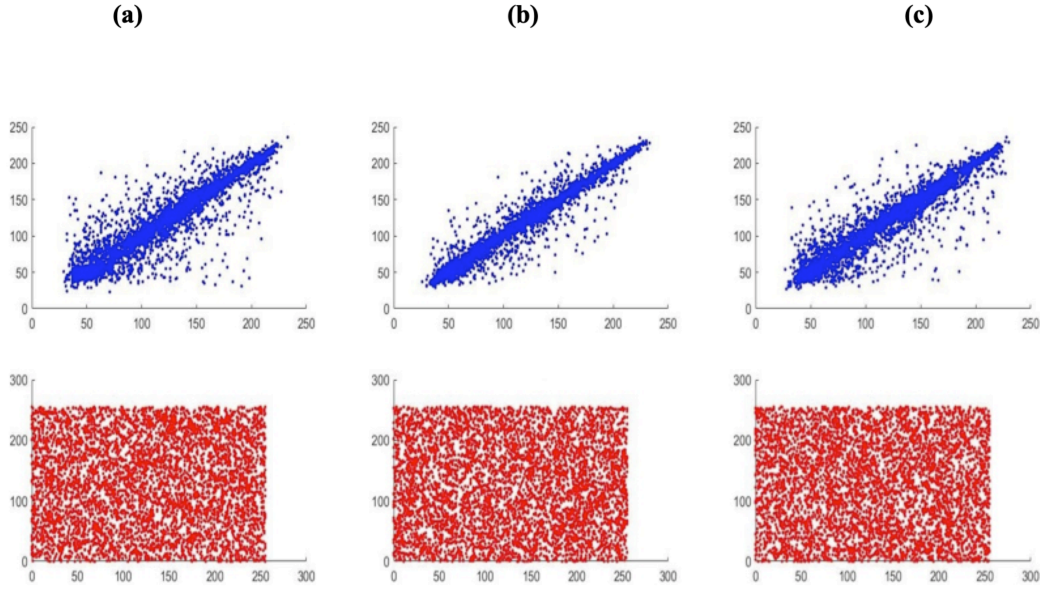
Tablo 4'te şifresi çözülmüş görüntünün gürültü girişim analizi sonuçları yer almaktadır. PSNR değerleri incelendiği zaman şifresi çözülmüş görüntünün kalitesinin bozulmadığı sonucuna ulaşılır. MSE değerinin 0 olması algoritmanın şifre çözme yöntemi ile tam olarak ilk görüntüye ulaşıldığını gösterir. PSNR sonuçlarında Inf değerinin elde edilme nedeni PSNR formülünde paydada MSE değerinin yer almasıdır ve MSE değerinin 0 (sıfır) olması PSNR değerinin de Inf olarak hesaplanmasına neden olur. Bu da bizi şifresi çözülmüş görüntünün kalitesinin bozulmadığı sonucuna ulaştırır.

### 5.5. Korelasyon Analizi

Korelasyon katsayısı, bir görüntüdeki iki bitişik piksel arasındaki korelasyonu değerlendirir (Kumar ve Chahal, 2014). Genel olarak korelasyon, iki piksel arasındaki benzerlik derecesini ölçer. Orijinal görüntünün bitişik pikselleri, yatay, dikey ve çapraz yönlerde yüksek bir korelasyona sahiptir (Yin ve Wang, 2018). Şifreleme algoritmasının başarılı olabilmesi ve istatistiksel saldırılara direnmesi için şifrelenmiş görüntüdeki piksellerin korelasyon katsayılarını yeterince düşük yapması gerekir. Korelasyon katsayıları -1 ile +1 arasında değer alır. Korelasyon katsayısı şu şekilde hesaplanabilir:

$$corr(x, y) = \frac{E[(x - \mu_x)(y - \mu_y)]}{\sigma_x \sigma_y} \quad (11)$$

Burada  $x$  ve  $y$ , bitişik piksellerin yoğunluk değerlerini içeren iki veri dizisidir ve  $E[.]$ , beklenti fonksiyonudur. Burada,  $\mu_x$  ve  $\mu_y$   $x$  ve  $y$  dizilerinin ortalama değerlerini gösterir ve  $\sigma_x$  ve  $\sigma_y$  standart sapmaları temsil eder. 1'e çok yakın korelasyon katsayısı, bitişik pikseller arasında güçlü bir korelasyon olduğunu gösterirken, sıfıra yakın korelasyon değeri aralarında korelasyon olmadığını gösterir (Lan R ve ark, 2018).



**Görsel 1:** Lena görüntüsü ve şifre karşılığı için (a) diyagonal , (b) dikey ve (c) yatay yönlerde bitişik piksel korelasyonları.

Korelasyon analizi testi yapılırken Lena test örneğinde 5000 piksel rastgele olarak seçildi. Diyagonal, dikey ve yatay olarak hem orijinal(üstte) hem de şifrelenmiş(alta) görüntünün korelasyonları grafik olarak Görsel 1’de verilmiştir. Şifrelemenin amacı komşu piksellerin arasındaki korelasyonları kırmak olduğu için görsel bakıldığında şifreli görüntünün pikselleri arasında dağınıklığın sağlandığı görülmüştür.

### 5.6. Histogram Analizi

Görüntü histogramı bir görüntüdeki piksel yoğunluğu değerlerinin dağılımını temsil eder. İyi bir güvenli şifreleme sisteminin histogramı mümkün olduğunca düz olmalıdır. Şifreli görüntünün her bir gri tonlama değerinin sayısının neredeyse eşit olduğunu gösterir, bu da şifreleme sisteminin istatistiksel saldırılara direnebileceği anlamına gelir (Yin ve Wang, 2018).

Görsel 2’de yukarıda da bahsedildiği gibi şifreli görüntünün histogramının beklenildiği gibi düz olduğu görülmektedir. Bu da görüntünün her bir piksel değerinin neredeyse eşit olduğunu gösterir.

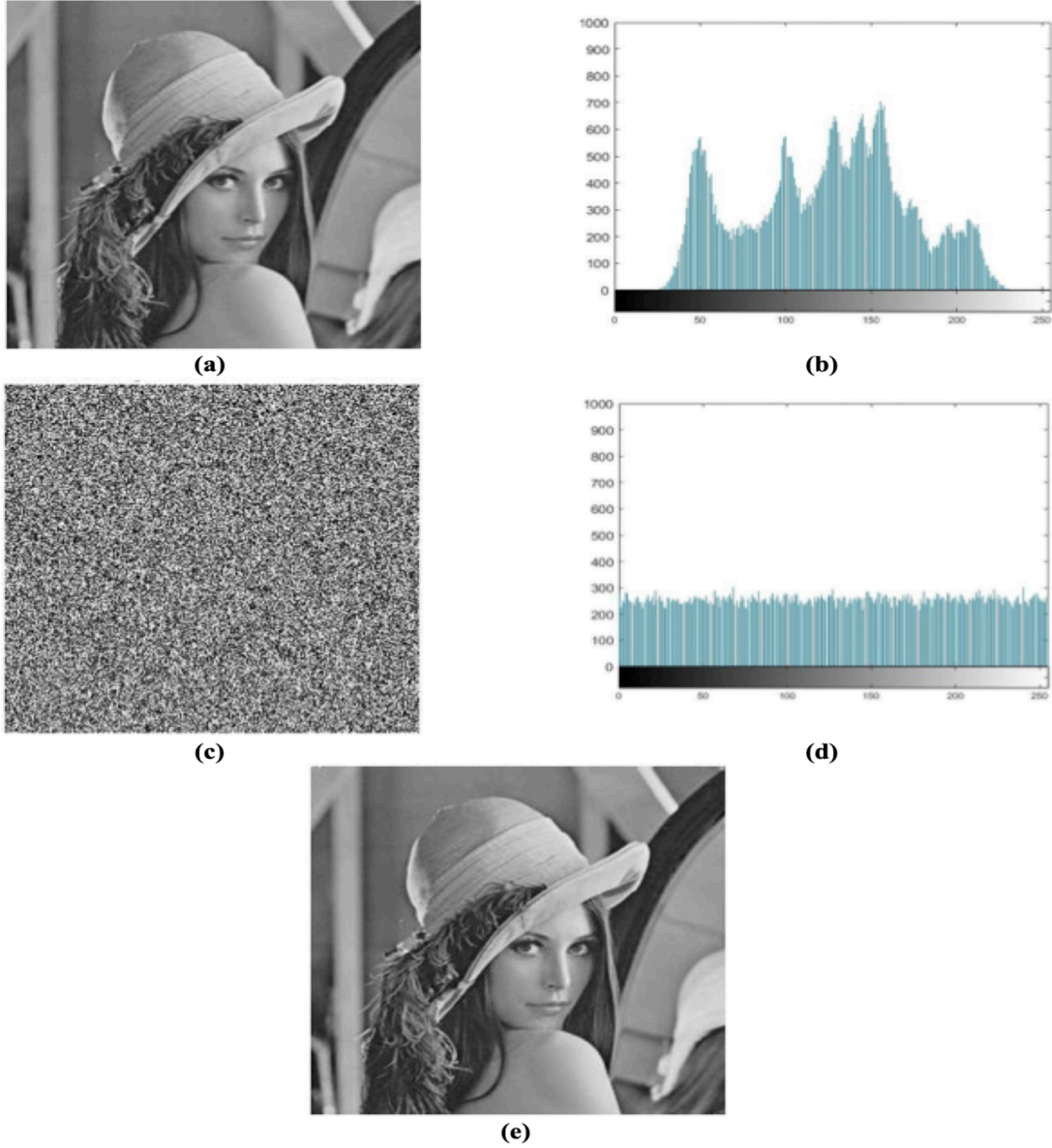
### 5.7. Yapısal Benzerlik İndeksi Ölçümü (SSIM)

SSIM, parlaklık, kontrast ve yapının üç yönünü baz alarak orijinal görüntü ile şifresi çözülmüş görüntü arasındaki benzerliği ölçer. SSIM’in değeri 0 ile 1 arasındadır. SSIM değerinin 1’e yakın olması şifresi çözülen resmin orijinal görüntüye çok fazla benzemesi anlamına gelir. 1 değerine ise yalnızca iki aynı görüntünün olması durumunda erişilebildiği gözlemlenir. (Brahim ve ark., 2020) .

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)} \quad (12)$$

Formülde;

- $\mu_x$ ,  $x$ 'in ortalaması,
- $\mu_y$ ,  $y$ 'nin ortalaması,
- $\sigma_x^2$ ,  $x$ 'in varyansı,
- $\sigma_y^2$ ,  $y$ 'nin varyansı,
- $\sigma_{xy}$ ,  $x$  ve  $y$  arasındaki kovaryans,
- $c_1 = (k_1L)^2$ ,  $c_2 = (k_2L)^2$ , zayıf payda ile bölmeyi stabilize etmek için iki değişken;
- $L$  piksel değerlerinin dinamik aralığı (genellikle bu  $2^{\text{pikseldeki bit sayısı}} - 1$  olarak hesaplanır)
- $k_1 = 0.01$  and  $k_2 = 0.03$  olarak kullanılır.



**Görsel 2:** Deneysel Sonuçlar: (a) Orijinal görüntü  
 (b) Orijinal görüntü histogramı  
 (c) Şifreli görüntü  
 (d) Şifreli görüntü histogramı  
 (e) Şifresi çözülmüş görüntü

**Tablo 5.** Şifresi çözülmüş görüntü ile orijinal görüntü arasındaki yapısal benzerlik indeksi

	SSIM
Lena	1.000000000
House	1.000000000
Female	1.000000000

Tablo 5'te şifre çözme işlemi gerçekleştirildikten sonra elde edilen görüntü ile orijinal görüntünün yapısal benzerlik indeksi verilmiştir. Buradaki beklentimiz orijinal ve şifresi çözülmüş görüntüler arasındaki benzerlik

değerinin mümkün olduğunca büyük ve 1'e yakın bir değer olmasıdır. Tablodan da görüldüğü üzere SSIM değerinin 1 olması şifresi çözülmüş görüntü ile orijinal görüntünün birebir aynı olduğu sonucunu verir.

## 6. TARTIŞMA

Tablo 6'da literatürde yapılan çalışmalar ile önerilen metodolojinin karşılaştırması yapılmıştır. Yapılan güvenlik analizlerine göre önerilen algoritmada teorik değerlerin elde edildiği görülmüştür.

**Tablo 6.** Literatürde yer alan çalışmalar ile karşılaştırma

İlgili Çalışma	NPCR	UACI	PSNR	MSE(dB)	Şifreli Görüntü Entropisi
(Wang ve ark, 2015)	99.6094	33.4690	X	X	7.9024
(Hua ve ark, 2019)	99.6088	33.4501	X	X	X
(Diab, 2018)	55.5385	1.1776	X	X	7.9017
(Wang ve ark, 2018)	X	X	X	X	7.9022
(Wang ve ark, 2021)	99.6088	33.46	X	X	7.9023
(Krishnamoorthi ve Murali, 2014)	99.62	27.38	9.22	X	X
(Anchal ve Ravin, 2016)	99.62	33.06	X	X	X
(Harjo ve Setiadi, 2020)	99.63	28.7772	7.9758	X	7.9992
(Anees ve ark, 2014)	0.0015	0.0010	8.7671	37.69	7.8026
Önerilen metodoloji	99.6292	33.4650	Inf	0.0000	7.9972

Tablodaki değerlere bakıldığında NPCR değerlerinin literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılması sonucu önerilen algoritmanın diğer çalışmalardan daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Literatürde bir şifreleme algoritmasının başarılı sayılabilmesi için NPCR değerinin %99, UACI değerinin ise %33 civarı olmasının gerekli olduğundan bahsetmiştik . Yani NPCR değerlerinin %99 civarları olması dışarıdan gelebilecek saldırılara karşı diğer çalışmalara göre daha dirençli olduğunu gösterir. UACI değerinin %33 civarı çıkması ise orijinal görüntüde yapılan küçük bir değişiklikten şifreli görüntünün tamamının etkilenmesi demektir. Her iki değer de diğer çalışmalardan daha yüksektir, ayrıca başarılı olarak kabul gören değerlere de ulaşılmıştır. Şifrelenmiş görüntünün şifresinin çözümünde bazen görüntü kalitesinde orijinal görüntüye nazaran bozulmalar yaşanabilir. Bu durumu ölçen metrik ise PSNR'dır. Önerilen algoritmada şifre çözüldüğü zaman elde edilen görüntünün kalitesinde bozulma yaşanmadığı görülmüştür. Orijinal görüntü ile şifresi çözülmüş görüntünün arasındaki fark ise MSE değerlerinden anlaşılır. Bu değer mümkün olduğunca sıfıra yakın olması beklenir. Tezde kullanılan yöntem ile sıfır sonucu elde edilmiştir. Yani orijinal görüntü kayıpsız bir şekilde elde edilmiştir. Şifreli görüntüde bilgi sızıntısı oranının sıfıra yakın/sıfır olması, entropi değerinin 8'e yakın olmasını gerektirir. Algoritmanın bu şartı da sağladığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu tezde önerilen hibrit algoritmada elde edilen performans ve güvenlik sonuçlarına göre algoritma sonuçlarının teorik değerlere ulaştığı ve bu nedenle de kullanıma uygun ve gelişmeye açık olduğu söylenebilir.

## 7. SONUÇLAR VE GELECEKTEKİ ÇALIŞMALAR

Kriptografinin amacı, ister görüntü isterse başka bir veri biçimi olsun, verileri güvenli bir şekilde göndermektir. Fakat geleneksel görüntü şifreleme algoritmaları, gereken rastgelelik sağlama işleminde yetersiz kalmıştır. Bu durum kriptografinin amacı olan güvenli veri iletimine ters düşmektedir. Bu nedenle bu tez kapsamında, şifreli görüntüde yeterli rastgeleliğe ulaşarak kriptografi amacını gerçekleştirebilmek için, kaotik haritanın Julia fraktal setleri ile kullanıldığı hibrit bir çözüm sunulmaktadır. Önerilen mimari şifrelemedeki kalite, güvenilirlik ve karmaşıklığı artırılması için kullanılan Lojistik kaotik harita, rastgeleliğini arttırmak için Julia fraktal set, satır bazında difüzyon ve çapraz difüzyon olmak üzere 4 ana bileşen altında listelenebilir. Bir satır şifrelenmeden önce difüzyon işlemi yapılmıştır, sonrasında üretilen anahtarlar ile piksel bazında şifreleme yapılmıştır. Anahtarlar ise Lojistik kaotik harita ve Julia fraktal setleri ile görüntünün genişliği ve yüksekliği kadar oluşturulmaktadır. Önerilen algoritmanın daha dirençli olmasını, Julia fraktal setlerinin rastgeleliğinin katılması sağlamıştır. Önerilen algoritma, yaygın olarak kullanılan tek boyutlu kaotik sistemdeki küçük anahtar uzayı ve zayıf güvenlik dezavantajlarının üstesinden gelmektedir. Kaotik haritanın yanı sıra Julia fraktallarının kullanımı da algoritmanın yapılan performans testlerinde daha başarılı olmasını sağlamıştır.

Veri gizliliğinin önemi gün geçtikçe arttığı için hastaların tıbbi görüntülerinin gizliliği de önemli bir konu haline gelmiştir. Tez kapsamında kullanılan metodoloji ile bu görüntülerin şifrelenmesi ve de veri gizliliğinin sağlanması gerçekleştirilebilir. Böylece bu görüntüler sadece veri erişimine izin verilen kişiler tarafından görüntülenerek hastanın gizliliği sağlanmış olur.

Önerilen sistemin daha yüksek bir karmaşıklık sunduğu sonuçlardan görülebilir. Bu tür kaotik dinamik sistemin yüksek karmaşıklığı, gelişmiş güvenlik ile kaotik kriptografik tekniklerde avantajlı bir şekilde kullanılabileceğini gösterir. Deneysel sonuçlar ve performans metrikleri, şifreleme algoritmasının etkili ve oldukça güvenli olduğunu göstermektedir.

Önerilen hibrit sistem görüntü şifrelemeyi amaçlasa da, sadece bu alanla sınırlı kalmayıp ve gelecekte hologramlar gibi 3 boyutlu görüntülerin şifrelenmesinde de kullanılabilirliği araştırılacaktır.

## REFERANSLAR

- Agarwal S.(2018) Secure Image Transmission Using Fractal and 2D-Chaotic Map. *Journal of Imaging*, 4, 17.
- Akhshani A ,Akhavan A ,Lim S, Hassan Z (2012) An image encryption scheme based on quantum logistic map; *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* Volume 17, Issue 12, Pages 4653-4661
- Al-Maadeed S, Al-Ali A, Abdalla T (2012) A New Chaos-Based Image-Encryption and Compression Algorithm”,Hindawi Publishing Corporation, *Journal of Electrical and Computer Engineering*, Article ID 179693.
- Al-Najjar H., AL-Najjar A.,(2011) ”Image Encryption Algorithm Based on Logistic Map and Pixel Mapping Table”
- Alsafasfeh Q, Arfoa A(2011). Image encryption based on the general approach for multiple chaotic systems. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications.*; 3(3): 238-244.
- Anchal J, Navin R (2016), “A robust image encryption algorithm resistant to attacks using DNA and chaotic logistic maps,” *Multimed. Tools. Appl.*, Vol. 75, no. 10, pp. 5455–72.
- Anees A., Siddiqui A. M., Ahmed F. (2014) “Chaotic substitution for highly autocorrelated data in encryption algorithm,” *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.*, vol. 19, no. 9, pp. 3106–3118.
- Askar S.; Karawia A.; Al-Khedhairi A.; Al-Ammar F.(2018) “An Algorithm Of Image Encryption Using Logistic and Two-Dimensional Chaotic Economic Maps”, *Entropy*, MDPI, Vol.20, Issue 1.
- Baker G, Gollub J .(1996) *Chaotic dynamics: an introduction*. Cambridge University Press; second ed.
- Barnsley, M.F., Demko S.(1985) ‘Iterated function systems and the global construction of fractals’, *Proc. R. Soc. Lond. A, Math. Phys. Sci.*, 399, pp. 243–275
- Brahim A., Pacha A., Said H. (2020) Image encryption based on compressive sensing and chaos systems, *Optics & Laser Technology* Volume 132, 106489
- Diab H. (2018) An efficient chaotic image cryptosystem based on simultaneous permutation and diffusion operations. *IEEE Access*;6:42227–44.
- Edgar G.(2004). *Classics on Fractals*. Boulder, CO: Westview Press. ISBN 978-0-8133-4153-8.
- El-Latif A., El-Atty B., Talha M,(2018) “Robust Encryption of Quantum Medical Images”, *IEEE Access*, vol. 6, pp. 1073 – 1081
- Hua Z, Zhou Y, Huang H. (2019)Cosine-transform-based chaotic system for image encryption. *Inform Sci*;480:403–19.
- Kaur G, Agarwal R, Patidar V. (2020) Chaos based multiple order optical transform for 2D image encryption, *Engineering Science and Technology, an International Journal* 23, 998–1014
- Khanzadi H, Eshghi M, Borujeni S (2014). Image encryption using random bit sequence based on chaotic maps. *Arabian Journal for Science and engineering*; 39(2): 1039-1047.
- Krishnamoorthi R, Murali P (2014) “Chaos based image encryption with orthogonal polynomials model and bit shuffling,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Signal Processing and Integrated Networks*, Noida India, pp. 107–12.
- Kumar M., Chahal A.(2014) Effect of Encryption Technique and Size of Image on Correlation Coefficient in Encrypted Image, *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887), Volume 97– No.12

- Li T., Du B., Liang X. (2020). Image Encryption Algorithm Based on Logistic and Two-Dimensional Lorenz. IEEE Access, 8, 13792–13805.
- Liu H, Zhao B, Huang L,(2019) “A RemoteSensing Image Encryption Scheme Using DNA Bases Probability and Two-Dimensional Logistic Map”, IEEE Access, vol. 7, pp. 65450–65459.
- Liu J, Zhang L,Yue G (2003). "Fractal Dimension in Human Cerebellum Measured by Magnetic Resonance Imaging". Biophysical Journal. 85 (6): 4041–4046
- Liu L., Lei Y., Wang D. (2020). A Fast Chaotic Image Encryption Scheme with Simultaneous Permutation-Diffusion Operation. IEEE Access, 8, 27361–27374.
- Liu L., Wang D., Lei Y. (2020). An Image Encryption Scheme Based on Hyper Chaotic System and DNA with Fixed Secret Keys. IEEE Access, 8, 46400–46416.
- Lu Q., Zhu C., Deng X. (2020). An Efficient Image Encryption Scheme Based on the LSS Chaotic Map and Single S-Box. IEEE Access, 8, 25664–2567
- Menezes, A. J., Van Oorschot, P. C., Vanstone, S. A. (1996) Handbook of applied cryptography, CRC press, 810, Florida
- Roy A., Misra A. P., Banerjee S.(2017) “Chaos-based image encryption using vertical-cavity surface-emitting lasers”, arXiv preprint arXiv: 1705.00975
- Segal S. (1978). "Riemann's example of a continuous 'nondifferentiable' function continued". The Mathematical Intelligencer. 1 (2): 81–82
- Soni A, Acharya A,(2012) A Novel Image Encryption Approach using an Index based Chaos and DNA Encoding and its Performance; International Journal of Computer Applications 47(23):1-6
- Trochet H. (2009). "A History of Fractal Geometry". MacTutor History of Mathematics
- Wade M., Chouikha M., Gill T.; Patterson W., Washington T,(2019) “A Dual Layer Image Encryption using Polymerase Chain Reaction Amplification and DNA Encryption”, IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON).
- Wang L, Ye Q, Xiao Y, Zou Y, Zhang B. (2008), An image encryption scheme based on cross chaotic map. Congress onImage and Signal Processing; 3: 22-26.
- Wang T., Song L., Wang M., Zhuang, Z. (2020). A novel image encryption algorithm based on parameter-control scroll chaotic attractors. IEEE Access, 8, 36281–36292.
- Wang W, Si M, Pang Y, Ran P, Wang H, Jiang X, Liu Y, Wu J, Wu W, Chilamkurti N, et al(2018). An encryption algorithm based on combined chaos in body area networks. Comput Electr Eng;65:282–91.
- Wang X, Wang Q, Zhang Y (2015). A fast image algorithm based on rows and columns switch. Nonlinear Dynam;79(2):1141–9
- Wang X., Liu L. (2020). Image Encryption Based on Hash Table Scrambling and DNA Substitution. IEEE Access, 8, 68533–68547.
- Xua Q, Suna K., Caoa C., Zhub C.(2019) A fast image encryption algorithm based on compressive sensing and hyperchaotic map. Optics and Lasers in Engineering (121) 203–214
- Yin Q, Wang C. (2018) A New Chaotic Image Encryption Scheme Using Breadth-First Search and Dynamic Diffusion, International Journal of Bifurcation and Chaos, Vol. 28, No. 4

#### İNTERNET KAYNAKLARI

<https://geoffboeing.com/2015/03/chaos-theory-logistic-map/>

<https://sipi.usc.edu/database/>

**Not:** Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Doç.Dr. Mustafa Cem Kasapbaşı danışmanlığında, Bahar Arıtürk tarafından yürütülecek olan, “Yeni Julia Fraktal Setleri Kullanarak Yeni Bir Şifreleme Yöntemi Önerilmesi ve Analizlerin Gerçekleştirilmesi” başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

## Araştırma Makalesi

**MANDELBROT VE LOJİSTİK KAOTİK HARİTA  
KULLANILARAK GÖRÜNTÜ ŞİFRELEME****Gülseren KİBAR<sup>†</sup>, Mustafa Cem KASAPBAŞI<sup>††</sup>**<sup>†</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye<sup>††</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, Türkiye

gulserenkibar@gmail.com, mckasapbasi@ticaret.edu.tr



0000-0001-9413-658X, 0000-0001-6444-6659

**Atıf/Citation:** KİBAR, G., KASAPBAŞI, M. C., (2022). Mandelbrot ve Lojistik Kaotik Harita Kullanılarak Görüntü Şifreleme, Journal of Technology and Applied Sciences 5(2), s. 79-95, DOI: 10.56809/icutjas.1150309**ÖZ**

Son yıllarda, görüntü şifreleme popüler ve önemli bir araştırma alanı olmuştur. İnternet ve ağlar üzerinden iletişime olan bağımlılığın gün geçtikçe artmasıyla birlikte, verilerin iletimi güvenlik ihlaline karşı açık hale geliyor. Bu güvenlik ihlallerine karşı en iyi çözümlerden biri de verinin şifrelenmesidir. Günümüzde kullanılan geleneksel algoritmalar, düşük güvenlik seviyesi göstermesi sebebiyle kaos tabanlı kripto sistemler fazlasıyla ilgi çekici hale gelmiştir. Buraya olan yoğun ilgiden sonra çeşitli kaotik haritalar kriptografi alanına kazandırılmıştır. Eski şifreleme yöntemlerinin kullanılmasıyla ortaya çıkan düşük güvenlik seviyesi problemi kaos şifrelemesi kullanılarak çözülmüştür. Bunun yanı sıra kaos şifrelemede anahtarın rastgeleliğinin ve boyutunun büyüklüğünün de görüntü şifrelemedeki önemi ortaya çıkmıştır. Bu araştırma makalesi görüntüleri işlemek için çeşitli türleri olan kaotik haritalar ile Mandelbrot fraktallarını içeren yeni bir hibrit şifreleme algoritması sunmaktadır. Bunun sebebi fraktal görüntülerin rastgeleliğinin fazla olması nedeniyle, şifreleme için güçlü bir anahtar olarak kullanılabilmesidir. Araştırmacıların çalışmaları sonucu literatürde de yer alan pek çok kaotik metod ortaya çıkmıştır. Makalede de bunlardan birisi olan Lojistik kaotik harita metodunda oluşturulan anahtar ile Mandelbrot fraktal setlerinden elde bir başka anahtarın işleme tabi tutularak ortaya çıkan anahtar ile görüntü şifrelemesi yapılmıştır. Ayrıca makalede bu kaotik harita ile fraktalların birlikte kullanılmasının sonucu elde edilen şifreli görüntülerin analizi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Bu analiz yapılırken oluşturulan şifreli görüntünün ve görüntünün orijinal halinin görsel değerleri karşılaştırılarak algoritmanın başarısı PSNR, Entropi, SSIM, MSE, Korelasyon Katsayısı, Histogram Analizi, NPCR ve UACI yöntemleri ile ölçülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kaos Teorisi, Kaotik Görüntü Şifreleme, Lojistik Harita, Mandelbrot Set, Performans Analizi**IMAGE ENCRYPTION USING MANDELBROT AND LOGISTIC CHAOTIC MAP****ABSTRACT**

In recent years, image encryption has been a popular and important research area. With the increasing dependence on communication over the Internet and networks, the transmission of data becomes vulnerable to security breaches. One of the best solutions against these security breaches is data encryption. Chaos-based cryptosystems have become very interesting because of the low security level of traditional algorithms used today. After the intense interest here, various chaotic maps have been brought to the field of cryptography. The low security level problem caused by using old encryption methods has been solved by using chaos encryption. In addition, the importance of the randomness and size of the key in image encryption has emerged in chaos encryption. This research paper presents a new hybrid encryption algorithm for processing images, including several types of chaotic maps and Mandelbrot fractals. This is because fractal images are so random that they can be used as a strong key for encryption. As a result of the studies of the researchers, many chaotic methods have emerged in the literature. In the article, image encryption was made with the key created in the logistic chaotic map method, which is one of them, and another key obtained from the Mandelbrot fractal sets was processed. In addition, the analysis and comparison of the encrypted images obtained as a result of the use of this chaotic map



and fractals were made in the article. The success of the algorithm was measured by PSNR, Entropy, SSIM, MSE, Correlation Coefficient, Histogram Analysis, NPCR and UACI methods by comparing the visual values of the encrypted image and the original state of the image created during this analysis.

**Keywords:** Chaos Theory, Chaotic Image Encryption, Logistic Map, Mandelbrot Set, Performance Analysis

## 1. GİRİŞ

Günümüzde multimedya teknolojisinin yaygın olarak kullanılmasıyla birlikte, dijital görüntü paylaşımı en fazla kullanılan içerik biçimlerinden biri haline almıştır. Paylaşımın güvenliğini sağlamak için görüntü şifreleme etkili bir teknik olarak kullanılır. Ancak görüntü iletiminin ve saklanması için güvenli bir şekilde olması için kriptografi yaklaşımına ihtiyaç duyulur. Kriptografi, verilere yetkisiz erişimden kaçınmak için kullanılan bir tekniktir (Menezes ve ark., 1996). İki ana bileşeni vardır; a) Şifreleme algoritması ve b) Anahtar (Stallings, 2006). Bazen, şifreleme için birden fazla anahtar da kullanılabilir. Piyasada DES, AES, TDES ve RSA gibi bir dizi geleneksel kriptografik algoritma mevcuttur. Geleneksel şifreleme algoritmalarının çoğu, metin verileri veya ikili veriler için kullanılır ve yüksek hesaplama karmaşıklığına sahiptir. Multimedya görüntüleri özel kodlama yapılarına ve büyük hacimli verilere sahip olduğundan, geleneksel şifreleme algoritmasının gerçek zamanlı gereksinimleri karşılaması zordur ve veri formatını değiştirebilirler.

Şifreleme algoritmasının güvenli olması için algoritmada kullanılan şifrenin karmaşıklık, rastgelelik ve yayılma gibi kriptografi alanındaki temel koşulları karşılaması beklenir. Kaotik sistemler, rastgeleliğin avantajını kullanmakla birlikte başlangıç koşullarına daha fazla hassasiyet sunar, bu nedenle kaba kuvvet ve istatistiksel saldırılara direnmek için çok geniş bir alan sunar. Sayısal görüntülerin doğası gereği fazla verisi, komşu pikseller için yüksek benzerliği ve piksel özniteliğinde küçük bir değişikliğe karşı daha az duyarlılığı olduğundan, sayısal görüntülerin güvenlik gereksinimleri, kaos tabanlı şifreleme yöntemlerinin önemini artırmaktadır (Chen ve ark., 2004).

Bu çalışmada, mevcut kaotik harita şemalarına katkıda bulunmak için Fraktal-Kaos hibrit görüntü şifreleme algoritması ele alınmıştır. Literatürde yer alan görüntüler kullanılarak performans metrikleri ve güvenlik analizleri yapıldığında teorik değerler elde edilmiştir. Bölüm 2’de görüntü şifrelemesi ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Bölüm 3’te Lojistik harita ve fraktal setin bir ön incelemesi yapılmıştır. Bölüm 4’te önerilen şifreleme yaklaşımı ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bölüm 5’te algoritmanın önceki çalışmalarda da yer alan güvenlik analizleri ve performans değerlendirmeleri sonuçları ile birlikte sunulmuştur. Tartışma kısmında, literatürde yer alan mevcut şifreleme yöntemleri ile önerilen yaklaşım sonucu elde edilen sonuçların karşılaştırması yapılmıştır. Son bölümde ise sonuçlara yer verilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Görüntü şifreleme hayatımızda önemli bir kavram haline geldiğinden bu konu ile ilgili önerilen birçok algoritma bulunmaktadır. Son yıllarda özellikle kaotik haritaların bu denli popülerliğinin artması sebebiyle farklı çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bunlara ilk olarak, görüntü şifresi ve çözülmesi için kaotik haritaları birleştirerek hibrit bir algoritma öneren çalışma (Shubo ve ark., 2009) örnek olarak verilebilir. Geliştirilen algoritmada iki kaotik sistem olan Lorenz ve Baker haritaları kullanılır. Karıştırma ve yayılma aşamasında piksel konumları ve değerleri kaotik sistemlere dayalı olarak değiştirilir. Her iki aşama için ayrı anahtarlar üretilip kullanılarak görüntü şifreleme yapılır. Şifreli görüntünün çözülmesi aşamasında ise yapılan işlemlerin tersi yapılarak orijinal görüntü elde edilir. Birleştirilmiş kaotik haritalara dayanan deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin etkinliğini onaylar ve geniş anahtar alanı ve yüksek seviyeli güvenliğin avantajlarını gösterir. İnternet üzerinden güvenli iletimde pratik olarak kullanım için uygun olduğunu belirtir.

Kaotik haritanın kullanıldığı bir görüntü karıştırma algoritmasının önerildiği makalede (Dong ve ark., 2010) lojistik harita metodu kullanılarak piksellerin bir karıştırma matrisi aracılığı ile değiştirilmesi sağlanır. Önerilen algoritma kaotik haritalamaya dayalı diğer algoritmalara göre hem basit hem de verimli olması sebebiyle avantajlıdır. Makaledeki değerlendirme ise karıştırma derecesi ile karıştırma sayıları arasındaki ilişkiyi gösteren bir korelasyon algoritması kullanılarak yapılır.

W7 ve piksel karıştırma birlikte kullanılarak yeni bir görüntü şifreleme şeması önerilen makalede (Jolfaei ve Mirghadri, 2010), W7’nin gizli anahtar olarak kullanılmasının yanı sıra permütasyon işlemi için kaotik Henon haritası da kullanılır. Dikey ve yatay permütasyonlar aracılığı ile piksellerin karıştırılması işlemi yapılır. Piksel

korelasyonlarının karıştırma işlemi kullanılarak dağıtılması sağlanır. Önerilen şema uzun bir anahtar alana sahiptir; bu nedenle kaba kuvvet ve istatistiksel saldırılara karşı iyi direnç gösterir.

El-Alfy ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada genetik bir operatör ve bitişik piksellerin korelasyon katsayısını minimuma indirmek için kaotik harita kullanılan çalışmanın dört adımı vardır. İlk olarak, şifreleme işlemi için kullanılan anahtarların dört farklı kaotik dizi oluşturması için Lojistik kaotik harita metodu kullanılır. İkinci adım olarak oluşturulan dört diziyi anahtar akışlara eşlemek için kullanılması üzerine niceleme çalışması yapılır. Üçüncü adımda görüntüyü karıştırma işlemi satır ve sütun bazında yapmak için çaprazlama metodu kullanılır. Sonrasında ise mutasyon aşaması gerçekleştirilir ve çaprazlama sonucu oluşan görüntü ile rastgele görüntü arasında XOR işlemi uygulanarak şifreli görüntü elde edilir (El-Alfy ve Al-Utaibi, 2011).

Yapılan başka bir çalışmada (Zhao ve ark., 2014) kaotik haritaların avantajları göz önüne alınarak kaos tabanlı bir görüntü şifreleme sistemi önerilir. Önerilen sistemde kullanılan kaotik harita Arnold haritasıdır. Permütasyon ve yer değiştirme metotları kullanılırken birçok yenileme turu yerine bir kez permütasyon ve yer değiştirme prosedürlerine dayandırılır. Şifreleme hızında artırım yapmak için de piksel piksel çalışmak yerine satır ve sütun bazında yer değiştirme işlemi yapılır. Önerilen algoritmanın performansını analiz etmek için anahtar uzay analizi, histogram analizi, duyarlılık analizi vb. gibi metrikler kullanılır. Sonuç olarak algoritma etkili sonuçlar gösterir ve doğası gereği güvenlidir.

AES'in literatüre de bakıldığı zaman yüksek hesaplama maliyeti, düşük güvenliği, öngörülebilir modeller gibi birçok dezavantajları olması sebebiyle bu metodolojinin geliştirilmesi önerilir (Abdulgader ve ark., 2015). Önerilen algoritma, bu dezavantajları azaltmak için kaotik bir harita ve bir XOR operatörü kullanılması yönünde geliştirilir. Önerilen yöntemin testi için literatürde de bulunan birkaç görüntü kullanılarak elde edilen sonuçlara bakıldığında pikseller arasında çok küçük korelasyon katsayıları, şifreleme hızının artması ve güvenliğinin AES algoritmasına göre artışı gözlemlenir. Makaleden çıkarılan sonuca göre algoritma, görüntü şifreleme alanında uygulanacak AES algoritması için iyi bir adaptasyon gösterir.

Verma ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada kriptosistem, karıştırma ve yayılma olarak iki aşamadan oluşur. Dış saldırılara karşı güvenliği artırmak için algoritmanın karmaşıklığının artırılması gerekçesi ile karmaşık kaotik haritalar seçilir. Görüntü şifreleme yapılırken ilk olarak karıştırma aşamasında, piksel konum permütasyonu kaotik sistemler kullanılarak gerçekleştirilir. İkinci aşama olarak piksel değeri difüzyonu gerçekleştirilir. Başlangıç koşulları ile birlikte kullanılan kontrol parametreleri algoritmanın iki aşamasında da gizli anahtar görevindedir. Algoritmanın karmaşıklığını artırarak güvenliği sağlamak için iki aşamada da ayrı anahtarlar kullanılır. Şifreyi çözme işlemi ise görüntüyü şifrelerken yapılan işlemlerin tersinin yapılması ve aynı anahtarların kullanılması ile gerçekleşir (Verma ve Jain, 2016). Testler sonucu şemanın etkinliğine bakıldığında yüksek güvenlik sağladığı gözlemlenir.

Çok gizli görüntüler için güvenli bir Boole tabanlı paylaşım şeması ele alınan makalede (Mary ve ark., 2018) birden fazla gizli görüntü, XOR ve DNA'ya dayalı olarak kodlanır. İlk adım, XOR'u gizli görüntüler üzerinde sırayla yürüterek bunun sonucunda ön paylaşım matrisleri setini elde etmektir. Bu matrislerin değerleri DNA dizilerine kodlanır. Bir matristeki anahtarın oluşturulması için karşılık gelen DNA'nın ondalık değerini içeren DNA sözlüğü tutulur. Sonuç olarak görüntüler ve anahtar matris arasında bir XOR işlemi gerçekleştirilerek görüntü şifreleme işlemi tamamlanır.

Hiperkaotik haritaya ve permütasyon-difüzyon mimarisine dayanan yeni bir renkli görüntü şifreleme şeması önerilen makalede (Cheng ve ark., 2019) R, G, B bileşenlerinin karıştırılmasıyla gerçekleştirilen bir blok permütasyonu kullanılır. Hiperkaotik sistem tarafından üretilen anahtarlar pikselleri dağıtmak için kullanılır, bu sebeple üç renk bileşeni birbirini etkiler. Daha sonra difüzyon sürecinde, G bileşeni ters sırada dağıldığı için son piksel değiştirilse dahi tamamen farklı iki şifreli görüntü elde edilebilir. Elde edilen deneysel sonuçlara bakıldığında, algoritmanın diğer kaos tabanlı renkli görüntü şifreleme algoritmalarına kıyasla istatistiksel ve kaba kuvvet saldırılarına karşı daha dirençli olmasının yanı sıra, daha büyük anahtar alanına sahip olduğu gözlemlenir.

Multimedya teknolojisinde kullanılan görüntülerden ziyade tıbbi görüntüler için yeni bir kaos tabanlı şifreleme şeması önerilen makale (Belazi ve ark., 2019) kaos ve DNA hesaplanmasının birleşimine dayanır. Burada oluşturulan senaryo; kaos ve DNA hesaplanmasının bir kombinasyonundan sonra permütasyon-yer değiştirme-difüzyon yapısını takip eder. Önerilen algoritmanın her bir turu, blok tabanlı permütasyon, piksel tabanlı yer değiştirme, DNA kodlaması, bit düzeyinde yer değiştirme, DNA kodunun çözülmesi ve bit düzeyinde difüzyon olmak üzere altı adımı içerir. Son şifrelenmiş görüntü, yeni gizli anahtarlar aracılığı ile önceki adımlar bir kez tekrarlanarak elde edilir. Yapılan güvenlik analizleri sonucu, önerilen şemanın her türlü saldırıya karşı yeterince

sağlam olduğu doğrulanır. Bunun yanı sıra düşük karmaşıklığı, gerçek zamanlı ve güvenli görüntü uygulamaları için yüksek potansiyel içerdiğini gösterir.

Tıbbi görüntülerin bilgi aktarımı yapılırken güvenliğini sağlamak için Hermite kaotik sinir ağına dayalı bir algoritma öneren makalede (Han ve ark, 2020), kaotik diziler oluşturulması için lojistik harita kullanılır. Oluşturulan kaotik diziler Hermite kaotik sinir ağının eğitilmesinde rol oynar. Sinir ağı iki anahtar akışı üreterek görüntülerin şifrelenmesini sağlar. Yapılan incelemeye göre bu algoritma çok etkilidir, saldırılara karşı dirençlidir, ayrıca güçlü anahtar duyarlılığına, geniş anahtar alanına sahiptir ve tıbbi görüntülerin güvenliğini büyük ölçüde artırır.

Ma ve arkadaşları tarafından, iki döngü şifreleme işlemi içeren, seriye dayalı, düz metinle ilgili ve yüksek hızlı kaotik bir görüntü şifreleme modeli önerilir. Blok parite kontrolü, şifrelemenin ilk döngüsü sırasında yapılırken, ikinci döngüde tekrarlı kodlama yapılır. Anahtar alanı, anahtar duyarlılığı, diferansiyel saldırı direnci yeteneği, korelasyon katsayısı ve bilgi entropisini içeren ayrıntılı performans değerlendirmeleri, önerilen şemanın iyi rastgelelik, geniş anahtar alanına sahip olduğunu gösterir (Ma ve ark., 2019).

2019 yılında Li ve arkadaşları, saçılma-karışıklık sistemlerini ve bellek hücresel otomata görüntü şifrelemesini entegre eden verimli bir şifreleme sistemi sunmaktadır (Li ve ark., 2019). Zhang ve ark. (2019)'da, hiper-kaotik yöntemin sözde rastgeleliği ile başlangıç değerlerinin duyarlılığını birleştiren yeni bir görüntü şifreleme tekniği önerilir. Liu ve ark. (2019)'da adaptif DNA ve 4-D bellek hiper-kaotik tabanlı bir renkli görüntü şifrelemesi önerilir. Huang ve ark. (2019)'da, klasik 2B Lojistik, Sinüs ve Kosinüs haritalarına dayanan 2B Lojistik-Sinüs-Kosinüs haritası sunulmaktadır.

Bu makale, fraktal setler ile kaosun birleşiminden oluşan algoritma önerdiği için literatürdeki şifreleme algoritmalarından farklıdır. Literatüre bakıldığında genel olarak farklı kaotik haritaların birleştirilerek kullanıldığı gözlemlenirken burada fraktal setlerin kullanılması ile bir algoritma oluşturulmuştur. Fraktal setler, görüntü şifrelemede kullanılacak anahtarların boyutu genişlerken dışarıdan gelecek olan kaba kuvvet ve istatistiksel saldırılara karşı daha dirençli olacaktır.

### 3. MATERYAL VE METOT

Bu bölüm, çalışmada kullanılan kaotik haritayı ve fraktal setleri kısaca gözden geçirmektedir.

#### 3.1. Lojistik Kaotik Harita

Kaotik teori, yoldaki hava, iklim ve trafik gibi başlangıç koşullarına fazlasıyla duyarlı doğal ve yapay sistemlerin dinamik davranışını dikkate alan bir matematik alanıdır (Patel ve ark, 2020). Kaotik matematiksel model kullanılarak analiz edilebilir veya yineleme grafikleri kullanılarak da yapılabilir. Kaos teorisi, nöroloji, kardiyoloji, kontrol ve devre teorisi, hava tahmini vb. gibi gelişen teknolojiler için kullanılır. Kaosta, başlangıç koşullarındaki küçük bir değişiklik bile tamamen ilişkisiz bir sıralamaya yol açabilir. Kaos fonksiyonunun şifreleme için kullanılabilmesi ve iyi sonuçlar verdiği söylenmiş ve literatürde yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır.

Lojistik fonksiyon, başlangıç koşulları ile yüksek hassasiyetle değişen ve periyodik olmayan sahte rastgele dizili üretilen kaos fonksiyonlarından biridir ve eğer doğru çatallanma parametresi 'r' seçimi dikkate alınır, tamamen öngörülemez olacaktır. Kaotik teoriyi kullanarak görüntü şifreleme uygulamak basit, hesaplama açısından daha hızlıdır (Patel ve ark, 2020). Lojistik kaotik harita aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir.

$$x_{n+1} = r x_n (1 - x_n), x_n \in [0, 1] \quad (1)$$

#### 3.2. Mandelbrot Fraktal Setleri

Fraktallar (Pickover, 2001), tüm ölçeklerde aynı derecede düzensizliğe sahip olan düzgün olmayan geometrik şekillerdir. Benoit Mandelbrot, 1979'da Mandelbrot kümesi olarak bilinen çok karmaşık bir yapı üzerinde çalışmıştır (Mandelbrot, 1982). Mandelbrot kümesinin tanımı (Crownover, 1995)'de şu şekilde verilmiştir: "Mandelbrot kümesi, karmaşık ikinci dereceden polinom  $z_{n+1} = z_n^2 + c$ 'nin yinelemesi altında 0 yörüngesinin sınırlı kaldığı karmaşık düzlemdeki c değerleri kümesidir."

Fraktal görüntüler, güvenilir bir şifreleme sistemi tasarlamaya uygun rastgelelik özelliğini sergiler. Fraktal tabanlı kriptosistem asal sayı yerine karmaşık bir sayı kullanılarak tasarlandığından, anahtar üretimleri, karmaşık sayılar kullanılarak aritmetik olarak gerçekleştirilir. Fraktalın kaotik doğası, anahtar değer başlangıç değerine karşı hassasiyetine yol açar, yetkisiz kullanıcı tarafından doğru bir anahtar üretilmesini zorlaştırarak şifrenin

kırılmasını zorlaştırır. Anahtar olarak fraktal kullanmanın ek bir avantajı, genellikle bir saldırganın anahtarı bulmak için yapması gereken tahmin sayısını etkileyen anahtar boyutudur, örneğin kaba kuvvet saldırısı, yani bir çarpışma saldırısının uygulanabilirliğini belirler. (Negi, 2016).

#### 4. ÖNERİLEN ŞİFRELEME METODOLOJİSİ

Bu çalışmada görüntü şifrelemede kullanılacak anahtarı oluşturmak için Mandelbrot fraktal seti ve bir Lojistik kaotik harita metodundan yararlanılmıştır. Görüntünün iki metodolojiden üretilen anahtarlarının XOR işlemine tabi tutulmasından sonra sütun bazında difüzyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler belirlenen iterasyon sayısı kadar tekrarlanarak şifrelenmiş görüntü elde edilmiştir. Şifre çözme, şifreleme işlemlerinin son adımından ilk adımına kadar ters sırada uygulandığı bir prosedürdür.

##### 4.1. Şifreleme İşlemi

Şifreleme işlemi aşağıda anlatılan adımlardan oluşmaktadır. Görüntü şifreleme işlemi Algoritma 1’de verilmiştir.

Algoritma 1 Şifreleme algoritması sözde kodu

**Girdi:**  $I_p$   $W \times H$  boyutunda bir görüntü  
İterasyon sayısı (varsayılan 4)

**Çıktı:**  $I_c$   $256 \times 256$  boyutunda şifrelenmiş görüntü  
 $I_p = \text{resize}(I_p, [256 \ 256])$   
 $I_p = \text{rgb2gray}(I_p)$

$I_c = I_p$

**for**  $j = 1$ : iterasyon sayısı

$I_c = \text{EncryptedVertical}(I_c, j);$

$I_c(1, 1) = \text{bitxor}(I_c(1,1), I_c(256,256));$

$I_c = \text{EncryptedVertical}(I_c, j+1);$

$xx = \text{bitxor}(I_c(1,1), I_c(256,256));$

$I_c = \text{EncryptedCross}(I_c, j);$

$I_c(1, 1) = xx;$

**end for**

function EncryptedVertical(image, keyParameter)

EncryptedImage = image;

finalKey = **keyCreator**(image, 3.991461146114611);

**for** col = 1:1: sütun sayısı

**if**(mod(col,2)~=0)

**f-or** row = 1:1: satır sayısı

EncryptedImage = bitxor(EncryptedImage(row, col), EncryptedImage(row-1, col));

**end for**

**else**

**for** row2 = satır sayısı:-1:1

EncryptedImage = bitxor(EncryptedImage(row2, col), EncryptedImage(row2-1, col));

**end for**

**end if**

**end for**

EncryptedImage = bitxor(EncryptedImage, finalKey);

function keyCreator(image, r)

**for** col = 1:1: sütun sayısı

**for** row = 1:1: satır sayısı

$X1(\text{row}, \text{col}) = r * x * (1 - x);$

$x = X1(\text{col}, j);$

$\text{key}(\text{row}, \text{col}) = \text{mod}(\text{floor}(x * 10^{15}), 256);$  %logistic map

**end for**

```

end for

for row = 1:1: satır sayısı
    for col = 1:1: sütun sayısı
        finaloutput{row,col} = dec2bin(key(row,col), 8);
    end for
end for

mandel = mandelbrot(image);

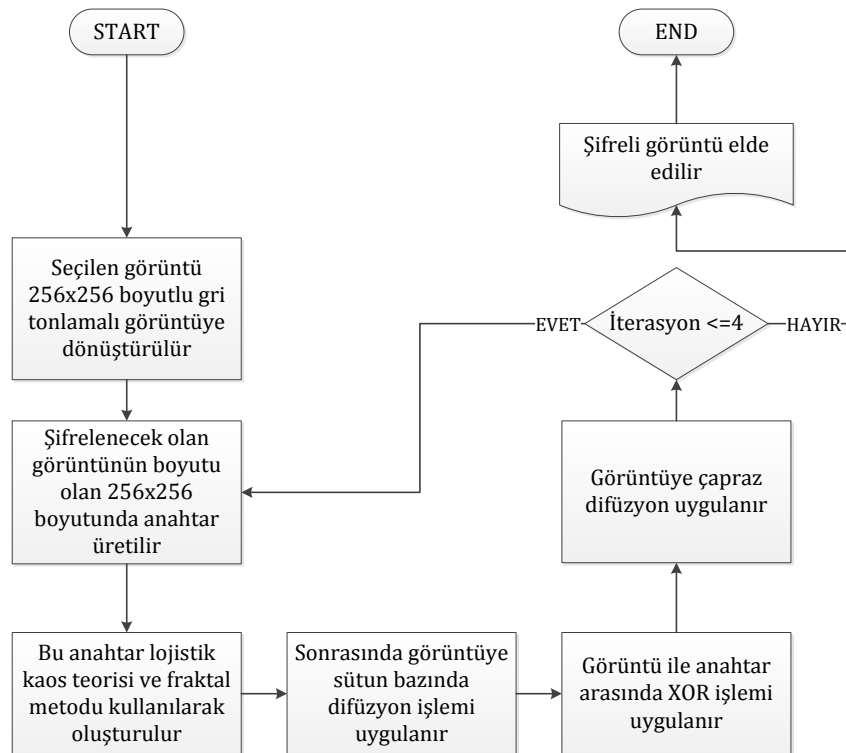
for row = 1:1: satır sayısı
    for col = 1:1: sütun sayısı
        finaloutput2{row,col} = dec2bin(mandel(row,col), 8);
    end for
end for

finalKey = bitxor(finaloutput, finaloutput2);

function EncryptedCross(image, keyParameter)
    EncryptedImage = image;

    for row = 1:1: sütun sayısı/ keyParameter
        for col = 1:1:satır sayısı
            EncryptedImage((sütun sayısı + 1)-row,(satır sayısı + 1)-col) = EncryptedImage(row,col);
            EncryptedImage(row,col) = EncryptedImage((sütun sayısı + 1)- row,(satır sayısı + 1)-col);
        end for
    end for

```

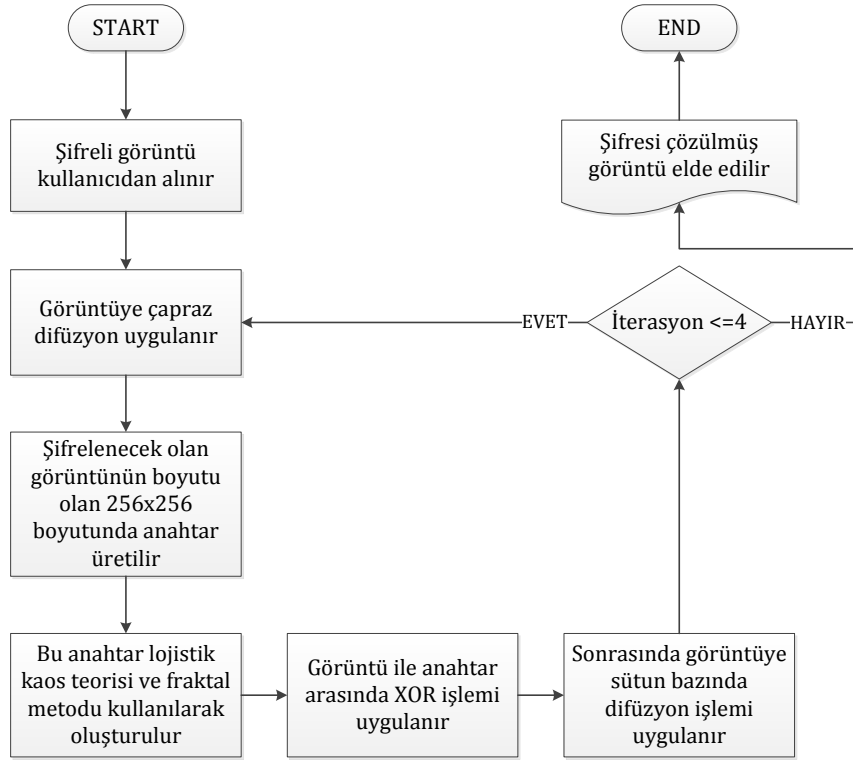


Şekil 1. Şifreleme algoritmasının akış şeması

Şekil 1'de önerilen şifreleme algoritmasının akış şeması görülmektedir.

#### 4.2. Şifre Çözme İşlemi

Şifre çözme, şifreleme işlemlerinin son şifre adımından birinciye kadar ters sırada gerçekleştirildiği bir prosedürdür. Şifre çözme işlemi Algoritma 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Şifre çözme algoritmasının akış şeması

Şekil 2’de önerilen şifre çözme algoritmasının akış şeması görülmektedir.

Algoritma 2 Şifre çözme algoritması sözde kodu

**Girdi:**  $I_C$  256x256 boyutunda şifrelenmiş görüntü  
İterasyon sayısı (varsayılan 4)

**Çıktı:**  $I_p$  256x256 boyutunda şifresi çözülmüş görüntü

```

IC = Ip
for j = 1: iterasyon sayısı
    IC(1, 1) = xx;
    IC = DecryptedCross(IC, j);
    xx = bitxor(IC(1,1), IC(1,256));
    IC = DecryptedVertical(IC, j+1);
    IC(1, 1) = bitxor(IC(1,1), IC(1,256));
    IC = DecryptedVertical(IC, j);
end for
  
```

```

function DecryptedVertical(image, keyParameter)
    DecryptedImage = image;
    finalKey = keyCreator(image, 3.991461146114611);
    DecryptedImage = bitxor(DecryptedImage, finalKey);
  
```

```

for col = 1:1: sütun sayısı
    if(mod(col,2)~=0)
  
```

```

    for row = 1:1:satır sayısı
        DecryptedImage = bitxor(DecryptedImage(row, col), DecryptedImage(row-1, col));
    end for
else
    for row2 = satır sayısı:-1:1
        DecryptedImage = bitxor(DecryptedImage(row2, col), DecryptedImage(row2-1, col));
    end for
end if
end for

function DecryptedCross(image, keyParameter)
    DecryptedImage = image;

    for row = 1:1: sütun sayısı / keyParameter
        for col = 1:1:satır sayısı
            DecryptedImage ((sütun sayısı + 1)-row,( satır sayısı + 1)-col) = DecryptedImage (row,col);
            DecryptedImage (row,col) = DecryptedImage ((sütun sayısı + 1)- row,( satır sayısı + 1)-col);
        end for
    end for
end for

```

## 5. PERFORMANS ANALİZİ

Bu bölüm, önerilen şifreleme sisteminin güvenlik seviyesini ve hesaplama yükünü göstermek için gerçekleştirilen çeşitli güvenlik analizlerinin deneysel sonuçlarını sunar. İyi bilinen bir veri tabanından (<https://sipi.usc.edu/database/>) elde edilen bir dizi test görüntüsü üzerinde yürütülen ortak testler, aşağıdaki alt bölümlerde detaylandırılmış ve tartışılmıştır. Mevcut durumda, önerdiğimiz algoritma gri ölçekli görüntülerle sınırlıdır, ancak önerilen şifreleme sistemi renkli görüntüler üzerinde çalışmak üzere kolayca uyarlanabilir (Yavuz, 2021).

### 5.1. Anahtar Alan Analizi

Anahtar, belki de her şifreleme sisteminin en temel yönüdür. Şifreleme algoritmasının güvenilir olma ölçütü anahtarın büyüklüğü ile ölçülür. Anahtar alanının boyutu, şifreleme sisteminde mevcut olan şifreleme/şifre çözme anahtar çiftlerinin sayısıdır (Akhshani ve ark, 2012). Anahtar alanın boyutu ise literatürde yer alan çalışmalarla da ispatlandığı gibi  $2^{128}$ 'den büyük olmalıdır. Günümüzün hesaplama gücü seviyelerini göz önünde bulundurduğumuzda, kapsamlı anahtar aramasına dayanmak için sistemin daha büyük bir anahtar alanına sahip olması daha iyidir (Yavuz, 2021). Yapılan hesaplamalara göre anahtar boyutu  $2^{128}$ 'den büyük bir değer bulunmuştur.

### 5.2. Bilgi Entropi Analizi

Bilgi entropisi, diğer adıyla Shannon entropisi (Yavuz, 2021), sistemdeki belirsizliklerin derecesini ifade etmek için tanımlanır. Bunu görüntü bilgisinin belirsizliklerini ifade etmek için de kullanabiliriz (Soni A., Acharya A. K, 2012). Görüntü bilgisine gelince, entropi, gri tonlamalı görüntüde bulunan yoğunluk seviyelerinin dağılımını ölçer. Rastgele bir değişkenin Shannon entropisi (gri tonlamalı görüntü) aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Yavuz, 2021).

$$H(X) = H(P_0, \dots, P_{n-1}) = - \sum_{i=0}^{L-1} P_i \log_2 P_i \quad (2)$$

$$P_i = \Pr(X = x_i) \quad (3)$$

Burada L, gri tonlama düzeylerinin (yoğunluklarının) sayısıdır,  $P_i$ ,  $X = x_i$  olasılığını temsil eder ve  $x_i$ , L piksel değerlerinin i. olası X değerini temsil eder. 8 bitlik gri tonlamalı görüntü için 256 yoğunluk düzeyi olduğundan, L yoğunluk düzeylerinin gri tonlamalı görüntüsü için Shannon entropi puanının teorik maksimumu, her yoğunluk düzeyinin eşit olasılıkla dağıtılması koşuluyla  $H(X)=\log_2 L = 8$ 'dir. Bu, görüntünün her bir yoğunluk seviyesinin aynı olasılığı paylaştığı tamamen tek tip bir dağılıma sahip olduğu ideal durumdur. Bu nedenle, daha yüksek entropi puanı, yoğunluk değerlerinin daha düzgün dağılımını gösterir, bu da bir görüntünün pikselleri arasında daha düzensiz durum anlamına gelir (Niyat ve ark, 2017).

**Tablo 1.** Düz/Şifreli/Şifresi çözülmüş görüntülerin global entropi sonuçları

	<b>Orijinal Görüntü Global Entropisi</b>	<b>Şifreli Görüntü Global Entropisi</b>	<b>Şifresi Çözülmüş Görüntünün Global Entropisi</b>
Baboon	7.247873802	7.997502631	7.248267696
House	6.496137130	7.997254276	6.496451250
Couple	6.420700137	7.997466783	6.421130147

Tablo 1, analizde kullanılan düz, şifreli ve şifresi çözülmüş görüntülerin global entropi sonuçlarını sunmaktadır. Tablodaki sonuçlar 256x256 boyutundaki test görüntülerini içerir. Elde edilen global entropi sonuçları incelendiğinde, önerilen şifreleme algoritmasının entropi değerleri teorik üst sınır olan 8'e yakın ve yüksek oranda rastgele şifreli görüntüler ürettiğini göstermektedir.

Global Shannon entropi ölçüsü, gerçek rastgeleliği kanıtlamak için yeterli değildir. Bazı durumlarda, üretilen şifreli görüntülerin rastgeleliğini doğrulamak için yalnızca bu metriği kullanmak yanıltıcı olabilir. Örnek verecek olursak, biri algılanabilir ve diğeri rastgele benzeri olan iki görüntü, aynı Global Shannon entropi değerlerine sahip olabilir (Yavuz, 2019). Bu sebeple, mutlaka gerçek rastgeleliğin kanıtı olarak kullanılamaz. Bunun yerine, şifreli görüntülerin gerçek rastgeleliğini kanıtlamak için Yerel Shannon entropi testi kullanılır. Rastgele seçilmiş bir dizi örtüşmeyen bloğun yerel entropi değerlerinin ortalamasının alınması, aşağıdaki gibi tanımlanan Yerel Shannon entropi metriğini (Wu ve ark, 2013) verir:

$$\overline{H}_{k,T_B}(S) = \sum_{i=1}^k \frac{H(S_i)}{k} \quad (4)$$

Burada  $T_B$ , yerel bloktaki piksel sayısını temsil eder ve  $k$ ,  $S_i$  ile gösterilen rastgele seçilen blokların sayısını sembolize eder.  $T_B$  ve  $k$  parametreleri, önem düzeyi  $\alpha$  ile birlikte ideal yerel entropi değerini belirler.

**Tablo 2.** Düz/Şifreli/Şifresi çözülmüş görüntülerin Yerel Shannon entropi sonuçları

	<b>Orijinal Görüntü Yerel Entropisi</b>		<b>Şifreli Görüntü Yerel Entropisi</b>		<b>Şifresi Çözülmüş Görüntünün Yerel Entropisi</b>	
	$h_{sol}^*$	$h_{sağ}^*$	$h_{sol}^*$	$h_{sağ}^*$	$h_{sol}^*$	$h_{sağ}^*$
Baboon	7.244806723	7.134224429	7.988449909	7.989494235	7.245369226	7.134775792
House	5.631226771	6.435040916	7.988781716	7.988180923	5.632015502	6.436073288
Couple	5.898468014	6.396219959	7.988281324	7.989133980	5.899108183	6.396411857

Tablo 2'de orijinal, şifreli ve şifresi çözülmüş görüntülerin yerel entropi değerleri sunulmuştur. Tüm yerel entropi sonuçları kritik değerler  $\alpha = 0.001$  anlamlılık düzeyi için önerilen algoritmanın testi başarıyla geçtiği ifade edilebilir.

### 5.3. Diferansiyel Saldırı Analizi (NPCR/UACI)

Diferansiyel saldırıya direnmek için, güvenli bir şifreleme sistemi, düz görüntüdeki herhangi bir küçük değişikliğin, şifreli görüntüler arasındaki fark üzerinde önemli etkilere neden olmasını sağlamalıdır (Yin Q, Wang C, 2018). Yayılma ve karışıklık özelliklerine sahip olmayan bir şifreleme algoritması, farklı saldırılara karşı savunmasız olacaktır (Akhshani ve ark, 2012). Şifreleme yeteneğini değerlendirmek için Piksel değişim hızı (NPCR) ve birleşik ortalama değişim yoğunluğu (UACI) kullanılır (Xu ve ark, 2019). Literatüre bakıldığı zaman NPCR değerinin %99, UACI değerinin ise %33 civarı olması şifreleme algoritmasının dışarıdan gelecek



saldırlara karşı dirençli olduğunu gösterir (Menezes ve ark, 1996). İki farklı şifreli görüntü arasındaki NPCR ve UACI aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$Diffp(A(i,j), B(i,j)) = \begin{cases} 1, & A(i,j) \neq B(i,j) \\ 0, & A(i,j) = B(i,j) \end{cases} \quad (5)$$

$$Diff(A, B) = \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} Diffp(A(i,j), B(i,j)) \quad (6)$$

$$NPCR = \frac{Diff(C_1, C_2)}{W.H} . 100\% \quad (7)$$

$$UACI = \frac{1}{W.H} \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} \frac{|C_1(i,j) - C_2(i,j)|}{255} . 100\% \quad (8)$$

Burada  $C_1$  ve  $C_2$  sırasıyla düz görüntüyü ve biraz değiştirilmiş versiyonunu temsil eder.  $W$  ve  $H$ , görüntünün genişliğini ve yüksekliğini simgelemektedir.

**Tablo 3.** Şifreli görüntünün diferansiyel saldırı sonuçları

	UACI	NPCR
Baboon	33.656622195	99.468994141
House	33.208534390	99.493408203
Couple	33.044128418	99.429321289

Tablo 3'te çeşitli test görüntülerinden elde edilen UACI ve NPCR değerleri sunulmuştur. Yukarıda da bahsedildiği gibi NPCR ve UACI değerlerinin teorik değerlere yakın olduğu gözlemlenir. Bu durum da dışarıdan gelebilecek saldırılara karşı algoritmanın dirençli olduğunu gösterir.

#### 5.4. Gürültü Girişim Analizi (PSNR/MSE)

Görsel değerlendirme analizi, iki görüntü için bileşenin ortalama kare farkının, herhangi iki görüntü arasında bulunabilecek maksimum ortalama kare farkına oranıdır. Orijinal görüntüden ve şifreli görüntüden türetilen PSNR değeri karşılaştırıldığında, daha düşük PSNR değeri, aralarındaki daha büyük farkı gösterir ve bu da sonuçta daha güvenli bir görüntü şifrelemesi anlamına gelir. Ortalama Kare Hatası (MSE), piksellerin 0 ile 255 arasında ifade edildiği orijinal ve şifreli görüntü arasındaki farkı ölçmek için kullanılan bir parametredir. MSE şu şekilde tanımlanabilir:

$$PSNR = 10 . \log \frac{255^2}{MSE} (dB) \quad (9)$$

$$MSE = \frac{1}{W.H} \sum_{i=0}^{W-1} \sum_{j=0}^{H-1} (I_P(i,j) - I_D(i,j))^2 \quad (10)$$

Burada  $I_P$  ve  $I_D$ , sırasıyla (orijinal) düz görüntüyü ve şifresi çözülmüş görüntüyü belirtir. Daha yüksek PSNR değeri, orijinal görüntüye daha yüksek aslına uygunluk anlamına gelir. 30 dB'den büyük PSNR değerleri için görüntü kalitesindeki bozulmanın hissedilmediği bilinmektedir. Öte yandan, 20 dB'den düşük PSNR değerleri, kötü görüntü kalitesini gösterir (Yavuz, 2021).

Görüntü şifreleme durumunda MSE mümkün olduğunca yüksek olmalıdır. Orijinal ve şifreli görüntü arasında daha yüksek MSE değeri, saldırılara karşı daha fazla bağışıklığı temsil eder.

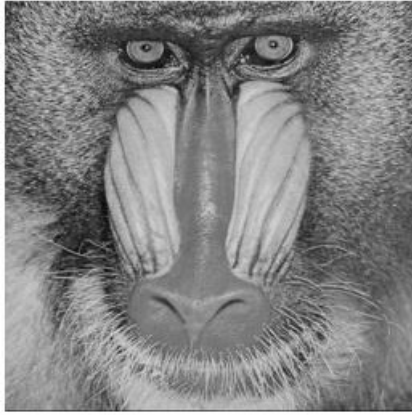
**Tablo 4.** Şifresi çözülmüş görüntünün gürültü girişim analizi sonuçları

	PSNR	MSE
Baboon	Inf	0.000000000
House	Inf	0.000000000
Couple	Inf	0.000000000

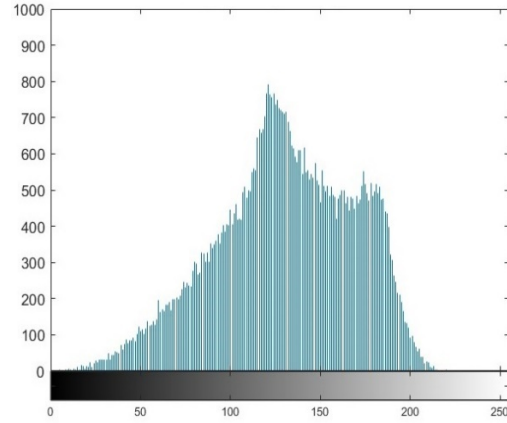
Tablo 4’te şifresi çözülmüş görüntülerin PSNR ve MSE değerleri sunulmaktadır. PSNR değerlerine bakıldığında değerlerin 30 dB’den büyük olması sebebiyle, görüntü kalitesinin bozulmadığı kanısına varılır.

### 5.5. Histogram Analizi

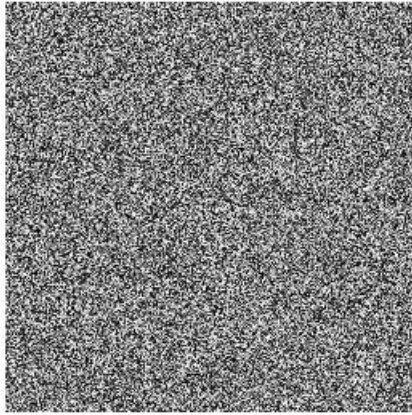
Histogram, dijital bir görüntüde her bir gri tonlamanın oluşma sıklığını temsil eden istatistiksel bir ilişkidir. Resmi gizlemek için bilgi iyi, şifreli görüntünün histogramı mümkün olduğunca düz olmalıdır. Açıkta ki, şifrelenmiş görüntünün her piksel değerinin sayıları  $[0, 255]$  aralığında neredeyse eşittir, bu da istatistiksel analiz yoluyla düz görüntü bilgisini elde etmenin zor olduğu anlamına gelir. Şifresi çözülen görüntünün histogramı, düz görüntü ile kabaca aynıdır; bu, önerilen algoritmanın görüntüyü iyi bir şekilde kurtardığı anlamına gelir (Xu ve ark, 2019).



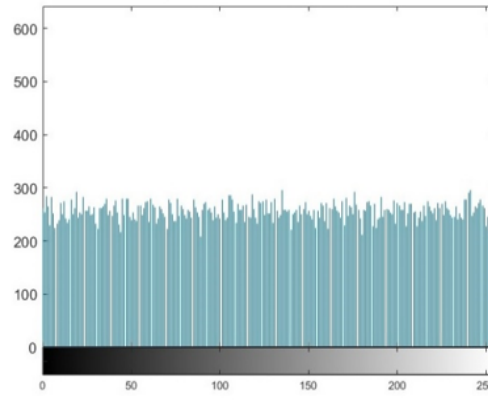
(a)



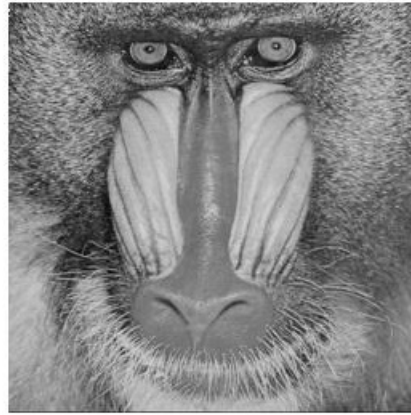
(b)



(c)



(d)



(e)

**Görsel 1: Deneysel Sonuçlar: (a) Orijinal görüntü  
(b) Orijinal görüntü histogramı  
(c) Şifreli görüntü**

(d) Şifreli görüntü histogramı  
(e) Şifresi çözülmüş görüntü

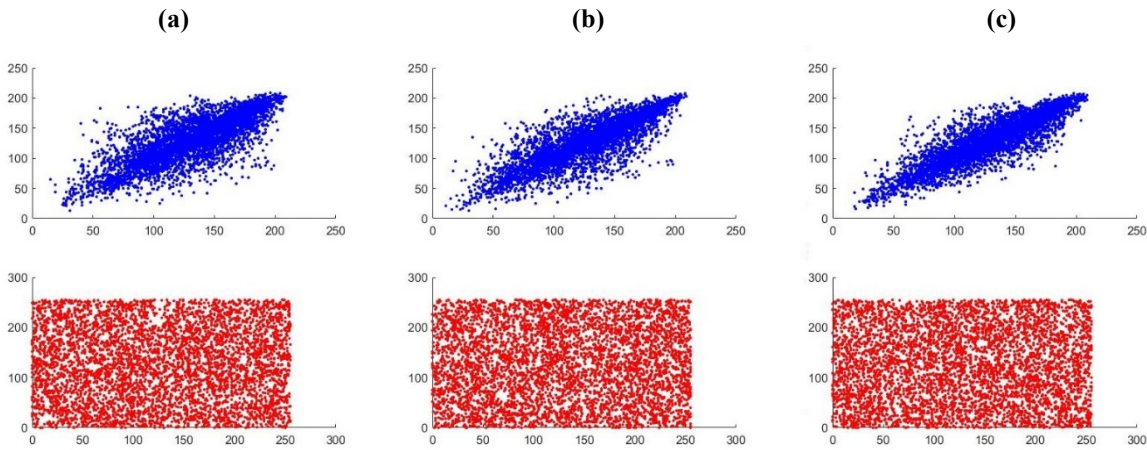
Görsel 1'de yukarıda da bahsedildiği gibi şifreli görüntünün histogramının mümkün olduğunca düz olduğu görülmektedir. Şifresi çözülmüş görüntü ile orijinal görüntünün de aynı olduğu gözlemlenebilir.

### 5.6. Korelasyon Analizi

Doğal görüntülerdeki komşu pikseller, yoğunluk değeri açısından birbirlerine yakın olma eğilimindedir. Bu, yatay, dikey ve diyagonal komşuluklardaki bitişik pikseller arasında yüksek korelasyonlar sağlar (Liu ve ark., 2018). Görüntü şifrelemenin amacı, saldırganların kırabileceği bir güvenlik açığı bırakmamak için komşu pikseller arasındaki güçlü olan korelasyonları bozmaktır (Xu ve ark, 2019). Bu nedenle, iyi bir şifreleme algoritması, pikseller arasındaki korelasyonu azaltmalıdır. Üstün karışıklık ve yayılma özellikleri olan bir şifreleme algoritması ile şifrelenen görüntüde korelasyon analizi yapıldığında piksellerin birbirleri arasındaki korelasyonun zayıfladığı gözlemlenir. Korelasyon katsayısı şu şekilde hesaplanabilir:

$$corr(x, y) = \frac{E[(x - \mu_x)(y - \mu_y)]}{\sigma_x \sigma_y} \quad (11)$$

Burada x ve y, bitişik piksellerin yoğunluk değerlerini içeren iki veri dizisidir ve E[.], beklenti fonksiyonudur. Burada,  $\mu_x$  ve  $\mu_y$  x ve y dizilerinin ortalama değerlerini gösterir ve  $\sigma_x$  ve  $\sigma_y$  standart sapmaları temsil eder. 1'e çok yakın korelasyon katsayısı, bitişik pikseller arasında güçlü bir korelasyon olduğunu gösterirken, sıfıra yakın korelasyon değeri aralarında korelasyon olmadığını gösterir (Lan R ve ark, 2018).



**Görsel 2:** Baboon görüntüsü ve şifre karşılığı için (a) diyagonal, (b) dikey ve (c) yatay yönlerde bitişik piksel korelasyonları

Yukarıda açıklanan amaca uygun olarak Baboon test örneğinde rastgele 5000 piksel seçildi; yatay, dikey ve diyagonal olarak hem orijinal hem de şifrelenmiş görüntünün korelasyonları Görsel 2'de grafik olarak açıkça gösterilmektedir. Grafiklere bakıldığında üç yönde orijinal görüntünün komşu pikselleri arasındaki güçlü korelasyonlar görülürken, önerilen şifreleme algoritması tarafından şifrelenen görüntünün bitişik pikseller arasındaki dağılımı yapı görsel olarak sunulur.

### 5.7. Yapısal Benzerlik İndeksi Ölçümü (SSIM)

Yapısal benzerlik (SSIM) indeksi, iki görüntü arasındaki benzerliği ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Yapısal bilgi, piksellerin özellikle uzamsal olarak yakın olduklarında güçlü karşılıklı bağımlılıkları olduğu fikridir. Bu bağımlılıklar, görsel olarak nesnelerin yapısı hakkında önemli bilgiler taşır. Ortaya çıkan SSIM indeksi, 0 ile 1 arasında bir ondalık değerdir ve 1 değerine yalnızca iki özdeş veri kümesi olması durumunda erişilebilir (Abdul ve Abbas, 2015).

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)} \quad (12)$$

Formülde;

- $\mu_x$  x'in ortalaması
- $\mu_y$  y'nin ortalaması
- $\sigma_x^2$  x'in varyansı
- $\sigma_y^2$  y'nin varyansı
- $\sigma_{xy}$  x ve y arasındaki kovaryans
- $c_1 = (k_1L)^2$ ,  $c_2 = (k_2L)^2$ , zayıf payda ile bölmeyi stabilize etmek için iki değişken;
- L piksel değerlerinin dinamik aralığı (genellikle bu  $2^{\text{her pikseldeki bit sayısı}} - 1$  olarak hesaplanır)
- $k_1 = 0.01$  and  $k_2 = 0.03$  olarak kullanılır.

**Tablo 5.** Şifresi çözülmüş görüntü ile orijinal görüntü arasındaki yapısal benzerlik indeksi

	SSIM
Baboon	1.0000
House	1.0000
Couple	1.0000

Tablo 5'te şifre çözme işlemi gerçekleştirildikten sonra elde edilen görüntüler ile orijinal görüntülerin yapısal benzerlik indeksi verilmiştir. Önerilen algoritmada, daha iyi sonuçlar için orijinal ve şifreli görüntüler arasındaki benzerlik değeri mümkün olduğunca küçük olmalı, orijinal ve şifresi çözülmüş görüntüler arasındaki benzerlik değeri ise mümkün olduğunca büyük ve 1'e yakın bir değer olmalıdır.

## 6. TARTIŞMA

**Tablo 6.** Literatürde yer alan çalışmalar ile karşılaştırma

İlgili Çalışma	NPCR	UACI	PSNR	MSE(dB)	Şifreli Görüntü Entropisi
(Anees ve ark, 2014)	0.0015	0.0010	8.7671	37.69	7.8026
(Zhou ve ark, 2018)	52.39	33.57	X	X	7.9993
(Liu ve ark, 2019)	50.57	25.19	8.3499	X	7.9969
(Krishnamoorthi ve Murali, 2014)	99.62	27.38	9.22	X	X
(Jain ve Rajpal, 2016)	99.62	33.06	27.7	X	7.9952
(Ahmad ve Hwang, 2015)	99.36	32.72	X	40.39	7.9801
(Huang ve Nien, 2009)	99.42	24.94	X	X	X
(Huang ve ark, 2013)	99.54	28.27	X	X	7.9967
(Loukhaoukha ve ark, 2012)	99.58	28.62	X	X	7.9968
(Hussain ve ark, 2020)	99.61	33.08	X	X	7.9353
<b>Önerilen metodoloji</b>	99.6658	33.6566	Inf	0.00	7.9975

Tablo 6'da şimdiye kadar gerçekleştirilen çalışmalar ile önerilen hibrit algoritmanın karşılaştırması yapılmıştır.

Tablodaki NPCR değerleri incelendiğinde, önerilen metodolojinin literatürdeki çalışmalara kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi NPCR değerinin %99 civarı olması dışarıdan gelecek saldırılara karşı algoritmanın diğer çalışmalara göre daha güvenli olduğunu göstermektedir. UACI değerinin %33 civarı çıkması orijinal görüntüde bir piksel dahi değişiklik olduğunda bu değişiklikten tüm görüntünün şifreli halinin etkilenmesi demektir ve bu değer diğer algoritmalarından elde edilen sonuçlar kadar

iyi olduğu gözlemlenmiştir. PSNR değeri ise şifre çözme adımında çözülen görüntünün kalitesinin bozulmamış bir şekilde elde edildiğini gösteren bir metriktir. Diğer çalışmalara oranla daha yüksek sonuca ulaşılmıştır. MSE, şifresi çözülmüş görüntü ile orijinal görüntünün arasındaki farklılığı gösteren bir metriktir. Bu sebeple MSE değerinin minimum olması beklenir, önerilen yöntem bu koşulu da sağlamaktadır. Şifreli görüntü entropisinin yukarıda da bahsedildiği gibi 8 değerine yakın olması beklenir, algoritmanın da bu şarta uygun olduğu görülmüştür. Nihai sonuç olarak bu makaledeki hibrit metodolojinin performans metriklerine göre teorik değerlere ulaştığı görülmüştür.

## 7. SONUÇLAR VE GELECEKTEKİ ÇALIŞMALAR

Geleneksel görüntü şifreleme şemaları, yeterli rastgelelik sağlamada yetersizdir ve bu da bir güvenlik açığına yol açar. Bu nedenle, şifreli alanda yeterli rastgeleliğe ulaşma boşluğunu kapatmak amacıyla, bu makalede kaotik haritanın Mandelbrot fraktal setleri ile kullanıldığı hibrit bir çözüm sunulmaktadır. Kaotik haritaların seçimi, kaotik aralıkta periyodik pencerelerin varlığı gibi 1 boyutlu kaotik haritalarla ilgili sınırlamaları ortadan kaldıracak şekildedir. Kaosun kullanılması geleneksel algoritmalara kıyasla sadece anahtar alanı genişletmekle kalmaz, aynı zamanda önemli ölçüde başlangıç koşullarına bağlı olarak daha fazla rastgelelik ve hassasiyet sağlar. Şifreli alanda tek tip bir histogram elde edilir, böylece diğer şemalara göre gelişimini doğrulayan neredeyse optimal entropi elde edilir. Önerilen şemanın, farklı istatistiksel ve sayısal analizler yoluyla çeşitli güvenlik saldırılarına karşı oldukça sağlam olduğu kanıtlanmıştır.

Şifreleme metodolojisi literatürde de veri gizliliği sebebiyle tıbbi görüntülerin saklanması için kullanılan diğer algoritmalar gibi bu alanda kullanılabilir. Bu kapsamda hastaların tıbbi görüntülerinin bulut tabanlı bir yerde şifreli şekilde saklanarak buna erişmek isteyen personellere şifresi çözülmüş halde gönderilebilir.

Gelecekte, önerilen şema renkli görüntüler ve diğer görüntü formatlarına kolayca uyarlanabilir ve farklı kaotik haritalar ile fraktal setlerin birlikte olduğu bir şema üzerinde çalışılıp karşılaştırması yapılabilir. Ek olarak, önerilen şema esas olarak tek gri görüntü şifrelemesine odaklanmaktadır. Şifreleme verimliliğini artırmak için gelecekte makaledeki hibrit algoritmanın çoklu görüntü şifrelemede kullanılabilirliği araştırılacaktır.

**REFERANSLAR**

Abdul, N., Abbas, M., (2015). Image encryption based on Independent Component Analysis and Arnold's Cat Map. *Egyptian Informatics Journal*, 17, 139-146

Ahmad, J., Hwang, S., (2015). Chaos-based diffusion for highly autocorrelated data in encryption algorithms, *Nonlinear Dynamics*, 82(4), 1839–1850.

Abdulgader, A., Ismail, M., Zainal, N., Idbeaa, T., (2015) Enhancement of AES algorithm based on chaotic maps and shift operation for image encryption. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 71(1), 1-12

Akhshani, A., Akhavan, A., Lim, S., Hassan, Z., (2012). An image encryption scheme based on quantum logistic map. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 17(12), 4653-4661

Anees, A., Siddiqui, A. M., Ahmed, F. (2014). Chaotic substitution for highly autocorrelated data in encryption algorithm. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 19(9), 3106–3118

Belazi, A., Talha, M., Kharbech, S., Xiang, W., (2019). Novel Medical Image Encryption Scheme Based on Chaos and DNA Encoding, *IEEE Access*, 7, 36667–36681

Chen, G., Mao, Y., Chui C.K., (2004). A symmetric image encryption scheme based on 3D chaotic cat maps, *Chaos, Solutions & Fractals*, 21(3), 749-761

Cheng, G., Wang, C., Chen, H. (2019). A Novel Color Image Encryption Algorithm Based on Hyperchaotic System and Permutation-Diffusion Architecture, *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 29(9), 1950115-1, 1950115-17

Crownover, R. M., (1995). *Introduction to Fractals and Chaos*; Jones and Bartlett: Burlington, MA, USA., ISBN 978-0-86720-464-3

Dong, Y., Liu, J., Zhu, C., Wang, Y., (2010). Image encryption algorithm based on chaotic mapping. (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference, 289-291.

El-Alfy, E., Al-Utaibi, K., (2011). An Encryption Scheme for Color Images Based on Chaotic Maps and Genetic Operators, *The Seventh International Conference on Networking and Services*, 92-97

Han, B., Jia, Y., Huang, G., Cai, L., (2020). A Medical Image Encryption Algorithm Based On Hermite Chaotic Neural Network, 2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC), 1, 2644-2648

Huang, C. K., Liao, C. W., Hsu, S. L., Jeng, Y. C., (2013). Implementation of gray image encryption with pixel shuffling and gray-level encryption by single chaotic system, *Telecommunication Systems*, 52(2), 563-571

Huang, C. K., Nien, H. H (2009). Multi chaotic systems-based pixel shuffle for image encryption. *Optics communications*, 282(11), 2123-2127

Huang, H. (2019). Novel Scheme for Image Encryption Combining 2D Logistic-SineCosine Map and Double Random-Phase Encoding. *IEEE Access*, 7, 177988–177996

Hussain S., Jamal S. S., Shah T., Hussain I., (2020) A Power Associative Loop Structure For The Construction Of Non-Linear Components Of Block Cipher, *IEEE Access*, 8, 123492-123506

- Jain, A., Rajpal, N., (2016). A robust image encryption algorithm resistant to attacks using DNA and chaotic logistic maps, *Multimedia Tools and Applications*, 29(1), 5455–5472
- Jolfaei, A., Mirghadri, A., (2010). An image encryption approach using chaos and stream cipher. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 19(2), 117-125.
- Krishnamoorthi, R., Murali, P., (2014). Chaos based image encryption with orthogonal polynomials model and bit shuffling, *Proceedings of the IEEE International Conference on Signal Processing and Integrated Networks*, Noida India, 107–112.
- Lan, R., He, J., Wang, S., Gu, T., Luo, X., (2018). Integrated chaotic systems for image encryption. *Signal Processing*, 147, 133–145
- Li, A., Belazi, A., Kharbech, S., Talha, M., Xiang, W., (2019). Fourth Order MCA and Chaos-Based Image Encryption Scheme. *IEEE Access*, 7, 66395–66409
- Liu, D., Zhang, W., Yu, H., Zhu, Z.L., (2018). An image encryption scheme using self-adaptive selective permutation and inter-intra-block feedback diffusion, *Signal Processing*, 151, 130–143
- Liu, X., Xiao, D., Xiang, Y., (2019). Quantum image encryption using intra and inter bit permutation based on logistic map, *IEEE Access*, 7, 6937–6946.
- Liu, Z., Wu, C., Wang, J., Hu, Y. (2019). A Color Image Encryption Using Dynamic DNA and 4-D Memristive Hyper-Chaos. *IEEE Access*, 7, 78367–78378.
- Loukhaoukha, K., Chouinard, J. Y., Berdai, A., (2012). A secure image encryption algorithm based on Rubik's cube principle, *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2012
- Ma, S., Zhang, Y., Yang, Z., Hu, J., Lei, X. (2019). A New Plaintext-Related Image Encryption Scheme Based on Chaotic Sequence. *IEEE Access*, 7, 30344–30360
- Mandelbrot, B.B., (1982). *The Fractal Geometry of Nature*; Henry Holt and Company: New York, NY, USA; ISBN 978-0-7167-1186-5.
- Mary, R., Eswaran, P., Shankar, K., (2018). Multi Secret Image Sharing Scheme Based on DNA Cryptography with XOR, *Pure and Applied Mathematics*, 118(7), 393-398
- Menezes, A. J., Van Oorschot, P. C., Vanstone, S. A. (1996) *Handbook of applied cryptography*, CRC press, 810, Florida
- Negi, D., Negi, A., Agarwal, S., (2016). The complex key cryptosystem. *International Journal Application Eng. Res.*, 11, 681–684.
- Niyat AY, Moattar MH, Torshiz MN (2017). Color image encryption based on hybrid hyper-chaotic system and cellular automata, *Optics and Lasers in Engineering*, 90, 225–237
- Patel S, Bharath K P, Muthu R. (2020) *Image Encryption Decryption Using Chaotic Logistic Mapping and DNA Encoding*, Computer Science
- Pickover, C.A. (2001) *Computers, Pattern, Chaos, and Beauty: Graphics from an Unseen World*; Courier Corporation: North Chelmsford, MA, USA; ISBN 978-0-486-41709-7.

Shubo, L., Sun, J., Xu, Z., (2009). An improved image encryption algorithm based on chaotic system. Journal of Computers, 4(11), 1091-1100.

Stallings, W. (2006). Cryptography and network security: principles and practices. Pearson Education India, 900, Hindistan

Soni, A., Acharya A. K., (2012). A Novel Image Encryption Approach using an Index based Chaos and DNA Encoding and its Performance Analysis, International Journal of Computer Applications, 47(123), 1-6

Verma, A., Jain, A., (2016). Pixel chaotic shuffling and Arnold map based Image Security Using Complex Wavelet Transform. Journal of Network Communications and Emerging Technologies (JNCET), 6(5): 8-11

Wu, Y., Zhou, Y., Saveriades, G., Agaian, S., Noonan, J.P., Natarajan, P., (2013). Local Shannon entropy measure with statistical tests for image randomness, Information Sciences, 222,323–342

Xua, Q., Sun, K., Cao, C., Zhu, C., (2019), A fast image encryption algorithm based on compressive sensing and hyperchaotic map, Optics and Lasers in Engineering, 121, 203-214

Yavuz, E., (2019). A novel chaotic image encryption algorithm based on content-sensitive dynamic function switching scheme. Optics Laser Technology, 114:224–239

Yavuz, E., (2021). A new parallel processing architecture for accelerating image encryption based on chaos, Journal of Information Security and Applications, 63

Yin, Q., Wang, C., (2018). A New Chaotic Image Encryption Scheme Using Breadth-First Search and Dynamic Diffusion, International Journal of Bifurcation and Chaos, 28(4), 1850047-1, 1850047-13

Zhang, X., Wang, L., Zhou, Z., Niu, Y. (2019). A Chaos-Based Image Encryption Technique Utilizing Hilbert Curves and H-Fractals. IEEE Access, 7, 74734–74746.

Zhao, J., Guo, W., Ye, R., (2014). A chaos-based image encryption scheme using permutation-substitution architecture, International Journal Computer Trends and Technology, 15(4), 174- 185.

Zhou, N., Chen, W., Yan, X., Wang, Y., (2018). Bit-level quantum color image encryption scheme with quantum cross-exchange operation and hyper-chaotic system. Quantum Information Processing, 17(6):137

## İNTERNET KAYNAKLARI

<https://sipi.usc.edu/database/>

**Not:** Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Doç.Dr. Mustafa Cem Kasapbaşı danışmanlığında, Gülseren Kibar tarafından yürütülecek olan, “Mandelbrot Fraktal Setleri Kullanarak Yeni Bir Şifreleme Yöntemi Önerilmesi ve Analizlerin Gerçekleştirilmesi” başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.



## Araştırma Makalesi

# ENGELLİLER İÇİN ERİŞİLEBİLİRLİK ETKİSİ: CEMAL REŞİT REY KONSER SALONU VE ZORLU PERFORMANS SANATLARI MERKEZİ ÖRNEĞİ

Esra TAPAĞ<sup>†</sup>, Leyla SURİ<sup>††</sup>

<sup>†</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

<sup>††</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İstanbul, Türkiye

esrayilmaz1071@gmail.com, lsuri@ticaret.edu.tr



0000-0002-5020-6600, 0000-0002-3225-1221

**Atıf/Citation:** TAPAĞ, E., SURİ, L., (2023). Engelliler İçin Erişilebilirlik Etkisi: Cemal Reşit Rey Konser Salonu ve Zorlu Performans Sanatları Merkezi Örneği, Journal of Technology and Applied Sciences, 5(2), s.97-106, DOI: 10.56809/icujtas.1150351

## ÖZET

İnsanlık tarihi kadar eski olan engellilik kavramı; toplumsal ve tarihsel gelişime paralel olarak yeniden tanımlanmış, engelli bireylere olan bakış açısı giderek değişmiştir. Engelli bireylerin toplumun bir parçası olduğu, diğer bireyler gibi tüm haklardan yararlanması için fiziki ve hukuki engellerin ortadan kalkması gerektiği fikri gelişmiştir. Son zamanlarda yapılan yeni yasal düzenlemeler, tanınan haklar ile oluşturulan yüksek duyarlılık, güzel ve olumlu gelişmeler olarak değerlendirilir. Fakat engelli bireyler kamusal alanda birtakım engellerle karşılaşmaktadır. Bu durum onların bilgiye, hizmete, kültürel aktivitelere erişim ve ulaşımını zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de engelsiz yaşam mottosunun bir yansıması olarak bina kullanımlarının engelsiz yaşama uyumluluğu araştırılmıştır. Örnek alan olarak Cemal Reşit Rey Konser Salonu ile Zorlu Performans Sanatları Merkezi seçilmiştir. Erişilebilirlik açısından yeni ilkeler ve önerilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** erişim, erişilebilirlik, engelli ulaşım

## ACCESSIBILITY FOR THE DISABLED: EFFECT: THE CASE OF CEMAL REŞİT REY CONCERT HALL AND THE STRONG PERFORMANCE ARTS CENTER

### ABSTRACT

The concept of disability, which is as old as the history of humanity, has been redefined in parallel with social and historical development, and the perspective of individuals with disabilities has gradually changed. The idea has developed that disabled individuals are now a part of society and that all physical and legal obstacles must be removed in order to benefit from all rights like other individuals. The new legal regulations made recently, the rights granted and the high sensitivity created can be considered as good and positive developments. However, people with disabilities face a number of obstacles in the public sphere. This situation makes it difficult for people with disabilities to access and access information, services and cultural activities. In this study, as a reflection of the barrier-free living motto in Turkey, the compatibility of building uses with disability-free living was investigated. Cemal Reşit Rey Concert Hall and Zorlu Performing Arts Center were chosen as sample areas. It is aimed to develop new principles and suggestions in terms of accessibility.

**Keywords:** access, accessibility, disabled transportation

Geliş/Received : 29.07.2022  
Gözden Geçirme/Revised : 04.08.2022  
Kabul/Accepted : 12.08.2022

## 1. GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü'nün (World Health Organization) 1980 yılında yayımlamış olduğu Sakat, Özürlü ve Engellilerin Uluslararası Sınıflandırmasında (The International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps) sakatlık, özürlülük ve engellilik kavramları birbirlerinden ayrılmış ve her birinin tanımları yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre bozukluk: "Psikolojik, fizyolojik, anatomik yapı ya da işlevin herhangi bir kaybı veya anormalliği", özürlülük: "Herhangi bir bozulmadan dolayı insanın bir etkinliği normal olarak kabul edilen şekilde yapma kabiliyetindeki kısıtlama veya eksiklik", engellilik: "Yaş, cinsiyet, sosyo-kültürel faktörlere bağlı olarak bir bozukluk veya özürden kaynaklanan birey için normal olan bir rolün yerine getirilmesini sınırlandıran, engelleyen, dezavantaj yaratan durum"dur (Dünya Sağlık Örgütü, 2011).

1990 yılında çıkan Amerikan Engelliler Yasasında (ADA), engelli bireyler için sivil haklar öngörölmüş ve yükseköğretim kurumlarına diğer bireylerle eşit şekilde erişebilmeleri gereği belirtilmiştir. ADA Yasası, engelliliği: "Bireyin önemli yaşam aktivitelerinin bir veya daha fazlasını esasen sınırlayan fiziksel ya da zihinsel bir bozukluk" olarak tanımlamaktadır (ADA, 1990).

Türkiye'de 2005 yılında yürürlüğe girmiş olan 5378 Sayılı Engelliler Yasası'nın 3. maddesinde engelli: "Doğuştan veya sonradan herhangi bir nedenle bedensel, zihinsel, ruhsal, duyuşsal, sosyal yeteneklerini çeşitli derecelerde kaybetmesinden dolayı toplumsal yaşama uyum sağlama ve günlük gereksinimlerini karşılamada güçlükleri olan; korunma, bakım gibi günlük ihtiyaçlarını karşılamada zorluk yaşadıkları için rehabilitasyon, danışmanlık ve destek hizmetlerine ihtiyaç duyan kişi" olarak tanımlanmıştır. Sosyal ve ekonomik yaşamda bağımsız hareket edemeyen engelli bireylerin, evlerinden çıkıp kentsel ve özel mekânlara erişilebilirlikleri, kendilerini nasıl tanımladıkları noktasında önemli olmaktadır (Gören vd., 2013). Bu bakımdan engelli bireyler için burada temel belirleyici olan alanın erişilebilirlik olduğu söylenebilir.

Erişilebilirlik; engellerden sakınmak anlamına geldiği gibi konutlara, alışveriş alanlarına, tiyatrolara, parklara, çalışma alanlarına ulaşabilme ve bu alanları kullanabilmenin bir yolu anlamına da gelmektedir (CCPT 1996). Erişilebilirlik, Avrupa kentlerinde yasalarla, standartlarla ve politikaların yaygınlaştırılması ile yaygın hale gelmekte ve gelişmektedir (Alonso, 2002). Engelli bireylerin topluma dâhil edilmesi için konut alanları, kamuya açık alanlar, eğitim alanları, hastaneler ve ulaşım araçlarında çeşitli projeler gerçekleştirilmektedir (NJSCC, 2007; Gilman, 2007; Iğri, 2004).

Son zamanlarda yapılan çalışmalara göre; tasarımcılar, mimari engelleyicilerin farklı kullanıcılar için erişilebilirliği nasıl kısıtladığının farkında olmayan uygulamalar yapmaktadırlar (Evcil, 2012).

Bu çalışmada aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

- Kamusal binaların engelliler için erişilebilirlik düzeyi nedir?
- Kamusal binalarda engelli bireyler fiziki çevreye, ulaşma, bilgi ve iletişim teknolojileri ve sistemlerine eşit koşullarda sahipler midir?

Oluşturulan sorular doğrultusunda doküman analizi ile durum analizi birlikte kullanılmıştır. Öncelikle engelliler için erişilebilirlik konusunda yapılan çalışmalar incelendi ve derlendi. Sonrasında ise yerinde incelemeler yapılarak binaların engelliler için erişilebilirliği ortaya kondu. Bu çalışmada, engelli bireylerin kamusal alanlarda karşılaştıkları engellerin ortaya konulması; erişilebilirlik açısından yeni ilkeler ve önerilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. ENGELLİLER İÇİN ERİŞİLEBİLİRLİK: CEMAL REŞİT REY KONSER SALONU VE ZORLU PERFORMANS SANATLARI MERKEZİ ÖRNEĞİ

### 2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, İstanbul'un sanatsal faaliyetlerinin en yoğun yaşandığı iki merkezinden biri olan Cemal Reşit Rey Konser Salonu ile Zorlu Performans Sanatları Merkezi seçilmiştir.



Şekil 1. Cemal Reşit Rey Konser Salonu



Şekil 2. Zorlu Performans Sanatları Merkezi

## 2.2. Çalışmanın Veri Toplama Aracı

Bu çalışmada Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı tarafından hazırlanan “Binalar İçin Erişilebilirlik İzleme ve Denetleme Formu” kullanılmıştır. Yerinden denetleme ve gözlem yapılarak binaların uyumluluğu kontrol edilmiş, engelli erişim düzeyi derecelendirilmiştir. Araştırma formundaki tüm maddeler yüz (100) üzerinden değerlendirilmiş. Ortalama skor esas alınmıştır.

### 2.3. Çalışma Alanının Erişilebilirlik Açısından Değerlendirilmesi

Tablo 1 ve 2’de Cemal Reşit Rey Konser Salonu ile Zorlu Performans Sanatları Merkezi’nin bina özelliklerine yer verilmiştir.

**Tablo 1.** Cemal Reşit Rey Konser Salonu bina özelliği

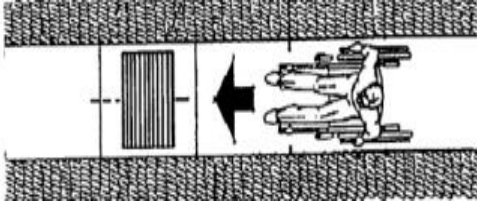
A. BİNANIN ÖZELLİKLERİ		
Soru No	Sorular	Cevaplar
A1	Binanın kullanım türü	Resmi (✓) Özel ( ) Diğer ( ) .....
A2	Binanın kullanım türü	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
A3	Binada hizmet veren (denetlenen) kurumun/kuruluşun/kullanımın adı	Cemal Reşit Rey Konser Salonu
A4	Binanın kullanım süresi	6 Aydan Az ( ) 6 Ay ( ) 1 Yıl ( ) 2 Yıl ( ) 3 Yıl ( ) 4 Yıl ( ) 5 Yıl ve Üstü (✓)
A5	Bodrum, zemin kat, çatı katı, ara katlar ve asma kat dahil bina kat sayısı	4

**Tablo 2.** Zorlu Performans Sanatları Merkezi bina özelliği

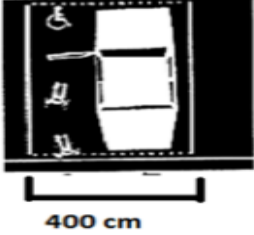
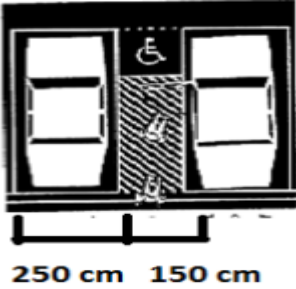
A. BİNANIN ÖZELLİKLERİ		
Soru No	Sorular	Cevaplar
A1	Binanın kullanım türü	Resmi ( ) Özel (✓) Diğer ( ) .....
A2	Binanın kullanım türü	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
A3	Binada hizmet veren (denetlenen) kurumun/kuruluşun/kullanımın adı	Zorlu Performans Sanatları Merkezi
A4	Binanın kullanım süresi	6 Aydan Az ( ) 6 Ay ( ) 1 Yıl ( ) 2 Yıl ( ) 3 Yıl ( ) 4 Yıl ( ) 5 Yıl ve Üstü (✓)
A5	Bodrum, zemin kat, çatı katı, ara katlar ve asma kat dahil bina kat sayısı	9

Aşağıda, Tablo 3’te CRR ve Zorlu’nun bahçe-bina girişi erişilebilirlik yüzdeleri gösterilmiştir. Buna göre CRR’nin erişilebilirlik yüzdesi %65, Zorlu’nun erişilebilirlik yüzdesi ise %75 olarak bulunmuştur.

**Tablo 3.** CRR ve Zorlu bahçe-bina girişi erişilebilirlik yüzdesi

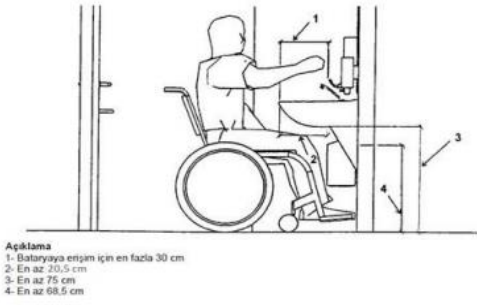
Soru No	B. BAHÇE GİRİŞİ-BAHÇE YOLU-BİNA GİRİŞİ	CRR	Zorlu
B1	Binada kaç tane bahçe girişi vardır?	2 adet	3 adet
B2	Bahçeye girişte kot farkı var mıdır?	✓	✓
B3	1,3 cm'den fazla kot farkı olan yerler rampa ile giderilmiş midir?	✓	✓
B4	Bahçe girişindeki rampa açıkça görülebiliyor mu?	✓	✓
B5	Bahçe girişindeki rampaya tabela ile yönlendirme yapılmış mıdır?	□	□
B6	Rampa yüzeyi düz, sabit ve dayanıklı mıdır?	✓	✓
B7	Rampa yüzeyi ıslak-kuru halde kaymayan malzeme ile kaplanmış mıdır?	□	□
B8	Rampa 9 m'den uzun ise her 9 m'de bir, en az 150 cm x 150 cm'lik düz dinlenme alanları var mıdır?	□	□
B9	Rampanın başlangıç ve bitiminde zemin, engelli yayaların hareketini engelleyecek herhangi bir çıkıntı veya çukurluk olmayacak şekilde düzenlenmiş midir?	✓	✓
B10	Rampanın her iki yanında tirabzan veya tirabzan yapılmasını gerektirmeyecek ve tehlike oluşturmayacak mesafede ve en az 90 cm yükseklikte duvar/parapet var mıdır?	✓	□
B11	Rampada küpeşte var mıdır?	□	✓
B12	Küpeşte, rampanın her iki tarafında mıdır?	□	✓
B13	Rampanın döşeme kaplaması üzerinden 70 cm yükseklikte engelliler ve çocuklar için ikinci bir küpeşte var mıdır?	□	✓
B14	Merdiven ve rampalarda bulunan tirabzanlar ve küpeşter dayanan yetişkin bir kişinin vücut ağırlığını çekebilecek şekilde emniyetle tutturulmuş mudur?	✓	✓
B15	Basamak yüksekliği en fazla 16 cm, diğer durumlarda ise en fazla 18 cm midir?	✓	Basamak Yok
B16	Bahçe yolunda elektrik direkleri, tabelalar ile süs bitkileri, çiçeklik/saksılar, reklam/ ilan panoları, tezgah, masa, sandalye, totem vb. nesnelere arındırılmış en az 150 cm genişliğinde geçiş alanı var mıdır?	✓	✓
B17	Bahçe yolunda yürüyüş güzergahında ızgara bulunmakta mıdır?	✓	✓
B18	Bahçe yolunda yürüyüş güzergahında bulunan ızgaraların uzun kenarı yürüyüş güzergahına dik olacak şekilde yerleştirilmiş midir? 	✓	✓
<b>Toplam</b>		<b>%65</b>	<b>%75</b>

**Tablo 4.** CRR ve Zorlu otopark erişilebilirlik yüzdesi

Sıra No	C.OTOPARK	CRR	Zorlu
C1	Otoparkta engelli otopark yeri var mıdır?	✓	✓
C2	Engelli park yeri sayısı toplam park yeri sayısının en az % 5'i midir?	✓	✓
C3	Engelli otoparkı, taşıt park edildikten sonra bina erişilebilir girişine en fazla 30 m mesafede midir? (Topoğrafya veya binanın mimari özelliklerinden kaynaklanan kısıtların olduğu durumlarda mesafe en fazla 50 m olabilir.) (Engelliler için ayrılması icap eden park yerlerinin fazla sayıda olması gereken büyük otoparklarda, engelli park yerleri erişilebilir bina girişine 50 m mesafede düzenlenmelidir. Ancak park yeri ihtiyacının 50 m mesafe içinde karşılanamaması halinde diğer park yerleri erişilebilir girişe mümkün olan en yakın konumda çözülmek üzere bu mesafe şartı aranmaz.)	✓	✓
C4	Hava koşullarından korunmak amacıyla engellilere ayrılmış park yerinin üzeri kapatılmış mıdır? (Açık otoparklar için)	□	✓
C5	Engelli otopark yeri yatay işaretlerle belirtilmiş midir?	✓	✓
C6	Engelli otopark yeri dikey işaretlerle belirtilmiş midir?	✓	✓
C7	Engelli otopark yeri bahçe girişinden ve otopark girişinden itibaren açıkça görülüyor mu?	✓	□
C8	Bahçe girişinden ve otopark girişinden itibaren engelli otopark alanına yönlendiren işaretlemeler yapılmış mıdır?	□	✓
C9	Engelli otoparkının genişliği en az 400 cm midir? 	✓	✓
C10	Engelli otoparkının genişliği en az 250 cm ve transfer alanının genişliği en az 150 cm genişliğindedir? 	✓	✓
C11	Engelli otopark yerinin çevresinde yaya kaldırım bulunmakta mıdır?	□	□
C12	Engelli otopark alanı ile yaya kaldırım arasında kot farkı bulunuyorsa (1,3 cm'den fazla ise) yaya kaldırım rampası yapılmış mıdır?	□	□
C13	Engelli otoparkının zemin yüzeyi düz, sabit ve dayanıklı mıdır? (Tüm özellikler sağlandığında evet cevabı verilecektir.)	✓	✓
C14	Engelli otoparkının zemini ıslak-kuru halde kaymayan malzeme ile kaplanmış mıdır?	✓	□
<b>Toplam</b>		<b>%71</b>	<b>%71</b>

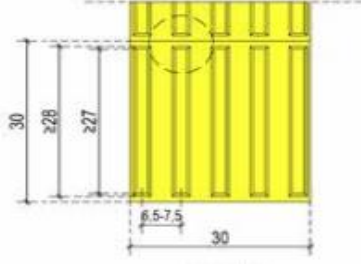
Tablo 4'te CRR ve Zorlu'nun otopark erişilebilirlik yüzdeleri gösterilmiştir. Buna göre CRR'nin erişilebilirlik yüzdesi %71, benzer şekilde Zorlu'nun da erişilebilirlik yüzdesi %71 olarak bulunmuştur.

**Tablo 5.** CRR ve Zorlu tuvalet erişilebilirlik yüzdesi

Soru No	D. TUVALETLER	CRR	Zorlu
D1	Binada engelli tuvaleti var mıdır?	✓	✓
D2	Binada en az bir adet kadın ve bir adet erkek veya bağımsız girişi olan en az bir adet kadın-erkek ortak kullanımında olan engelli tuvalet kabini var mıdır?	✓	✓
D3	Binadaki kadın, erkek ve/veya kadın-erkek ortak kullanımında olan engelli tuvalet kabini sayısı kaçtır?	1	11
D4	Binadaki kadın, erkek ve/veya kadın-erkek ortak kullanımında olan engelli tuvalet kabinine erişim için asansör veya alternatif ulaşım yöntemi var mıdır? veya Binadaki kadın, erkek ve/veya kadın-erkek ortak kullanımında olan engelli tuvalet kabini zemin katta mıdır?	□	✓
D5	Tuvaletin giriş kapısında ve tuvaletin girişinden engelli tuvalet kabinine erişimde kot farkı var mıdır?	□	□
D6	Engelli tuvalet kabini girişinden klozete erişimde kot farkı var mıdır?	□	□
D7	İşaretler görme engelliler için Braille yazılı mıdır?	✓	✓
D8	İşaretlerde hissedilebilir kabartmalı harfler ve semboller kullanılmış mıdır?	□	□
D9	Engellinin kullanabileceği engelli tuvalet kabini içerisinde veya genel tuvaletin içinde konumlandırılmış, alt yüzüne kadar net en az 75 cm, ön üst yüzüne kadar en fazla 86 cm yüksekliğinde ve en az 20,5 cm derinliğinde diz boşluğu bulunan bir lavabo var mıdır?	✓	✓
 <p><b>Açıklama</b> 1- Bataryaya erişim için en fazla 30 cm 2- En az 20,5 cm 3- En az 75 cm 4- En az 68,5 cm</p>			
<b>Toplam</b>		<b>%56</b>	<b>%67</b>

Tablo 5'te CRR ve Zorlu'nun tuvalet erişilebilirlik yüzdeleri gösterilmiştir. Buna göre CRR'nin erişilebilirlik yüzdesi %56, Zorlu'nun erişilebilirlik yüzdesi ise %66 olarak bulunmuştur.

**Tablo 6.** CRR ve Zorlu bina içi yatay dolaşım erişilebilirlik yüzdesi

Soru No	E. BİNA İÇİ YATAY DOLAŞIM	CRR	Zorlu
E1	İç kapılarda tekerlekli sandalye kullananlar için, eşikler iyi sabitlenmiş ve lastik eşikler tercih edilmiş midir?	✓	✓
E2	Bina içindeki koridorların engelsiz net açıklığı en az 90 cm, yerden net yüksekliği ise en az 2,2 m midir?	✓	✓
E3	Baş seviyesi üzerinde bulunan tüm engeller ve duvara dik veya tavana monte edilmiş levhalar yerden en az 220 cm yükseklikte midir?	✓	✓
E4	Bino koridorlarında kılavuz yüzey bulunmakta mıdır? 	✓	✓
E5	Tekerlekli sandalyeliler için sirkülasyon alanlarında belirli aralıklarla 150 cm x 150 cm'lik manevra alanları var mıdır?	✓	✓
E6	Binaya girdikten sonra, bina giriş kapısı ile giriş holü arasında kot farkı var mıdır?	□	□
E7	1,3 cm'den fazla kot farkı olan yerler rampa ile giderilmiş midir?	□	□
E8	Bina giriş holündeki yürüyüş güzergahındaki rampa açıkça görülebiliyor mu?	□	□
E9	Rampanın başlangıç ve bitiminde zemin, engelli yayaların hareketini engelleyecek herhangi bir çıkıntı veya çukurluk olmayacak şekilde düzenlenmiş midir?	✓	✓
E10	Tekerlekli sandalyeli kullanıcılar için bina içindeki rampalara yönlendirme yapılmış mıdır?	✓	□
E11	Binadaki asansörle her kata erişim sağlanmakta mıdır?	□	✓
E12	Asansörün önündeki sahanlıktan asansör kabine erişimde eşik, basamak veya kot farkı var mıdır?	□	□
E13	Girişten asansöre engelsiz ve en fazla 30 m mesafede ulaşım sağlanmış mıdır?	□	✓
E14	Asansör kapısının yanında bilgilendirici ve/veya uyarıcı işaretler var mıdır ?	□	✓
E15	Asansörde işaretler görme engelliler için Braille yazılı mıdır?	□	✓
E16	Asansörlerde işaretlerde hissedilebilir kabartmalı harfler ve semboller kullanılmış mıdır?	□	✓
<b>Toplam</b>		<b>%44</b>	<b>%69</b>



Tablo 6’da CRR ve Zorlu’nun bina içi yatay dolaşım erişilebilirlik yüzdeleri gösterilmiştir. Buna göre CRR’nin erişilebilirlik yüzdesi %44, Zorlu’nun erişilebilirlik yüzdesi ise %69 olarak bulunmuştur.

**Tablo 7.** CRR ve Zorlu toplam erişilebilirlik yüzdesi

Cemal Reşit Rey Konser Salonu	%59
Zorlu Performans Sanatları Merkezi	%71

CRR ve Zorlu toplam erişilebilirlik yüzdesi Tablo 7’de gösterilmiştir. Buna göre CRR’nin toplam erişilebilirlik yüzdesi %59, Zorlu’nun ise toplam erişilebilirlik yüzdesi ise %71 olarak bulunmuştur.

### 3. SONUÇLAR

Bireylerin fiziki, ekonomik, sosyo-kültürel alana uyum sağlamaları; bilgi ve hizmet alımında tam erişime sahip olmaları ne kadar önemliyse aynı durum engelli bireyler içinde geçerlidir. Fakat gerek mimari gerek kentsel yapılaşma bu gerçeği (engelli bireylerin ulaşım ve erişim sıkıntısı) göz ardı edilerek oluşturulmuştur. Bu durum eşit vatandaşlık haklarına ters bir durum olmakla birlikte engelli bireyleri toplumun dışına itmektedir.

Engelli bireylerin, haklarını tam bir şekilde kullanılabilmesi, toplumsal yaşamın her alanına herhangi bir destek ya da yardım olmaksızın ulaşabilmesi için erişilebilirlik büyük önem arz etmektedir. Aynı zamanda bu durum hem eşit vatandaşlık ilkesinin bir gereği hem de onurlu bir yaşam sürmenin başat şartıdır.

Erişimde yaşanan sıkıntılar engellilerin mekânın çeşitli işlevlerini doğru bir şekilde anlayıp rahatça kullanabilmelerini engellemektedir. Bu durumun ortadan kaldırılması bütüncül, teknolojik, yenilikçi yaklaşımlarla mümkün olacaktır.

Bu çalışma kapsamında Cemal Reşit Rey Konser Salonu ile Zorlu Performans Sanatları Merkezi örnek çalışma alanı olarak seçilmiş ve engelli erişime uyumluluğu araştırılmıştır. Çalışmada bahçe-bina girişi açısından CRR’nin erişilebilirlik yüzdesi %65, Zorlu’nun erişilebilirlik yüzdesi ise %75; otopark erişilebilirlik yüzdeleri açısından CRR’nin erişilebilirlik yüzdesi %71, benzer şekilde Zorlu’nun da erişilebilirlik yüzdesi %71; tuvalet erişilebilirlik yüzdeleri CRR açısından %56, Zorlu açısından ise %66; bina içi yatay dolaşım erişilebilirlik yüzdeleri CRR için %44, Zorlu için %69 olarak bulunmuştur. Bu ölçümler çerçevesinde genel olarak, CRR’nin toplam erişilebilirlik yüzdesi %59, Zorlu’nun ise toplam erişilebilirlik yüzdesi ise %71 olarak bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen sonuçlar her iki merkezin de ortalamanın üstünde bir skora sahip olduğunu göstermektedir. Fakat ortalamaların daha da yükseltilmesi gerektiği düşünülmektedir. Çalışma kapsamında oluşturulan önerilere aşağıda yer verilmiştir:

- Bina tasarımları; kullanım, esneklik, sezgisel kullanım, algılanabilirlik, düşük fiziksel güç kullanımı ve hata için tolerans ilkesine göre yeniden tasarlanmalıdır.
- Binalar teknolojik ve yapay zekâ kullanılarak akıllı binalara dönüştürülmelidir
- Erişilebilirlik politikaları yeniden gözden geçirilmeli ve yeni yaklaşımlar benimsenmelidir
- Yönlendirmelere daha çok yer verilmelidir
- Engelli gruplarının ihtiyaçları ile birlikte evrensel planlama ilkeleri dikkate yeniden bina strüktürleri ve iç kullanımı yeniden planlanmalıdır.

Son olarak her gün yeni engeller ile karşılaşmakta bu durum engelli bireyler için hayatı daha da zorlaştırmaktadır. Tamamen engelsiz bir yaşam mümkün olmasa da bilimsel ve teknolojik yaklaşımlar ile bu durumu minimize etmek mümkündür.

**KAYNAKLAR**

Alonso, F. (2002). The benefits of building barrier-free: a contingent valuation of accessibility as an attribute of housing. *European Journal of Housing Policy*, 2(1), 25-44.

European concept for accessibility (CCPT, The Central co-ordinating Committee for the Promotion of Accessibility), Rijswijk, The Netherlands, 1996).

Dünya Sağlık Örgütü, World Health Organization ve Dünya Bankası, World Bank. (2011). World Report On Disability. [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70670/1/WHO\\_NMH\\_VIP\\_1.1.01\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/70670/1/WHO_NMH_VIP_1.1.01_eng.pdf)

Evciil, N. (2012). Raising awareness about accessibility. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 47(11), 490 – 494.

Gilman, S., (2007). Including the child with special needs: learning from Reggio Emilia. *Theory into Practice*, 46(1), 23-31.

Gören, B. G, Dedeoğlu, Ç., ve Berköz, L. (2013). Kent hakkı ve engelli kullanıcılar. *Dünya Şehircilik Günü 37. Kolokiyumu*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 6-8 Kasım.

Igri, L., (2004). Social context, special needs / disability / developmental disorders and educational inclusion. *Hrvatska Revija Za Rehabilitacijska Istrazivanja*, 40(2), 151-164.

NJSCC - New Jersey Schools Construction Corporation. (2007). 21st Century Schools: Design Manual. Erişim: 16 Kasım 2016, <http://centers.njit.edu/cbk/nj-schools-development-authority-21st-century-design-manual/>

**Not:** Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Leyla SURİ danışmanlığında, Esra TAPAĞ tarafından yürütülecek olan, “Engelliler İçin Erişilebilirlik Etkisi: Cemal Reşit Rey Konser Salonu ve Zorlu Performans Sanatları Merkezi Örneği” başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

Araştırma Makalesi

# KÜÇÜK İŞLETMELERİN BÜYÜMESİNDE KURUMSALLAŞMA VE ETKİLERİ

**İbrahim MİZANOĞLU<sup>†</sup>, Oğuz BORAT<sup>††</sup>**<sup>†</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye<sup>††</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Türkiye<sup>†</sup> [ibrahimmzn@hotmail.com](mailto:ibrahimmzn@hotmail.com), <sup>††</sup> [oborat@ticaret.edu.tr](mailto:oborat@ticaret.edu.tr)

0000-0003-0936-9691, 0000-0002-2242-6024

**Atıf/Citation:** MİZANOĞLU, İ., BORAT, O., (2022). Küçük İşletmelerin Büyümesinde Kurumsallaşma ve Etkileri, Journal of Technology and Applied Sciences 5(2), s. 107-122, DOI: 10.56809/icujtas.1150667

## ÖZET

Küçük işletmelerin büyümesi ve rekabetçi olabilmeleri için kurumsallaşma sürecinin artıları ve eksileri en iyi şekilde değerlendirilmeli ve bu durumlar göz önüne alınarak hareket edilmelidir. Bu çalışmada literatürde daha önce yapılan çalışmalara değinilmiştir. Mikro, küçük ve orta büyüklükteki işletme ve kurumsallaşma kavramları detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Kurumsallaşma yolunda atılacak adımlar sunulmuştur. Türkiye'deki firmalar ve inşaat sektörü farklı kriterlerde kıyaslanıp sektörün yeri hakkında bilgi verilmiştir. Kurumsallaşmayla alakalı daha önceden yapılmış olan çalışmalardaki kriterler ve sektörde ihtiyaç duyulduğu düşünülen kriterler eklenip bir anket formu oluşturulmuştur. Ve bu anket inşaat sektöründe faaliyet gösteren 31 firma açısından 5'li Likert ölçeğine göre değerlendirilmiş olup verileri SPSS programında basit doğrusal regresyon analizi yöntemiyle işlenip sonuçları hakkında yorumlar yapılmıştır. Çalışmada amaç kurumsallaşmanın küçük işletmeler için birçok yönüyle ele alınması ve bu sürece girecek olan küçük işletmeler için yol gösterici olmasıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Küçük İşletmeler, Kurumsallaşma, Doğrusal regresyon

## INSTITUTIONALIZATION AND ITS EFFECTS ON THE GROWTH OF SMALL BUSINESSES

### ABSTRACT

In order for small businesses to grow and be competitive, the pros and cons of the institutionalization process should be evaluated in the best way and action should be taken considering these situations. In this study, the previous studies in the literature are mentioned. Micro, small and medium business and institutionalization concepts are explained in detail. Steps to be taken towards institutionalization are presented. Companies and the construction sector in Turkey were compared in different criteria and information was given about the place of the sector. A questionnaire form was created by adding the criteria in previous studies on institutionalization and the criteria thought to be needed in the sector. And this survey was evaluated according to a 5-point Likert scale for 31 companies operating in the construction sector, and the data were processed with the simple linear regression analysis method in the SPSS program and comments were made about the results. The aim of the study is to address institutionalization in many aspects for small businesses and to be a guide for small businesses that will enter this process.

**Keywords:** Small enterprise, Institutionalization, Linear regression

Geliş/Received : 29.07.2022  
Gözden Geçirme/Revised : 09.08.2022  
Kabul/Accepted : 10.08.2022

## 1. GİRİŞ

Şirketler arasındaki rekabet ortamı, şirketlerin hayatlarının daimi olabilmesi için çok fazla arayışa ve yeniliğe yönelmeye sebep olmuştur (Karpuzoğlu, 2004). O yüzden, şirketleri sabit bir yapı gibi görmemek ve işletmelerin de zamanla değişim gösterdiğini kabul etmek zorunluluktur. Gelişim zamanlarında bir kısım şirketler devamlılık sağlarken, bir kısmının ömrü uzun olmamaktadır. Bunun en bariz sebebi; şirketlerin gelişme zamanları dahilinde ihtiyaç hissedilen gerekli argüman ve adımları uygun zamanda yerine getirmemelerinden kaynaklanmaktadır (Türk, 2015) Küçük işletmelerin kurumsallaşma süreci birçok girişimci ve işletme sahibi tarafından önem arz etmektedir. Kurumsallaşmada geri kalan firmalar yok olup gitmekte yaptıkları yatırımların karşılığını alamamakta adeta yıllarca yerinde saymaktadırlar. Bu çalışmada küçük işletmeler için kurumsallaşmanın ne olduğu neden gerektiği ve nasıl olması gerektiğiyle alakalı anket hazırlanıp uzmanlar tarafından değerlendirilip farklı çözüm yolları sunulacaktır.

Küçük işletmelerde performans ve verimliliğin kurumsallaşmayla olan ilgisini araştıran farklı görüşlerde çalışmalar mevcuttur. Kurumsallaşmanın şirket performansı ve hareket kapasitesine olan etkisi oldukça fazladır (Ruekert ve ark., 1985). Farklı bir çalışmada kurumsallaşmanın işletme başarısına etkisi üzerine yaptığı çalışmada, formalleşme aşamasında, işletme mensuplarının yetki görev ve sorumlulukları açık bir şekilde yazılı olarak ifade edilmekte, işler standart bir düzen içine girmekte, şirket içinde problemler azalmakta, koordinasyon ve kontrol mekanizmaları aktif olarak kullanılmakta ve giderler azalmaktadır. Bunun sonucu olarak ta şirket performansı iyi yönde gelişim göstermektedir (Zengin ve Akkoyun, 2015). Başka bir araştırmacı çalışmasında küçük işletmeler için büyümenin kurumsallaşmadan geçtiği ve kurumsallaşmanın temeli olan formalleşmenin yapılması, çalışanlara eğitim verilmesi, Ar-Ge çalışmalarına önem verilmesi, dosyalama, arşivleme ve rapor alma yöntemlerinin sağlıklı çalışması, görevlerin açıkça belirtilmesi ve iş çizelgesine bağlı kalarak planlı iş seyrinin olması, daha kalifiye çalışanların işe alınması ve kısa planlar yerine orta ve uzun vadeli planlar geliştirilmesi şirket performansını arttırmaktadır kanısına varmıştır (Toklu, 2010).

## 2. KÜÇÜK İŞLETMELER KAVRAMI

Dünyadaki küresel rekabet ve ekonomik mücadeleler, büyümeler ve gelişmeler küçük işletmeleri ortadan kaldırmamış aksine daha da ön plana çıkarmıştır. Bunun sebebi ülke ekonomilerindeki toplam üretimden aldıkları yüksek paydır. Özellikle, teknoloji değişimlerinde ve buna bağlı olarak yeni teknolojiye geçişte, esnek yapıları önem arz etmektedir. Buna bağlı olarak toplumdaki talep değişikliklerinden dolayı ortaya çıkan problemlerin aşılmasında ve özellikle ekonomik kriz dönemlerinde krizlerin atlantılması adına önemli yer tutarlar. Bu gibi durumlar göz önüne alındığında küçük işletmeler, günümüzde birçok ülke için sosyal kalkınma ve ekonomik açıdan önemli hale gelmiştir (Dinçer, 2003).

Birçok sanayileşmiş ülkede firmaların çoğunluğunu oluşturan küçük işletmeler büyüme için ve sektörel gelişmişlik için önemli bir araç haline gelmiştir. Özellikle yeni ekonomilerde küçük firmalar daha fazla önem arz etmektedir. Geleneksel endüstrilerde daha uygun maliyetli üretimler olurken, modern endüstride müşteriye özel hizmet ve teknoloji ön plandadır. Bu açıdan küçük kurumlar, esnek yapılarından dolayı değişimlere daha kolay uyum sağlamaktadır (Terence ve Khaled, 2003). Bazı gelişmiş ülkelere bakıldığında KOBİ ölçeğindeki işletmelerin toplam işletmelere oranı birbirine benzemektedir; Türkiye’de % 98,8; Japonya’da %99,4; ABD’de %97,1; Almanya’da %99,8 (Cevher, 2014).

2018 yılında mevzuatta yapılan değişikliklerle 2018-2019 yılları için KOBİ türlerinin belirlenmesinde kullanılan eşik değerler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır (BKK, 2018):

- Mikro işletme: On kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı ya da mali bilançosu üç milyon Türk Lirasını aşmayan çok küçük ölçekli işletmeler,
- Küçük işletme: Elli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı ya da mali bilançosu yirmibeş milyon Türk Lirasını aşmayan işletmeler,
- Orta büyüklükteki işletme: İkiyüzelli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı ya da mali bilançosu yüzymibeş milyon Türk Lirasını aşmayan işletmeler.

## 2.1. İşletmelerin Temel Göstergeler Açısından Karşılaştırılması

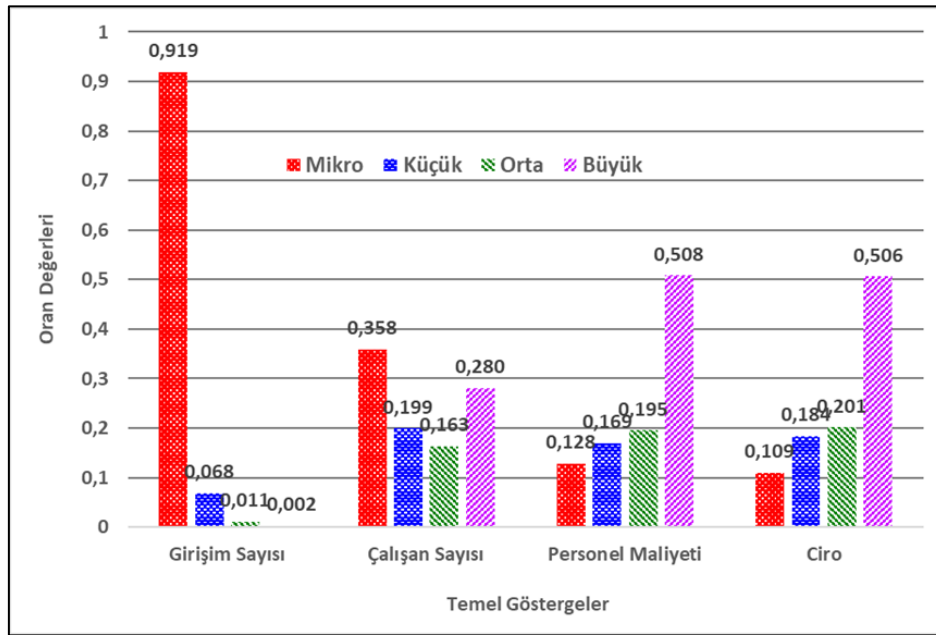
İşletmelerin temel göstergeleri olarak

- Girişim Sayısı
- Çalışan Sayısı
- Personel Maliyeti
- Ciro

büyüklikleri dikkate alınacaktır. İşletmelerin büyüklük gruplarına göre temel göstergelerinin oransal dağılımı Tablo 2.1.1 de ve Şekil 2.1.1 de sunulmuştur.

**Tablo 2.1.1. İşletmelerin büyüklük gruplarına göre temel göstergelerinin oransal dağılımı**

İşletme Türü	Girişim Sayısı	Çalışan Sayısı	Personel Maliyeti	Ciro
Mikro	0,919	0,358	0,128	0,109
Küçük	0,068	0,199	0,169	0,184
Orta	0,011	0,163	0,195	0,201
Büyük	0,002	0,280	0,508	0,506
<b>Toplam</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>



**Şekil 2.1.1. İşletmelerin büyüklük gruplarına göre temel göstergelerinin oransal dağılımı**

Görüldüğü gibi girişim (firma) sayısı mikro %91,9; küçük %6,8; orta %1,1 ve büyük %0,2 dir. Mikrodan küçük ölçekli firmaya geçişte önemli bir dar boğaz olduğu görülmektedir. Çalışan sayısı ve personel maliyeti incelenince istihdam edilecek personel ve bunların maliyetinin dar boğaz olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü sayısal olarak çok yüksek oranda olmalarına rağmen ciroları en düşük orana sahiptir. Dolayısıyla ciro artışını sağlayacak etkenlerin incelenmesi uygun olacaktır. Özellikle müşterinin ilgisini ve güvenini çezecek çözümlerin üzerinde durulması faydalı olacaktır.

### 3. KURUMSALLAŞMA

Kurumsallaşma, 1990'lı senelerden beri küçülen ve globalleşen dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de olmaya başlamıştır. Ticaretin zorlaştığı bugünlerde alıcıya uygun satış tekniklerinin önemli olmaya başlamasıyla firmalar kendilerini güncellemek zorunda kalmışlardır. Kurumsallaşma piyasada iddialı olmak isteyen, kendini sürekli güncellemek isteyen firmalar için zorunluluktur (Engin, 2003).

Kurumsallaşmayla firmaya katkı sunan ölçütler kalırken, firmaya yararı olmayan ölçütler atılır. Genel piyasada rekabette kalmanın yolu kurumsallaşmadan geçer. Kurumsallaşma, en genel tanımıyla firmayı kişilerin ve ailelerin tesirinden uzaklaştırıp, firmanın belirli hedeflere ulaşmasını sağlayan bir değerdir. Kurumsallaşmanın sosyolojik bir olgu olduğundan hareket edersek firmanın yapmak istediği vazifeleri ne şekilde yapılacağını anlatan beraber ve eşgüdümlü, teşkilatlanmış sistemli bir ahenk oluşturan kanıları, tutumları ve kıymet kıstaslarının toplamından oluşur. Genel anlamda planlı bir düzeni yakalamış, aksiyonları kontrollü, sosyalleşmiş, mükâfat ve yaptırımla destekli düzenlere kurumsallaşmış sistemler denilebilir (Aşan, 2010).

Kurumsallaşma uygulamada belirli bir düzeni sağlamayı hedefler. Firmanın çalışmasından firmaya istihdam edilmek üzere çalışan alınmasına kadar her şey belirli bir sistemde gerçekleşir. İşleyiş kişilere bağlı değildir. Kişilerin değişmesiyle işleyiş değişmez. Firmanın işleyişiyle alakalı en optimum düzen bulunduğu o sistem yazıya dökülür. Kurumsallaşma şirket geleneğinin bir alt unsurudur. Uygulanmadan, kâğıt üstünde durarak kurumsallaşma olmaz. Firma, geçmiş kanı ve tutumlardan keskin kararlar alarak kurtulmalıdır. Kurumsallaşma, kişiye veya lidere dayalı yönetimden sistem esaslı bir yönetime geçmektir (Aşan, 2010).

#### 3.1. Kurumsallaşmanın Muhtemel Faydaları

Kurumsallaşmanın muhtemel faydaları aşağıdaki gibidir. (Ulukan, 2005);

- Firmayı Kontrol etmek kolaylaşır.
- Görev dağılımı daha iyi çalışır.
- Kurum daha sistemli ve tertipli çalışır.
- Firmanın gelişmesi sağlanır.
- Patronlar ve yöneticiler kendilerine zaman ayırabilir.
- Firma hedeflerine erişmek daha mümkün olur.
- Yanlış yapma oranı azalır.
- İşler ve görevler alanında yetkinliğe sahip (usta) olanlar tarafından gerçekleştirilir.
- Görev ve sorumluluk bölgeleri daha nettir.
- Yeni piyasalara yönelmek kolaylaşır.
- Değişik görüşler meydana çıkar..
- Randıman yükselir.

#### 3.2. Kurumsallaşmanın Olası Sakıncaları

Kurumsallaşmanın muhtemel çekince nedenleri ise aşağıdaki gibidir (Ulukan, 2005);

- Çalışan personel sadece kendi göreviyle ilgilenir.
- Patronlar için kontrol mekanizması elden gidebilir.
- Kurumsallaşma için harcanan bedel yüksek olabilir.
- Karar alma mekanizması yavaşlar ve süreç biraz daha uzar.
- Sürekli aynı işlemler yapılır.
- Konular işletme sahibi gözüyle değerlendirilmez.

Kurumsallaşma aşamasında aşırıya gidilmesiyle meydana çıkabilecek fazla bürokratik yapı ortamı ve patron veya patronların arka plana geçmesiyle firmanın kontrolünün kaybedebileceği endişesi, kurumsallaşmanın firmalara katacağı mümkün çekincelerdir. (Ulukan, 2005).

## 4. ÇALIŞMADA KULLANILAN MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1. Doğrusal Regresyon Analizi

Doğrusal Regresyon uygulamalarında genel amaç bağımsız değişken(ler)in bağımlı değişkeni etkileme durumunun araştırılmasıdır. Doğrusal Regresyon Analizi, Basit Doğrusal Regresyon ve Çoklu Doğrusal Regresyon olmak üzere iki farklı şekilde incelenir.

#### 4.1.1. Basit Doğrusal Regresyon

Basit doğrusal regresyon analizinde bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkileme durumu araştırılır. Bu etkileme durumu regresyon modeli ile gösterilir. Regresyon modelinde bir bağımsız ve bir bağımlı değişken olduğu durumda kullanılan doğrusal regresyon modeli Basit Doğrusal Regresyon Modelidir ve bu modele ait denklem aşağıda gösterilmiştir (Alakaya, 2019).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \varepsilon_i \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$x$  → Bağımsız Değişken

$y$  → Bağımlı Değişken

$\beta_0$  →  $x = 0$  olduğunda bağımlı değişken  $y$ 'nin alacağı değer

$\beta_1$  → Regresyon katsayısı

$\varepsilon$  → Hata terimi

#### 4.1.2. Bağımlı ve Bağımsız Değişkenlerin Seçimi

Kurulacak olan regresyon modelinde öncelikli amaç, hangi değişkenlerin bağımlı veya bağımsız değişkenler olduğuna karar vermektir. Bu karardan sonra önemli olan diğer bir nokta ise, bağımlı değişkende meydana gelebilecek olan ölçüm hatası olmaktadır. Çoğu zaman veri girişinden kaynaklı bir ölçüm hatası olmakla birlikte ölçümlerin kararsızlığından kaynaklı da olabilmektedir. Bağımlı değişkende meydana gelen bu ölçüm hatası, bağımsız değişkenler çok iyi belirlenmiş olsa dahi sonuçların kestirimini zorlaştıracaktır. Çünkü ölçümden kaynaklı hatalar bağımsız değişkenleri de etkiler.

Çoklu regresyon modellerinde, bağımsız değişkenlerin seçimi de çok önemlidir. Bağımlı değişkeni etkileyen birçok bağımsız değişken olabilir. Bağımsız değişkenlerden bir ya da birkaçı bağımlı değişkeni etkilemeyen değişkenler arasından seçildiği durumda ise belirleme hatası ortaya çıkmaktadır (Alpar, 2011).

#### 4.1.3. Pearson Korelasyon Katsayısı ve belirleme katsayısına ilişkin bilgiler

Ölçümle belirtilen iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin kuvveti ve yönü hakkında bilgi verir. Örnekten elde edilen korelasyon katsayısı  $r$ , popülasyon korelasyon katsayısı  $\rho$  ile gösterilir. Pearson korelasyon katsayısı +1 ile -1 arasında değişir. Korelasyon katsayısı her iki yönde de sifıra yaklaşırken ilişkinin kuvveti azalır, bire yaklaşırken ise artar (Öztuna, 2008).

İlişkinin gücü genel olarak aşağıdaki gibi sınıflanabilir;

0,00-0,19 İlişki yok ya da önemsenmeyecek derecede düşük ilişki

0,20-0,39 Zayıf ilişki

0,40-0,69 Orta düzeyde ilişki

0,70-0,89 Kuvvetli ilişki

0,90-1,00 Çok kuvvetli ilişki

Pearson korelasyon katsayısının her iki değişkeni de normal dağılım gösteren sürekli değişkenlerdir. Hesaplanmasındaki amaç, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve gücünü belirlemektir (Choi ve

ark. 2010), (Sheskin, 2011). Örneğin; vücut yağ oranı ile bel çevresi arasındaki ilişki kuvvet ve yön açısından Pearson korelasyon katsayısı ile incelenebilir (Alpar, 2012).

Hesaplanan regresyon denkleminin verilere uyum düzeyini, dolayısıyla denklemin başarısını ölçmede “belirleme katsayısı ( $R^2$ )” denilen bir istatistik kullanılmaktadır. Belirleme katsayısı, regresyon denkleminin başarısını ölçme yanında, denklemin “tahmin gücü” nü de yansıtan bir istatistiktir (Günel, 2003). Regresyon denkleminin belirleme katsayısı, yukarıda da işaret edildiği gibi, denklemin doğrusal korelasyon katsayısının karesine verilen addır. Korelasyon katsayısının dayandığı teori, bağımlı ve bağımsız değişkenlerin rassal olarak seçilmiş olmasını öngörmektedir. Bununla birlikte, hemen tüm çalışmalarda, bağımsız değişkenlerin rassal seçilip seçilmediğine dikkat edilmeksizin, doğrusal korelasyon katsayısının da hesaplandığı görülmektedir. Regresyon denklemini, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki bağıntının matematik modelini tanımlamaya yönelikken, korelasyon katsayısı, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki “doğrusal” bağıntının düzeyini ölçmeyi öngörür. (Neter ve ark., 1996).  $y$ -bağımlı değişkeni ile  $x$ -bağımsız değişkenleri arasındaki doğrusal korelasyon katsayısının karesine eşit olan belirleme katsayısı ( $R^2$ ), regresyon denkleminin verilere ne düzeyde uyumlu olduğunu gösterir (Günel, 2003).

Korelasyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü incelemek için kullanılır. Maliyet verileri analizinde genelde bağımlı değişken maliyet türü ve bağımsız değişken ise faaliyet düzeyidir. Korelasyon katsayısının değeri kendisiyle çarpıldığında sonuç determinasyon katsayısıdır ( $r^2$ ). Bu da verilerdeki iniş çıkışların yüzde kaçının bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyle açıklanabildiğini gösterir. Varyansın geri kalanı ise diğer faktörlere bağlıdır (Ayaydın, 1992).

## 5. FİRMALARIN BÜYÜMESİNDE KURUMSALLAŞMANIN ETKİSİ ÜZERİNDE ANKET ÇALIŞMASI

### 5.1. Anket Çalışmasının Amacı ve Kapsamı

Anket çalışmasındaki amaç inşaat sektörü içinde faaliyet gösteren bu alanda farklı tecrübelere sahip işveren veya sektörde yetkin yöneticilerin sektördeki kurumsallaşmanın önemine dikkatlerini çekmek ve bu çalışma için hazırlanan anket formundaki kriterlere verdikleri puanlamalara göre kriterlerin önem sırasını belirlemektir. Böylece uzman görüşlerine dayanılarak, kurumsallaşmaya adım atacak inşaat firmalarına yol göstermek; önceliklerin neler olması gerektiğini ve ilk olarak nereden başlamaları gerektiğiyle alakalı rehberlik etmektir. Ayrıca anket yapan yetkililere anket formundaki soruların dışında, “Kurumsal bir firma olmak için atılması gereken başka adımlar da var mıdır?” şeklinde bir ekleme yapılmış, anket çerçevesi genişletilmeye, farklı görüş ve tavsiyeler alınmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın anketi bu çerçevede hazırlanmış ve Türkiye genelinde faaliyet gösteren firmalarla irtibata geçilerek geri dönüş alınabilen 31 adet firmanın görüşleri değerlendirilmiştir.

### 5.2. Anket Formu ve Puanlama Sistemi

Bu çalışmadaki anket formu hazırlanırken daha önce literatürde yapılmış çalışmalar detaylıca incelenmiştir. Bu farklı çalışmalarda elde edilen sonuçlardan kurumsallaşmanın nasıl olması gerektiği, kurumsallaşırken hangi adımların atılması gerektiği, kurumsallaşma tavsiyeleri değerlendirilmiştir. Sektördeki firmaların ihtiyaçları gözden geçirilmiş ve bunun sonucunda ankette yer alan kurumsallaşma tavsiyeleriyle ilgili sorular kararlaştırılmıştır.

Puanlama sistemi için genel değerlendirme yapılabilmesi, karmaşık olmaması ve kolay işlenebilir olmasından dolayı 5’li Likert Ölçeği seçilmiştir. Puanlama sistemindeki ifadeler:

“1- Gereksiz, 2 – Belki, 3 – Olabilir, 4 – Olmalı, 5 – Kesinlikle Olmalı”

şeklinde sunulmuştur.

Ankette uzmanlara yöneltilen 26 adet tavsiye sorusu bulunmaktadır. Uzmanlar tarafından 5’li Likert Ölçeğine göre değerlendirilen bu veriler bağımsız değişken olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca uzmanlara bağımlı değişken olarak nitelendirilen “Şirketinizin kurumsallaşma düzeyi nasıl?” sorusu yöneltilmiştir; bu da 5’li Likert ölçeğine göre “1- çok zayıf, 2 – zayıf, 3 – orta, 4- iyi, 5 – çok iyi” puanlanmak üzere hazırlanmıştır. Yapılan bu çalışmalarla inşaat sektörü ile ilgili anket formu ortaya çıkmıştır, Tablo 5.1.



**Tablo 5.1. Çalışmada kullanılan anket formu**

KURUMSALLAŞMAYA GİDERKEN ATILMASI GEREKEN ADIMLARI ÖNEMİNE GÖRE PUANLAR MISINIZ?		1) Gereksiz	2) Belki	3) Olabilir	4) Olmalı	5) Kesinlikle olmalı
1=Gereksiz, 2=Belki, 3= Olabilir, 4=Olmalı, 5=Kesinlikle olmalı						
1	Muhasebe departmanı kurulmalı.					
2	Mimar ve mühendis gibi teknik personeller firma bünyesine katılmalı.					
3	Formalleşme [1] yapılmalı.					
4	Çalışanlara eğitim verilmeli.					
5	Ar-Ge çalışmalarına önem verilmeli.					
6	Dosyalama, arşivleme ve raporlama düzenli yapılmalı.					
7	Görevler belirlenmeli ve iş çizelgesine bağlı kalarak planlı iş seyri olmalı.					
8	Daha kalifiye çalışanlara iş verilmeli.					
9	Kısa planlar yerine orta ve uzun vadeli planlar geliştirilmeli.					
10	Patronlar eğitim ve bilgi düzeylerini arttırmalı, çalışanlar becerilerini geliştirmeli, beraber çalıştıkları iş ortaklarının da bu şekilde olmalarına dikkat etmeli.					
11	Organizasyon şeması yoksa yapılmalı, varsa işletme ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde güncellenmeli.					
12	İş dağılımları ve iş tanımları yeniden yapılmalı.					
13	İşletmenin gücü ve sınırları belirlenerek işletme için gerekli öncelikler belirlenmeli.					
14	Şirket sahada yapılacak işler için daimi personel istihdam etmeli.					
15	İş güvenliği uygulamalarında kullanılan malzeme ve ekipmanlar modernize edilmeli.					
16	Halkla ilişkiler, reklam ve tanıtım birimleri yoksa kurulmalı ve bu birimler bilgisayar tabanlı yazılım ve programlar kullanılmalı, insanlar tarafından erişilebilir olmalı.					
17	Sosyal medya faaliyetlerine ağırlık verilmeli.					
18	Mali bilanço sürekli kontrol edilmeli tüm mali işlemler yazılı ve kayıtlı gerçekleşmeli.					
19	Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı.					
20	Ödül ve performans sistemi geliştirilmeli.					
21	İşletme rutin olarak iç denetimlere tabi tutulup standart sağlanmalı.					
22	Satış elemanı istihdam edilmeli, satış faaliyetleri profesyonel, tutarlı ve standart şekilde yapılmalı. Web tabanlı satış kanallarına ağırlık verilmeli.					
23	Bilgi kaydedilmeli ve böylece kurumsal hafıza kazanılmalı, strateji planı hazırlanmalı ve uygulanmalı.					
24	Şantiye sahasıyla alakalı gerekli alet, takım ve teçhizatlar geliştirilmeli.					
25	Şirketin görünen yüzü olan araçlar ve ofis geliştirilmeli.					
26	Yazılım ve donanım kapasitesi artırılmalı.					
Not: Bir şirketin kurumsallaşmaya başlarken atacağı adımlarla alakalı varsa farklı görüşleriniz nelerdir?						
[1] Formalleşme: Bir organizasyonda işler görülürken belirli ilke ve yöntemlerin kullanımınıdır. Neyin, ne zaman, nerede, nasıl ve kimin tarafından yapılacağı belirlenmesidir.						
Şirketinizin Kurumsallaşma düzeyi nedir?						
1 ( ) Çok Zayıf      2 ( ) Zayıf      3 ( ) Orta      4 ( ) İyi      5 ( ) Çok İyi						
<b>FİRMA BİLGİLERİ</b>						
Unvan						
Kuruluş Yılı		Firmadaki Daimi Çalışan Sayısı				
Faaliyet Bölgesi		2021 Yılı Yaklaşık Ciro				
Sınıfı		Bugüne Kadar Yapılan Toplam				
Teknik Personel Sayısı		İnşaat Sayısı				
Anketi Dolduran Kişinin Firmadaki Görevi:						
Not: Firmaların vermiş olduğu cevaplar firma adı altında yayınlanmayacak olup genel değerlendirmede kullanılacaktır. Firma bilgileri isim verilmeden ankete katılan firmaların dağılımlarını göstermek için kullanılacaktır. Ankete katılan her firmaya yüksek lisans tezi pdf formatında iletilecektir.						

### 5.3 Anket Sorularına Katılan Firmaların Çalışan Sayıları ve Cirolarına Göre Girişim Grupları, Verilen Cevapların Ortalamaları ve Standart Sapmaları

Ankete katılan firmaların çalışan sayısı dağılımı ve ciroları Tablo 5.2, Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 de, ciro dağılımları Şekil 5.2 de sunulmuştur. Önceki bölümde çalışan sayısı 1-9 arasında olan firmalar mikro girişim, 10-49 arasında olanlar küçük girişim olarak tanımlanmıştı. Ankete katılan firmaların çalışan sayılarına göre 19 adedi mikro girişim, 8 küçük girişim, 4 adedi orta girişim, olduğu görülmektedir.

**Tablo 5.2. Ankete katılan firmaların çalışan sayısı dağılımı ve ciroları**

Firma No.	Çalışan Sayısı	Ciro TL	Firma No.	Çalışan Sayısı	Ciro TL
1	8	2.000.000	17	10	6.000.000
2	4	5.000.000	18	2	-
3	2	-	19	75	45.000.000
4	15	150.000.000	20	7	500.000
5	10	11.000.000	21	6	21.754.128
6	8	6.000.000	22	7	5.500.000
7	1	-	23	2	10.000.000
8	7	6.000.000	24	100	1.300.000.000
9	5	10.000.000	25	3	-
10	10	3.000.000	26	7	10.000.000
11	8	15.500.000	27	2	3.500.000
12	5	3.000.000	28	33	37.000.000
13	2	10.000.000	29	80	5.000.000
14	2	500.000	30	25	50.000.000
15	10	20.000.000	31	150	1.500.000.000
16	10	-	<b>Ortalama</b>	<b>34</b>	<b>174.844.266</b>

Önceki bölümde sunulan ciro değerlendirmelerine göre, Tablo 5.3 de girişim başına ciro ortalamalarının son 5 yıllık ortalamaları sunulmuştur. Buna göre katılan 31 firmanın 8 adedi mikro girişim, 17 adedi küçük girişim, 3 adedi orta girişim, 3 adedi büyük girişim olmaktadır.

**Tablo 5.3. Ankete katılan firmaların firma yaşı ve yaptıkları toplam inşaat sayıları**

Firma No	Firma Yaşı	Yapılan Top. İnş. Say.	Firma No	Firma Yaşı	Yapılan Top. İnş. Say.
1	2	1	17	30	13
2	12	5	18	9	5
3	16	15	19	12	27
4	28	10	20	12	7
5	1	5	21	7	24
6	17	10	22	8	9
7	16	11	23	15	16
8	28	100	24	53	50
9	24	20	25	23	8
10	16	15	26	4	2
11	15	9	27	5	2
12	7	8	28	13	9
13	19	14	29	13	8
14	8	5	30	11	14
15	13	25	31	40	500
16	7	3	<b>ortalama</b>	<b>15,6</b>	<b>30,6</b>

Çalışma için görüşlerine başvurulmuş firma yetkililerinin firmalarına ait şirket yaşı ve yaptıkları inşaat sayıları Tablo 6,3 teki gibidir. En genç firmanın 1 yaşında en yaşlı firmanın 53 yaşında olduğu görünür. Firma yaş ortalamaları ise 15,6 olarak görünür. Yapılan çalışmada görüşleri alınan yetkililerin firmalarının farklı yaşlarda olduğu ve ortalama yaş değerininse sektörde azımsanmayacak kadar tecrübeye sahip olduklarını gösterir.

Firma yetkililerinin firmalarının yaptıkları inşaat sayıları incelendiğinde ise en az inşaat yapan firmanın 1 inşaat yaptığı en çok inşaat yapan firmanın 500 inşaat yaptığı görünür. Firmaların yaptıkları inşaat sayılarının ortalaması ise 30,6 olarak görünür. Görüşleri alınan yetkililerin firmalarının yaptıkları inşaat sayılarının farklı değerlerde olduğu görünür ancak ortalama değer olan 30,6 değeri bu firmaların sektörlerinde azımsanmayacak kadar tecrübeye sahip olduklarını gösterir.

## 6. FİRMALARIN BÜYÜMESİNDE KURUMSALLAŞMANIN ETKİSİ ÜZERİNE ANKET ÇALIŞMASI

Yapılan bu çalışmada anket soruları belirlendikten sonra ağırlığı büyükşehirler olmak üzere Türkiye genelinde faaliyet gösteren inşaat firmaları iletişim bilgileri temin edilmiş ve anket formu gönderilmiştir. Gönderilen yazıda anketin amacı, kapsamı, ne için kullanılacağı ve nasıl cevaplanabileceği açıklanmış ve firma yetkililerinin cevaplama talebi edilmiştir. İrtibat kurulan firmalardan 31 tanesi tanımlanan zaman içerisinde geri dönüş yapmıştır. Bu zaman diliminde gelen anket sonuçları değerlendirmeye alınmıştır.

Anket yapılan firmaların firma yaşı, toplam çalışan sayısı, 2021 yılı toplam ciro değerleri ve bugüne kadar yaptıkları toplam inşaat sayısına göre durumları tablolar şeklinde hazırlanmıştır.

Değerlendirilmek üzere toplanan verilere IBM SPSS STATISTICS V.25 programında basit doğrusal regresyon analizi uygulanmıştır. Tavsiye niteliğinde kriterler olarak hazırlanan ve bağımsız değişken olarak tanımlanan veriler sırayla T1, T2, ..., T26 şeklinde isimlendirilmiş, keza elde edilen şirket yaşı, toplam çalışan sayısı, toplam ciro, yapılan toplam inşaat sayısı verileri belirli aralıklara göre gruplandırılmış ve SPSS programına girilmiştir. Bağımlı değişken olarak tanımlanan “Şirketinizin kurumsallaşma düzeyi nasıl?” sorusu D1 olarak isimlendirilmiştir. Tüm sorular için temin edilen anket cevapları programa girilerek basit doğrusal regresyon analizi her bir bağımsız değişken için, bağımlı değişken sabit kalmak üzere bulunmuştur.

**Tablo 6.1. Şirket yaş aralığı tablosu**

Şirket Yaşı	
Yaş Aralığı	Grup No
0 - 3	1
4 - 7	2
8 - 11	3
12 - 15	4
16 - ..	5

**6.2. Toplam çalışan aralığı tablosu**

Toplam Çalışan Sayısı	
Çalışan Sayısı aralığı	Grup No
0 - 3	1
4 - 7	2
8 - 11	3
12 - 15	4
16 - ..	5

**Tablo 6.3. Toplam inşaat sayısı aralığı tablosu**

Yapılan Toplam İnşaat Sayısı	
İnş. Sayısı Aralığı	Grup No
0 - 3	1
4 - 7	2
8 - 11	3
12 - 15	4
16 - ..	5

**Tablo 6.4. Toplam ciro aralığı tablosu**

Toplam Ciro (TL)	
Ciro Aralığı	Grup No
0 - 3.000.000	1
3.000.001 - 6.000.000	2
6.000.001 - 9.000.000	3
9.000.001 - 12.000.000	4
12.000.001 - ..	5

**Tablo 6.5. Tavsiye kriterlerinin kısaltma gösterimleri ve açıklamaları**

Kısaltma No	Tavsiye Kriterlerin Açıklamaları
T1	Muhasebe departmanı kurulmalı.
T2	Mimar ve mühendis gibi teknik personeller firma bünyesine katılmalı.
T3	Formelleşme [1] yapılmalı.
T4	Çalışanlara eğitim verilmeli.
T5	Ar-Ge çalışmalarına önem verilmeli.
T6	Dosyalama, arşivleme ve raporlama düzenli yapılmalı.
T7	Görevler belirtilmeli ve iş çizelgesine bağlı kalarak planlı iş seyri olmalı.
T8	Daha kalifiye çalışanlara iş verilmeli.
T9	Kısa planlar yerine orta ve uzun vadeli planlar geliştirilmeli.
T10	Patronlar eğitim ve bilgi düzeylerini arttırmalı, çalışanlar becerilerini geliştirmeli, beraber çalıştıkları iş ortaklarının da bu şekilde olmalarına dikkat etmeli.
T11	Organizasyon şeması yoksa yapılmalı, varsa işletme ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde güncellenmeli.
T12	İş dağılımları ve iş tanımları yeniden yapılmalı.
T13	İşletmenin gücü ve sınırları belirlenerek işletme için gerekli öncelikler belirlenmeli.
T14	Şirket sahada yapılacak işler için daimi personel istihdam etmeli.
T15	İş güvenliği uygulamalarında kullanılan malzeme ve ekipmanlar modernize edilmeli.
T16	Halkla ilişkiler, reklam ve tanıtım birimleri yoksa kurulmalı ve bu birimler bilgisayar tabanlı yazılım ve programlar kullanılmalı, insanlar tarafından erişilebilir olmalı.
T17	Sosyal medya faaliyetlerine ağırlık verilmeli.
T18	Mali bilanço sürekli kontrol edilmeli tüm mali işlemler yazılı ve kayıtlı gerçekleşmeli.
T19	Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı.
T20	Ödül ve performans sistemi geliştirilmeli.
T21	İşletme rutin olarak iç denetimlere tabi tutulup standart sağlanmalı.
T22	Satış elemanı istihdam edilmeli, satış faaliyetleri profesyonel, tutarlı ve standart şekilde yapılmalı. Web tabanlı satış kanallarına ağırlık verilmeli.
T23	Bilgi kaydedilmeli ve böylece kurumsal hafıza kazanılmalı, strateji planı hazırlanmalı ve uygulanmalı.
T24	Şantiye sahasıyla alakalı gerekli alet, takım ve teçhizatlar geliştirilmeli.
T25	Şirketin görünen yüzü olan araçlar ve ofis geliştirilmeli.
T26	Yazılım ve donanım kapasitesi artırılmalı.
D1	Şirketinizin Kurumsallaşma düzeyi nedir?

## 7. ÇALIŞMANIN BULGULARI

Yapılmış olan çalışmada her bir değişken için sırasıyla hipotezler kuruldu; örneğin 1.değişken için;

H0: Muhasebe departmanının kurulmasının kurumsallaşmaya etkisi yoktur.

H1: Muhasebe departmanının kurulmasının kurumsallaşmaya etkisi vardır.

şeklinde 26 değişken için hipotezler kuruldu. Yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre sig. (1-tailed) verilerine göre yorumlandı. Buna göre sig.(1-tailed), yani  $p$  değeri  $< 0,05$  olanlarda H0 hipotezi reddedildi, H1 hipotezi kabul edildi. Diğer durumda H0 hipotezi kabul edildi.

Yapılan analizlerin tüm değerleri tabloda toplanıp yorumlanınca T10,T13,T19, T20, T22, T26 değişkenlerinde H0 hipotezinin ret, H1 hipotezinin kabul olduğu, diğer değişkenlerde ise H0 hipotezinin kabul olduğu görüldü.

**Tablo 7.1. Regresyon analizleri sonuçlar tablosu**

Tavsiye No	Anket Ortalaması	Korelasyon Kat Sayısı (R)	Belirleme Katsayısı (R <sup>2</sup> )	Sig. (1-tailed)	H0 Hipotezi	
					Kabul	Red
1	4,74	0,084	0,007	0,326		✓
2	4,16	0,042	0,002	0,411		✓
3	4,42	0,036	0,001	0,425		✓
4	4,19	0,094	0,009	0,307		✓
5	3,97	0,031	0,001	0,434		✓
6	4,68	-0,033	0,001	0,43		✓
7	4,52	0,002	0	0,497		✓
8	4,71	0,148	0,022	0,214		✓
9	4,32	0,079	0,006	0,336		✓
10	4,45	0,31	0,096	0,045	✓	
11	4,23	0,293	0,086	0,055		✓
12	4	0,042	0,002	0,411		✓
13	4,61	0,335	0,112	0,033	✓	
14	4,39	0,108	0,012	0,281		✓
15	4,48	0,051	0,003	0,392		✓
16	3,71	0,168	0,028	0,184		✓
17	3,77	-0,016	0	0,465		✓
18	4,84	-0,022	0	0,453		✓
19	4,58	0,383	0,146	0,017	✓	
20	3,26	0,357	0,128	0,024	✓	
21	4,1	0,274	0,075	0,068		✓
22	4	0,335	0,112	0,033	✓	
23	4,42	0,291	0,085	0,056		✓
24	4,39	-0,055	0,003	0,385		✓
25	4	0	0	0,5		✓
26	4,16	0,306	0,093	0,047	✓	

Yukarıda tabloda tüm tavsiyeler için regresyon analizi sonuçları sıralanmıştır. Örnek olarak 19. sıradaki tavsiye kriteri için değerlendirme şu şekildedir;

H0 hipotezi: Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmasının kurumsallaşmaya etkisi yoktur.

H1 Hipotezi: Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmasının kurumsallaşmaya etkisi vardır.

Kriter için  $p$  değeri 0,017 çıkmıştır.  $0,017 < 0,05$  olduğu için H0 hipotezi reddedilmiştir. H1 Hipotezi kabul edilmiştir.

Tüm kriterler için değerlendirme yukarıdaki şekilde gibidir. Buna göre H0 Hipotezi ret veya kabul olanlar tablo 8.1 de gösterilmiştir.

Kritere ait veriler detaylıca aşağıdaki gibi yorumlanır.

T19: “Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı” tavsiyesinin kurumsallaşmaya etkisi vardır, sonucu çıkar. Ayrıca korelasyon katsayısı 0,383 dür yani bu tavsiye kriteri kurumsallaşmayla ortaya yakın zayıf

ilişkisi vardır. Belirleme katsayısı 0,146 çıkmıştır. Yani kurumsallaşmaya etkisini, yaklaşık olarak %15 civarında bu kriter açıklar.

19. kriter için T19 kısaltma adı verilen tavsiye için regresyon analizinin çıktıları aşağıdaki gibidir.

### Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Şirketinizin kurumsallaşma düzeyi nasıl?	3,94	,929	31
Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı.	4,58	,672	31

### Correlations

		Şirketinizin kurumsallaşma düzeyi nasıl?	Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı.
Pearson Correlation	Şirketinizin kurumsallaşma düzeyi nasıl?	1,000	,383
	Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı.	,383	1,000
Sig. (1-tailed)	Şirketinizin kurumsallaşma düzeyi nasıl?	.	,017
	Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı.	,017	.
N	Şirketinizin kurumsallaşma düzeyi nasıl?	31	31
	Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı.	31	31

### Variables Entered/Removed<sup>a</sup>

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı. <sup>b</sup>	.	Enter

a. Dependent Variable: Şirketinizin kurumsallaşma düzeyi nasıl?

b. All requested variables entered.

### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted Square	R	Std. Error of the Estimate
1	,383 <sup>a</sup>	,146	,117		,873

a. Predictors: (Constant), Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı.

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients B	Std. Error	Standardized Coefficients Beta	t	Sig.
1	(Constant)	1,514	1,097		1,380	,178
	Bulunulan sektörle alakalı yasal mevzuatlara hâkim olunmalı.	,529	,237	,383	2,229	,034

a. Dependent Variable: Şirketinizin kurumsallaşma düzeyi nasıl?

Tablo 7.1 e göre H0 hipotezi ret olan değişkenler, ilişkisi yüksek olandan düşük olana doğru yazılırsa sırasıyla aşağıdaki gibidir.

T20: “Ödül ve performans sistemi geliştirilmeli” tavsiyesinin kurumsallaşmaya etkisi vardır, sonucu çıkar. Ayrıca korelasyon katsayısı 0,357’dir yani bu tavsiye kriterinin kurumsallaşmayla ortaya yakın zayıf ilişkisi vardır. Belirleme katsayısı 0,128 çıkmıştır. Yani kurumsallaşmaya etkisini yaklaşık olarak %13 civarında bu kriter açıklar.

T13: “İşletmenin gücü ve sınırları belirlenerek işletme için gerekli öncelikler belirlenmeli” tavsiyesinin kurumsallaşmaya etkisi vardır, sonucu çıkar. Ayrıca korelasyon katsayısı 0,335’dir yani bu tavsiye kriterinin kurumsallaşmayla zayıf ilişkisi vardır. Belirleme katsayısı 0,112 çıkmıştır. Yani kurumsallaşmaya etkisini %11,2 civarında bu kriter açıklar.

T22: “Satış elemanı istihdam edilmeli, satış faaliyetleri profesyonel, tutarlı ve standart şekilde yapılmalı. Web tabanlı satış kanallarına ağırlık verilmeli” tavsiyesinin kurumsallaşmaya etkisi vardır, sonucu çıkar. Ayrıca korelasyon katsayısı 0,335’dir; yani bu tavsiye kriterinin kurumsallaşmayla zayıf ilişkisi vardır. Belirleme katsayısı 0,112 çıkmıştır. Yani kurumsallaşmaya etkisini %11,2 civarında bu kriter açıklar.

T10: “Patronlar eğitim ve bilgi düzeylerini arttırmalı, çalışanlar becerilerini geliştirmeli, beraber çalıştıkları iş ortaklarının da bu şekilde olmalarına dikkat etmeli, yeni iş ortakları belirlerken bu kriteri göz önüne almalı” tavsiyesinin kurumsallaşmaya etkisi vardır, sonucu çıkar. Ayrıca korelasyon katsayısı 0,31’dir; yani bu tavsiye kriterinin kurumsallaşmayla zayıf ilişkisi vardır. Belirleme katsayısı 0,096 çıkmıştır. Yani kurumsallaşmaya etkisini yaklaşık olarak %10 civarında bu kriter açıklar.

T26: “Yazılım ve donanım kapasitesi arttırılmalı” tavsiyesinin kurumsallaşmaya etkisi vardır, sonucu çıkar. Ayrıca korelasyon katsayısı 0,306’dir; yani bu tavsiye kriterinin kurumsallaşmayla zayıf ilişkisi vardır. Belirleme katsayısı 0,093 çıkmıştır. Yani kurumsallaşmaya etkisini yaklaşık olarak %10 civarında bu kriter açıklar.

Ayrıca tavsiye kriterleri arasında H0 hipotezleri kabul çıkan fakat korelasyon katsayısına göre zayıf ilişki çıkan değişkenler şöyledir:

T11: “Organizasyon şeması yoksa yapılmalı, varsa gözden geçirilmeli, işletme ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde güncellenmeli” kriterinin korelasyon katsayısı 0,293 çıkmıştır. Yani kurumsallaşmayla zayıf ilişki vardır ve belirleme katsayısı 0,086 tir. Yani %8,6 oranında bu kriter kurumsallaşmayla ilişkilidir.

T23: “Bilgi kaydedilmeli ve böylece kurumsal hafıza kazanılmalı, strateji planı hazırlanmalı ve uygulanmalı” kriterinin korelasyon katsayısı 0,291 çıkmıştır. Yani kurumsallaşmayla zayıf ilişki vardır ve belirleme katsayısı 0,085 tir. Yani %8,5 oranında bu kriter kurumsallaşmayla ilişkilidir.

T21: “İşletme rutin olarak iç denetimlere tabi tutulup standart sağlanmalı” kriterinin korelasyon katsayısı 0,274 çıkmıştır. Yani kurumsallaşmayla zayıf ilişki vardır ve belirleme katsayısı 0,075 tir. Yani %7,5 oranında bu kriter kurumsallaşmayla ilişkilidir.

Yukarıdaki kriterlere bakınca hepsinin kurumsallaşmış, belli bir geçmişe ve bütçeye sahip firmalarda olması gereken özellikler olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmada değerlendirilecek bir diğer husus da ankete cevap veren firma yetkililerinin bir şirketin kurumsallaşırken hangi tavsiyeleri yerine getirmesi gerektiğine verdikleri puanlardır. Çalışmada soru şeklinde sunulan tavsiyelere verilen puanların ortalamasında, en yüksek olanı 4,84 puan ortalamayla T18 kriteri almıştır. Bu kriterleri, aldıkları ortalama puanlara göre yüksekten düşüğe göre sıralanabilir. İlk 5 kriter şu şekildedir, diğerleri tablo 8.1 den bakılabilir.

4,84 T18: Mali bilanço sürekli kontrol edilmeli tüm mali işlemler yazılı ve kayıtlı gerçekleşmeli.

4,74 T1: Muhasebe departmanı kurulmalı.

4,71 T8: Daha kalifiye çalışanlara iş verilmeli.

4,68 T6: Dosyalama, arşivleme ve raporlama düzenli yapılmalı.

4,61 T13: İşletmenin gücü ve sınırları belirlenerek işletme için gerekli öncelikler belirlenmeli.

Bu sıralama mikro ve küçük ölçekli inşaat firmaları için atacağı adımların da sırası olarak kabul edilebilir. Burada firmalar kendi güçlü ve zayıf yönlerine göre, öncelik ve ihtiyaçlarına göre bir değerlendirme yapıp gereken planlamayı yapabilirler. Kurgulanan hipotezlerden çıkan sonuçlara dikkat edilirse, H0 ret çıkan kriterler tamamının kurumsallaşmış şirketlerde olan özellikler olduğu anlaşılmaktadır. Ankete dönüş yapan firma yetkililerinin verdiği cevapların ortalaması kurumsallaşmaya giden yolu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, kurumsallaşmış şirketlerde olması gereken niteliklere sahip olunabilmesi için, öncelikle atılması gereken adımlar hakkında bilgi vermektedir.

Ayrıca yapılan anket çalışmasında firma yetkililerine yöneltilen “Bir şirketin kurumsallaşmaya başlarken atacağı adımlarla alakalı varsa farklı görüşleriniz nelerdir?” sorusuna farklı yorum ve görüşlerde yapılmıştır. Bu görüşler çalışmada belirlenen 26 adet kritere ilave olarak değerlendirilebilir. Bu tavsiyeler aşağıdaki gibidir;

- 1 - İnşaat sektöründen anlayan tecrübeli yeminli mali müşavirle çalışılması özellikle KDV iadeleri konusunda çok önemlidir.
- 2 - Ayrıca sözleşme hazırlarken mücbir sebepler konusunda bir avukatla çalışmak çok önemli katkı sağlar.
- 3 - Bir şirketin kurumsallaşmaya başlaması için üst yönetimin bunun faydalı bir şey olduğuna inanması gerekir.
- 4 - İş sevmek ve işe gönül vermek bir çok engelin aşılmasında önemli katkı sağlar.
- 5 - Satış sonrası faaliyetlere ağırlık verilmeli müşteri memnuniyeti ve devamlılığı sağlanmalı.
- 6 - Firma verdiği sözü tutmalı güvenilir olmalı. Firmanın ana çekirdek kadrosu şirketin bir parçası olduğunu hissetmeli ve çalışanlar emeğinin karşılığını almalı.
- 7 - Çalışkan güvenilir personeller edinilmeli ve hiç bırakılmamalı.
- 8 - Şirketin imajını zedeleyecek hiçbir şeye müsaade edilmemeli.
- 9 - Yaptığınız planlar ülke şartlarına uygun olmalı.
- 10 - Kurumsal şirketlerde kimin ne yaptığı açıktır. Buna istinaden çalışanların sosyal haklarını daha çok gözetilmelidir.
- 11 - Şirketin vizyonunu yansıtan kurumsal kimlik çalışmaları yapılmalı.
- 12 - Satın alma departmanının çok iyi olması gerekir. Bu durumun özellikle ekonomik ve tedarik krizlerinin olduğu dönemde katkısı çoktur.
- 13 - Depolama faaliyetleri geliştirilmeli ve muhakkak depo sorumlusu olmalıdır.



## 8. SONUÇ

Yapılan çalışmada küçük işletmelerin ülke ekonomilerindeki yeri ve önemi açıklanmıştır. Sadece Türkiye’de değil dünyanın birçok yerinde mikro ve küçük işletmeler tüm işletmelerin çok büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Fakat büyümeleri gelişmeleri sınırlı kalıp ömürleri kısa olmaktadır. Bu durumda ülke ve birey ekonomisine olabilecek faydayı önlemektedir. Yapılan bu çalışmada özellikle mikro ve küçük ölçekli firmaların önemi ve toplumdaki yeri vurgulanmak istenmiştir. Küçük işletmelerin kurumsallaşmasıyla alakalı bir açık olduğu tespit edilmiştir. Böyle bir çalışmayla inşaat sektöründeki firmalar için kurumsallaşma adına yol gösterilmek istenmiştir. Yapılan çalışma kapsamında küçük işletmeler için her ne kadar kurumsallaşmanın olumsuz yönleri de olsa, olumlu yönleri ve avantajları göz önüne alındığında, büyüme için kurumsallaşmanın gerekli olduğu açıktır. Fakat sürdürülebilir olması için tek başına yeterli olmayabilir. Anket çalışmasına katılan firmaların uzman görüşlerine dayanan bu çalışma aynı zamanda küçük işletme sahiplerine ve yeni işletme kuracak olanlara kurumsallaşma adına yol gösterici olabilir. Ayrıca küçük işletmelerin büyümesinde tek başına kurumsallaşma yeterli midir? Veya küçük işletmelerin büyümesi için atacağı ilk adım kurumsallaşma mıdır? Ayrıca yapılan bu çalışma 26 tavsiye niteliğinde kriterle ve 31 yetkilinin görüşüyle oluşturulmuştur. Aynı çalışma başka çalışmalarda daha fazla kişinin görüşü alınarak veya 26 kritere ilave olarak yapılan 13 tavsiye de eklenerek başka bir çalışma yapılabilir. Bu sorular da yeni araştırmacılar için araştırma konusu olabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Alakaya D. (2019). Kantil Regresyon ve Doğrusal Regresyon Yöntemlerinin Performansını Etkileyen Aktörlerin İncelenmesi, Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Alpar R. (2011). Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler. 3. Baskı, Detay Yayıncılık, Ankara,2011
- Alpar R. (2012). Spor Sağlık ve Eğitim bilimlerinden Örneklerle Uygulamalı İstatistik ve Geçerlilik-Güvenilirlik, Detay Yayınları 2.Baskı, Eylül 2012, S.333-362
- Aşan, C. (2010). Aile Şirketlerinin Performansında Kurumsallaşmanın ve Kültürün Etkisi, Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ayaydın A. (1992) Regresyon - Korelasyon Analizi ve Yönetim Muhasebesi, Marmara Üniversitesi İkt. ve İd. Bil. Fakültesi, Marmara İletişim Dergisi, Sayı: 1, Aralık 1992
- BKK, (2018). Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin Tanımı, Nitelikleri ve Sınıflandırılması Hakkında Yönetmelik. Bakanlar Kurulu Kararı Tarih: 30/4/2018; Karar Sayısı: 2018/11828
- Cevher, E. (2014) Kurumsallaşma Küçük İşletmeler İçin Bir Çözüm müdür Yoksa Yok Olma Nedeni midir? Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, Cilt:7 Sayı:32 Volume: 7 Issue: 32
- Choi J., Peters M., Mueller R.O. (2010). Correlation analysis of ordinal data: from Pearson’s to Bayesian polycoric correlation, Asia Pacific Educ. Rev., 2010, 11:459-466, S:460
- Dinçer, Ö. (2003). Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası. 6. Baskı. İstanbul: Beta Basım Yayın
- Engin, O.(2003) “Aile şirketlerinde Yönetim ve Kurumsallaşma”, Yeni İpek Yolu, Yıl:16, Sayı:188, Ekim 2003, ss.38-40
- Günel A. (2003). Doğu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Doğu Üniversitesi Dergisi, 4 (2) 2003, 133-140.
- Karpuzoğlu, E. (2004), Büyüyen ve Gelişen Aile Şirketlerinde Kurumsallaşma, 4. Baskı, Hayat Yayınları, İstanbul.

- Öztuna D., Elhan A. H., Kurşun N. (2008). Sağlık Araştırmalarında Kullanılan İlişki Katsayıları, Türkiye Klinikleri J Med Sci 2008, 28:160-165
- Ruekert, R. W. , O. C. Walker, Jr. ve K. J. Roering (1985), “The Organization of Marketing Activities: A Contingency Theory of Structure and Performance”, Journal of Marketing, Vol. 49, No. 1, pp. 13-25.
- Sheskin D. (2011). Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures Test, Chapman and Hall/CRC, Fifth Edition, 2011, S.800.
- Terence, T. and Khaled S. (2003). “Business Strategies for Small Firms in The new Economy”, Journal of Small Business and Development Volume 10, Number 3, 2003
- Toklu, M. C. (2010). KOBİ'lerde Kurumsallaşmada Uzman Sistem Yaklaşımı ve Uygulaması. (Yüksek Lisans), Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Türk, U. (2015) İşletmelerin Büyümeleri ile Kurumsallaşma Gereksinimi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Sakarya İli Örneği. Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 2015, Yıl:3, Cilt:3, Sayı:2.
- Ulukan, C. (2005) Girişimcilerin ve Profesyonel Yöneticilerin Kurumsallaşma Perspektifi. Sosyal Bilimler Dergisi 2005/2
- Zengin, Y. ve Akkoyun, B. (2015). Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerin Kurumsallaşma Boyutlarının Örgüt Performansına Etkisi ve Bir Araştırma. Turgut Özal Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Kongresi-III.

Not: Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Prof. Dr. Öğretim Üyesi Oğuz Borat danışmanlığında, İbrahim Mizanoğlu tarafından yürütülecek olan, “Küçük İşletmelerin Büyümesinde Kurumsallaşma ve Etkileri” başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

Araştırma Makalesi

## Personalized News Recommendation System

**Melis ÖZKARA<sup>†</sup>, Metin TURAN<sup>††</sup>**<sup>†</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul, Türkiye<sup>††</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul, Türkiye**melis.ozkara@istanbulticaret.edu.tr, mturan@ticaret.edu.tr**

0000-0001-9655-2886, 0000-0002-1941-6693

**Atıf/Citation:** ÖZKARA, M., TURAN, M., (2022). Personalized News Recommendation System, Journal of Technology and Applied Sciences 5(2), 123-133, DOI: 10.56809/icujtas.1193993

### ÖZET

Öneri Sistemleri, kullanıcının daha önce yapmış olduğu tercihlere dayalı olarak, kullanıcının bir sonraki tercihlerini öngörülebilir bir şekilde öneren yöntemlerdir. Bu yöntem günümüzde daha da popüler hale gelmiştir ve eldeki verileri değerlendirerek geleceğe yönelik tahmin gerektiren herhangi bir konu veya alana uygulanabilir. Bir tür bilgi çıkarma çalışmasıdır. Ayrıca Amazon'un gelirinin yaklaşık %35'ini yönlendirme sistemlerinden elde etmesi bu yöntemin ne kadar önemli olduğunun bir göstergesidir. Ancak benzer bir uygulama alanı olan haber tavsiye sistemi de diğerleri kadar yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu çalışmada, kullanıcının girdiği siteler, aradığı kelimeler ve yer imleri dikkate alınarak bir haber öneri sistemi tasarlamak amaçlanmıştır. Geçmiş haber öneri sistemlerine bakıldığında bu çalışma denenmemiş özgün bir çalışmadır. Haberleri kullanıcıya ilgili olarak sunabilmek için makine öğrenmesi modeli, haber kategorilerini ve haber içeriklerini içeren bir veri seti ile eğitilmiştir. Kullanıcı ortamından gelen veriler eğitilen modele verilerek, kullanıcının bulunan ilgili kategorileri RSS (Rich Site Summary) tarafından anlık olarak işlenir. RSS'den seçilen bu haberler, günlük haber gündemine göre öncelik sırasına göre kullanıcıya gösterilir. Gerçek kullanıcı testi %89 gibi etkileyici bir doğruluk gösterdi. Bu çözüm, sorunun doğası gereği içerik tabanlı bir öneri sistemi sunar.

**Anahtar Kelimeler:** Kişisel Haber Tavsiye Sistemi, İçerik Tabanlı Tavsiye Sistemleri, NLP.

## Personalized News Recommendation System

### ABSTRACT

Recommendation Systems are the methods that suggest the next choices of the user in a predictable way, based on the preferences made by the user before. This method is become even more popular nowadays and it can be applied to any topic or field that needs future estimation evaluating the data at hand. It is a kind of information extraction study. Furthermore, the fact that Amazon receives about 35% of its revenue from referral systems is an indication of how important this method is. However, news recommendation system, which is a similar application area, is not also widely used as others. In this study, it is aimed to design a news recommendation system by considering the sites the user enters, the words that they searched for and bookmarks. Considering the previous news recommendation systems, this study is an untested original study. The machine learning model has been trained with a data set that includes news categories and news content in order to present the news to the user as interested. By giving the data from the user environment to the trained model, the found interested categories of the user is processed instantly by the RSS (Rich Site summary). This news selected from RSS are shown to the user in order of priority regarding the daily news agenda. The real user test showed impressive accuracy as 89%. This solution presents a content-based recommendation system as nature of the problem.

**Keywords:** Personalized News Recommendation System, Recommendation Systems, NLP, Machine Learning.

Geliş/Received	:	24.10.2022
Gözden Geçirme/Revised	:	05.12.2022
Kabul/Accepted	:	19.12.2022

## 1. Introduction

In recent years, recommendation systems have quickly entered our lives with the rise of companies such as Spotify, Netflix and Amazon. These systems, which are accessible in advertising, e-commerce, video, music, film and many other areas, will continue to effect our lives in the future. Recommendation systems try to anticipate the user's preferences and suggest solution for user action.

These systems aim to predict and present a service to the user. Companies attach importance to these systems in order to position themselves in front of other companies, since they can generate huge amounts of income in this way (Dwivedi, 2020). It offers great benefits for the user and the provider. The user can find and buy their own personalized products more easily. On the other hand, the provider obtain the opportunity to increase its sales, and also a long-term relationship is established as customer loyalty (Özkok, 2020).

Recommender system types have been categorized as follows:

- Contextual Recommendation Systems
- Collaborative Recommendation Systems
- Popularity Based Recommendation Systems
- Hybrid Recommendation Systems

In Contextual Recommendation Systems, similar products are tried to be displayed according to the products that the user has preferred in the past. In this method, we do not need any information about other users. It is very sensitive to the integrity established between the item and user (Beel vd., 2013). The term collaborative recommendation was proposed by Goldberg et al in 1992 with the idea that “information filtering can be more effective when people are involved in the filtering process”. This method is a system that collects information about the products that the user prefers and makes suggestions by guessing what other users might like from similar preferences. User to user and item to item collaborative recommendation algorithms are applicable. Products selected by similar users are presented in the user, and similar products are displayed according to the product similarity in the item. In the popularity-based system, products with a trend are displayed to the user. The hybrid recommender system, on the other hand, is created by combining collaborative and contextual systems. In recent years, with the developments of information technologies, recommendation systems have also gained progress in the academic field. When we look at the scientific recommendation system studies in the literature, it is seen that the contextual recommendation type is mostly applied. Contextual recommendation type is followed by collaborative recommendation and hybrid recommendation types.

To categorize users appropriately and to provide acceptable success while creating the model, it is very important to choose and collect the right data. Consequently, the model is expected to learn about user interests and things he likes and to give a reasonable result in that direction.

There are studies on different subjects, with different methods applied. The study of N. Jonnalagedda, S. Gauch, K. Laville, and S. Alfarhood aimed to present news articles according to the interests of the user instead of presenting them in order of occurrence. Users have created profiles according to their interests and news. In the research to develop a personalized news recommendation system with the help of “Twitter”, articles were ranked according to the popularity of the article identified from the Twitter's general timeline, resulting in a hybrid structured system. As a result, it was observed that the popularity-based system contributed. Generally, hybrid2 with  $\alpha=0.5$  outperforms hybrid1 by 7.8%, personal by 2.4%, and popularity by 6.0% (Jonnalagedda vd., 2016).

An another example of similar research is the recommendation system for text-based news executed by Seven and Alpkoçak. The algorithm created using the KNN (K-Nearest Neighbors) method was used in the entire text search architecture. The collaborative recommendation system was developed using a keyword-based system, where the users' match score was 6 out of 10 (Seven ve Alpkoçak, 2020).

At the same time, Taşçı (Taşçı, 2015) created a content-based recommendation system in his study and suggested a recommendation system that uses an object-user matrix according to the relationship of the items to be recommended to the user. Since our study is a content-based system, it has similar aspects with this study. In order to evaluate the results, the time applied for the system was kept long and users were provided with feedback. According to the results obtained, we should also consider the differences when recommending news. It is also necessary to consider the keyphrase. An object-trust relationship must be established. It is stated in the article that the source confidence value can be taken from users as 60. He concluded that identification of the right news sources and determination of the user-trust status are necessary.

Liu and Dolan applied a time-based method with a different point of view, taking into account the time people read the news and the length of the news text. 10,000 users were randomly assigned to approximately the same number of control and test groups. Users in the control group tried the collaborative referral system method, and users in the test group tried the hybrid method. Google news was used in this study. The result of research, users in the test group visited Google News 14.1% more than the control group. As we understand from the articles, we can get better results from the hybrid method (Liu vd., 2010).

Pazzani used a hybrid model in his study. According to the news read by the users in the model, the results were obtained by combining two different algorithms which are short-term and long-term. In the short-term algorithm, KNN was used and on the other hand, Naive-Bayes was used for the long-term algorithm. We used Naive Bayes in our study. Ten users trained the system for 4 to 8 days. It resulted in 300 news per user. According to the result, the accuracy score for the hybrid system was 75-80, and the F1 ratio was 55-60. By comparing these two algorithms, it was observed that users responded faster in the short term (Pazzani, 1999).

The study of Li et al. it proposes SCENE (SCalable two-stage pERsonalized News rECommendation), a two-stages personalized news system. The system consists of three main elements. These items are news clustering, user profiling, and news sorting. They used Locality Sensitive Hashing (LSH) and hierarchical clustering for clustering. In order to test the system, news articles were collected in 9 different categories such as sports, politics and movies. The data has been preprocessed before being presented to users. After preprocessing, an average of 1,221 news is stored every day with 4,630 users. They chose Goo, ClickB, Bilinear and Bandit methods for comparison. According to the result, SCENE is the most successful method among them with 0.6930 (Li vd., 2011).

On another study execute by Saranya and G. Sudha, experiment on a collection of sports related news obtained from various news websites data was automatically obtained from news agencies. The received data are written to the database. Classification was made by news agencies. Two types of user profiles were created in the study. One is the static user profile and the other is the dynamic user profile. Static user profiles are created using information collected from the user during registration, while dynamic user profiles are used to address frequently changing user interests. In our study, there is no preliminary preparation for users. Only 3 categories of interest were requested. 500 news were used for the sports category. Under this category, the results of 25 different queries belonging to sub-categories such as cricket, tennis, football, athletics and hockey were obtained. News sites such as The Hindu, Times of India, Indian Express, India Times and the proposed system were compared. As a result, the proposed system was most successful at a rate of 0.9-0.95. From the experimental results, it has been observed that the proposed method provides good recommendation accuracy. The suggested method be able to provide content more suited to user preferences, even if the number of suggested items are small (Saranya and Sudha, 2012).

Teo and Tan asked users to enter the words they were interested in in the system they called Personalized Information Network (PIN), and the system tried to give the most appropriate advice according to the entered word. An access tool for searching and receiving news on the World Wide Web, a personal learning tool for professional learning and information filtering; and PIN, which includes a personalized news browser, consists of three main subsystems. Looking at the experimental results during the learning and estimation period of twenty-two days, training MSE (Mean squared error) is always smaller than test MSE and usually the result is zero. According to this result, the system can perform online learning effectively (Tan and Teo, 1998).

Dhruv, Kamath, Powar and Gaikwad created a model that was developed by taking into account the artists listened to by the users' friends, using a hybrid approach, using a hybrid approach that resembles the chosen artist with other artists of the same style. In this system, UBCF (User based Collaborative Filtering) algorithm, similarity matrices, content-based filtering and hybrid filtering are used. Stages such as data cleaning and filling in missing values were applied. As a result, the accuracy of the system using the UBCF method was 95%, and the accuracy of the system using the hybrid model was 69% (Dhruv vd., 2019).

In this study, data consisting of the user's browser history, bookmarks and Google searches, interests were determined by using the trained news categories model, and a news recommendation system was created according to the relevant categories by selecting the agenda contents from the RSS news. This paper brings a different perspective to the literature in terms of determining the weights of the categories that the user is interested in and the agenda news, and choosing the current and preferred news in the recommendation system beyond being a content-based recommendation system. As far as we know, it is the first attempt using the local computer information for news recommendation system. When we look at the literature studies, the hybrid system was used in general. In our study, a more successful result can be obtained if it turns to the hybrid system.

4900 news articles in 7 different categories were pre-processed and test data was obtained. Then, using the bag of words obtained from the collected resources of usage data from user computer, those that exceed the threshold value, the preference categories of the user were determined using the trained model. Finally, among the news that is the subject of the agenda (by looking at their tags), those that match the user's preference categories are presented to the user in order of priority. The proposed system showed 85% success rate for Naive Bayes learning method, which is the important statistical model for NLP (Neuro Linguistic Programming), is chosen.

In the second part of the article, algorithm, the data set and model creation are explained. In the third part, collecting data from user computer and experimental results are expressed. In the last part, the study was evaluated and the points open to improvement were emphasized.

## 2. Methods

In the study, certain steps were taken both on the data set, on the data received from the users and on the news pulled from RSS. Thanks to these steps, it is aimed to read the data more accurately and to obtain a better result.

The process steps performed in the study are as follows;

- Retrieve data from call history
- Extract URL (Uniform Resource Locator) path address and headers from imported data
- Removing unnecessary words (stop-words)
- Cleaning punctuation marks and numbers
- For the dataset to be used in training;
  - Cleaning the data
  - Data normalization
  - Spelling and rooting (tokenization and lemmazation)
  - Term frequency calculation
- Classification
- Determining the percentage value of news categories interested by the user according to the model output
- Extracting news suitable for interested categories from RSS
- Prioritizing news that fits the agenda and presenting it according to user preference weight

### 2.1. Tools and Libraries Used

In this study, PyCharm as the development environment and Python as the programming language were preferred for the following reasons.

- Python contains more comprehensive libraries for NLP and its C-based syntax makes coding easier.
- PyCharm is user-friendly development environment for the Python programming language.

Browserhistory, feedparser, numpy, pandas, nltk, sklearn, urlparse, matplotlib, seaborn, wordcloud, requests, beautifulsoup libraries were used in the study. Library descriptions are given in Table 1 briefly.

**Table 1.** Python Libraries Used in the Study

<b>Browser History</b>	It has been used to retrieve data from Chrome.
<b>Feedparser</b>	It is used to parse the news from RSS.
<b>Numpy</b>	It is used to organize the training and test data in the study.
<b>Pandas</b>	It is used to process data in CSV (Comma Separated Values) format.
<b>Nltk</b>	It is an open source library created for working on human languages.
<b>Urlparse</b>	It is used to parse the URL part of the data received from Chrome.
<b>Matplotlib</b>	It is used to visualize the data.
<b>Seaborn</b>	It is used to visualize statistical-based data.
<b>Wordcloud</b>	It is used to visually show frequently used words.

<b>Requests</b>	Used to call the URL page before getting the agenda tags.
<b>BeautifulSoup</b>	It is used to retrieve the data between the HTML (Hypertext Markup Language) tags of the page.

## 2.2. Training Data Set

The dataset consists of two columns. The first one expresses the category title (class information), while the second column contains the data under the text title. Table 2 shows example data in the sports category.

**Table 2.** Example Data in Sports Data Set

<b>sports</b>	oklahoma harden in boşluğunu dolduramadı nba de geçtiğimiz sezonun finalistlerinden olan Oklahoma city thunder yaz sezonunda takımdan ayrılarak Houston rockets a takas olan James harden yokluğunu hissediyor
<b>sports</b>	masa tenisinde 3 etap izmir de masa tenisinde süper lig 3 etap karşılaşmalarının izmir de yapılacağı bildirildi masa tenisi federasyonu ndan yapılan açıklamaya göre müsabakalar 10 11 kasım tarihlerinde fuar celal atik spor salonu nda gerçekleştirilecek
<b>sports</b>	cimbom 3 te 3 peşinde Galatasaray kadın basketbol takımı fiba Avrupa ligi c grubu üçüncü maçında yarın deplasmanda polonya nın polkowice takımı ile karşılaşacak durumda bulunuyor

News texts are divided into 7 categories: sports, world, economy, culture, technology, politics and health. There are 700 pieces of data evenly distributed in each category (Yıldırım, 2017). For the data set to be trained; With pandas, each category name is matched to a numeric index and sorted by category values. The category id and categories are as follows.

0: Politics, 1: World, 2: Economy, 3: Culture, 4: Health, 5: Sport, 6: Technology

## 2.3. Data Preprocessing

After the data collection is completed, the first thing to do is to apply the data pre-processing steps. The data is converted into a ready-to-process form. Pre-processing steps directly affect the success of the study. Thus, the success of the pre-processing stage allows to reach the correct and precise result (Olson vd., 2008). The preprocessing steps in the study are briefly as follows:

- 1) Tokenization: It is the process of saving the text in sequences by breaking it down word by word as desired.
- 2) Removing Stop Words: It is the process of removing the words in the text which has no meaning in the language itself.
- 3) Removing punctuation and digits: It is the process of removing punctuation marks and numbers in the text.
- 4) Normalization: It is the process of removing the upper and lower case separation in the text.
- 5) Stemming: It is the process of recording the root of the words by removing the suffixes in the words in the text.

## 2.4. Term Weighting

The data is now ready to be analyzed for frequency. Next, the text document normalized is converted to a term count vector using the CountVectorize method in Python (Uslu and Akyol, 2021).

Term weighting is the process of assigning weights to indicate the importance of the term in the data. In this study, the TF-IDF (Term Frequency- Inverse Document Frequency) term weighting method, which seems suitable for the nature of the problem, was used. Special words for each category are found with TF-IDF for their categories. TF-IDF is the weight factor showing the importance of the term in the data (Kumaş, 2021).

TF calculates the number of times that term occurs in a document. IDF, on the other hand, gives us the information in how many times that term is used in the texts. By multiplying these two values, the TF-IDF value

is obtained. In this study, the words in the news in the data set and the news content as a document were used as terms. The TF-IDF value was found using the `tfidfvektizer` class. With TF-IDF, there are important words determined in each category. The pseudo code of this operation in Python is given below.

```
Create TfidfVectorizer method
Set subliner_tf as True inside the method
Set min_df to 5
Set as norm 12
Set in ngrams (1,2)
Add list of stop words to method
Transform the result from the method
```

Sublinear\_tf, min\_df, norm, tokenizer, encoding, ngram\_range and stop\_words parameters are used in TF-IDF vectorizer operation. Here, sublinear tf scaling (logarithmic based frequency conversion, so that the importance of a term in a document is normalized) is applied by selecting the sublinear\_tf parameter. The min\_df parameter, on the other hand, allows to ignore terms that have a document frequency strictly lower than the given threshold when constructing the vocabulary. With the norm parameter, each output line has one of the forms l1 and l2. The tokenizer parameter preserves the preprocessing and n-gram generation steps. The Encoding parameter determines the detection standard for characters in the data (Deniz vd.,2021). With the ngram\_range parameter, it is possible to calculate the ngram interval given by min and max. With (1,2), both 1-gram (unigram) and 2 grams (bigram) are used in the model (larger grams will not work well since the data size used for training is small). The stop\_words parameter is for removing meaningless, non-valued words from the data (Çelik and Koç, 2021).

By adding the chi2 class in the Sklearn library as a library, 1-gram and 2-gram values were obtained for each news category. The pseudo code of this operation in Python is given below.

```
For each news category
Use Chi2 library
Find bigram and unigram words
Print
```

For each news category, the most common words and phrases are listed. These phrases are listed in descending order of frequency. Those with a high frequency value in the list are considered to be suitable collocations. For example, unigram and bigram outputs for world and economy categories are as follows.

#'Word':	#'Economy':
- Most relevant unigram expressions:	- Most relevant unigram expressions:
Suriye	Lira
İsrail	Yuzde
- Most relevant bigram expressions:	- Most relevant bigram expressions:
Gazze	Indeks Yuzdesi
İsrail'de	Yılın Aynı

## 2.5. Model Training

After 1-gram and 2-gram associations, TF-IDF transform and CountVectorizer transform were made. CountVectorizer preprocesses text data into a term/symbol count vector. Vectorized texts according to TF-IDF values were given to the Naive Bayes classifier by dividing into 25% test and 75% training data. Thus, the training is completed. The trained data were evaluated separately with Naive Bayes, Gradient Boosting, AdaBoost and Decision Tree algorithms. The results are given in Table 3.

**Table 3.** Classification Results

	Test Accuracy	Precision	Recall	F1
<b>MultinomialNB()</b>	84.84	0.85	0.85	0.85
<b>DecisionTreeClassifier()</b>	63.35	0.63	0.63	0.63



<b>GradientBoostingClassifier()</b>	82.64	0.83	0.83	0.83
<b>AdaBoostClassifier()</b>	57.32	0.57	0.57	0.57

### 3. Experiments

#### 3.1. Pulling Data with Browser History

Browserhistory is a library used for Linux, MacOS, Windows platforms that extracts browser history from user's local computer and writes data to CSV files; In terms of browser, it is a simple Python module that supports Firefox, Google Chrome and Safari. The URL link contains the name and date of the page.

It is taken as the historical data on the computer used by the user and saved in CSV format. With BrowserHistory, the data received from the browser was estimated for each site link, bookmark and searched words and added to the category. The pseudo code of this operation in Python is given below (Pypi, Browser History).

```
Use the BrowserHistory class
Convert to Csv format
```

While analyzing the data, it is very important to decide which learning model will give the most accurate result. In this study, Multinomial Naive Bayes, GradientBoosting, AdaBoost and Decision Tree algorithms were experimented (selected for being most appropriate algorithms) separately for the same data set and classification was performed. Although GradientBoosting gave a good result in in terms of success, the best classification metrics were obtained by Multinomial Naive Bayes. Consequently, tests were executed over the Multinomial Naive Bayes. Multinomial Naive Bayes algorithm is a probability and statistics-based Bayesian classification (Kaşıkçı and Gökçen). Formula 1 shows the formula of the multi-class Bayesian model. Here,  $c$  refers to the classes (categories), and  $X$  refers to the instance whose class is desired to be found. Small  $x$ 's are feature vectors and contain important words determined for each category in this problem.

$$P(c/x) = \frac{P(x/c)P(c)}{P(x)}$$

$$P(x)$$

$$P(c/X) = P(x_1/c) \times P(x_2/c) \times \dots \times P(x_n/c) \times P(c) \quad (1)$$

After estimating the data obtained from a sample user environment according to the categories using this classifier, the percentage values of the categories that a user is interested in are calculated and shown in Table 4. Categories above a certain threshold value are selected as preferences. In this study, the first 3 categories with the highest percentage value were taken into account for news presentation.

**Table 4.** Interested category percentage values for any user

	Percentage Values
<b>Economy</b>	33.333
<b>Technology</b>	23.404
<b>Politics</b>	14.184
<b>Sport</b>	13.475
<b>World</b>	5.673
<b>Culture</b>	4.964
<b>Health</b>	4.964

### 3.2. Showing Instant News

In this study, after finding the percentage values for each category, the FeedParser library was used to extract instant data from RSS for news types that exceed the threshold value from these values. The threshold value is the value obtained by dividing the percentage number of all categories expressing the mean by seven. Feedparser library receives news from instant RSS; It is a library for capturing the title, link and description of the news (Pypi, FeedParser).

The desired HTML page was obtained with the requests module in order to determine the order of importance of these news. Requests is a module that makes get, post, put, delete requests for the web page. After making a get request for the web page, BeautifulSoup library was used. This library is used to parse the HTML tags of a page and retrieve the data between those tags (Erdinç, 2017). The pseudo code of this operation in Python is given below.

```

Get url page
Add to response variable
Return response u with content in bytes
Parse content in page variable with html parser
Just parse the block with the data we want to retrieve
Print

```

Important tags on the agenda are pulled from the agenda page on news sites, and thanks to this library, the priority order of the news is determined. According to the category result of the user, the presence of the word on the agenda in that news title is checked. The news with the agenda tag is shown to the user in the top row. For example, the simplest version of the RSS agenda tags dated 18/03/2022 is as follows.

**Agenda Tags:** ukraine, weather, sadık çiftınar, putin, 1915 çanakkale

After the words on the agenda were obtained, it was checked that whether there were any words of the interested category of the user, which were above the threshold value, on the agenda in the title of the instant news from RSS. Categories that are above the threshold value were added and looked at according to the agenda tag, and presented to the user by putting them in the first place in order of priority.

### 3.3. Result

In the tests conducted with 15 real users, the user was first asked about the three categories he was most interested in out of 7 categories. In the next stage, the user's historical data is collected from personel computer and processed as explained above. These data are used with the permission of the user. The study was first added to personal computers. After running the application, the categories of interest and the result were compared. In Table 5, a portion from the data is presented which is gathered from User#1's browser history.

**Table 5.** User#1's browser history

	Browser History
User#1	x"https://www.haberturk.com/borsa-gune-yukselisle-basladi-3379626-ekonomi","Borsa güne yükselişle başladı"
User#1	"https://www.dunya.com/finans/haberler/rusya-mb-yaptirimlara-ragmen-faizi-yuzde-20de-sabit-tuttu-haberi-652356","Rusya MB, yaptırımlara rağmen faizi yüzde 20'de sabit tuttu - Dünya Gazetesi"
User#1	"https://www.webtekno.com/dunyada-yilin-otomobili-odulleri-2022-finalistler-h121852.html","Dünyada Yılın Otomobili Ödülleri Finalistleri Açıklandı"
User#1	"https://www.cnnturk.com/spor/futbol/bulent-korkmaz-kaybetsek-kirilma-macimiz-olurdu","Bülent Korkmaz: Kaybetsek kırılma maçımız olurdu - Son Dakika Futbol Haberi"
User#1	"https://www.bloomberght.com/abd-nin-kripto-adimi-bitcoin-i-vurabilir-2301609","""ABD'nin kripto adımı Bitcoin'i vurabilir"" - Bloomberg HT"

The first 3 category output of the trained model are shown in Table 6. The increasing number of matching categories gives us better model. The accuracy of the model is evaluated in terms of matching percentage of the trained model categories with the user preference categories. It is seen that the trained model is successful at a rate of 89% (the ratio of the number of correctly predicted categories to the total number of categories, 40/45).

The problem here is that it cannot create the right effect when it is both Turkish and English. For someone who only uses Turkish, this study achieves a successful result. It is clear that the result will be more effective when mixed methods are used in future studies and when there is support for more than one language.

**Table 6.** Categories of the trained model for 15 real user test data

	User Categories	Trained Model Output
User#1	Economy, World, Technology	Economy, Technology, World
User#2	World, Sports, Politics	Sports, Technology, Politics
User#3	Technology, Sports, Culture	Technology, Sports, Culture
User#4	Health, Culture Technology	Health, Technology, Culture
User#5	Technology, Economy, Health	Economy, Technology, Health
User#6	Economy, Politics, Health	Politics, Technology, Health
User#7	Politics, Technology, Economy	Politics, Technology, Economy
User#8	World, Economy, Culture	Economy, World, Technology
User#9	Sports, Economy, Technology	Sports, Technology, Economy
User#10	Technology, Economy, Health	Technology, Economy, Health
User#11	Technology, Health, Culture	Health, Technology, Economy
User#12	Culture, Health, Economy	Health, Culture, Economy
User#13	Sports, Economy, World	Sports, Economy, World
User#14	Technology, Sports, Culture	Technology, Sports, Economy
User#15	Sports, Economy, Technology	Sports, Economy, Technology

#### 4. Conclusion and Discussion

In this study, a content-based recommendation system has been developed by taking into account the sites the user has entered, the words he has searched for and bookmarks. Compared to other models and the accuracy of the result, Multinomial Naive Bayes gave the best recommendation with an 85% success rate for validation. Moreover, real test data accuracy on this model was above being 89%.

While bringing the news, the agenda headlines of the news sites have been obtained so that the news that is closer to the headlines on the agenda will appear at first. Thus, the news that is both interesting and more prominent on the agenda is shown to the user. Presenting something that the user likes not only increase the reading habit, but also prevents wasting time.

Even we don't think they would be useful, perhaps, deep learning models can be experimented for comparison. Although the system has been successful in general, considering that some users use both Turkish and a different language, it has been observed that it reduces the success effect in these conditions. A more effective result can be obtained when mixed methods are used together in both Turkish and other languages (generally English) for future studies. Different classification methods can be tried. In addition to TF-IDF weighting, it is necessary to observe the performance effects of different weighting methods in the literature. In the future this work can be turned into a web application or plugin.

Considering that recommendation systems have a permanent role in our lives even now, it can be predicted that news recommendation systems will serve people who need fast daily data in the future, and more importantly, the essence of information can be presented by using summary systems.

## REFERENCES

Beel J., Gipp B., Langer S., Breiting C. Paper Recommender Systems: A Literature Survey. *International Journal on Digital Libraries* 2016; 17(4): 305-338.

Billsus D., Pazzani, M.J. A Hybrid User Model for News Story Classification. In: Kay, J. (eds) *UM99 User Modeling*. CISM International Centre for Mechanical Sciences 1999; 407:99-108 Springer, Vienna.

Çelik Ö., Koç B. C. Classification of Turkish News Texts with TF-IDF, Word2vec and Fasttext Vector Model Methods. *DEÜ FMD*. 2021;23(67):121-127

Deniz E., Öz V. K., Bozkurt Keser S., Okyay S. and Kartal Y. İçerik Tabanlı Bilimsel Yayın Öneri Sisteminde Benzerlik Ölçümlerinin İncelenmesi. *DUMF Journal of Engineering* 2021;12(2):221-228, doi:10.24012/dumf.838084

Erdinç S. 2017, Python BeautifulSoup Modülü, <https://www.sinanerdinc.com/python-beautifulsoup-modulu> (Access Date: 03.12.2021).

Dhruv A., Kamath A., Powar A., Gaikwad K. Artist Recommendation System Using Hybrid Method: A Novel Approach. In: Shetty N., Patnaik L., Nagaraj H., Hamsavath P., Nalini N. (eds) *Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications*. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019;(882). Springer, Singapore.

Dwivedi R. 2020, What Are Recommendation Systems in Machine Learning. <https://www.analyticssteps.com/blogs/what-are-recommendation-systems-machine-learning>, (Access Date: 03.12.2021).

Jonnalagedda N., Gauch S., Labille K., Alfarhood S. Incorporating Popularity in a Personalized News Recommender System. *PeerJ Computer Science*, 2016; 2: e63

Kaşıkcı T., Gökçen H. Determination of E-Commerce Sites with Text Mining. *Journal of Information Technologies*. 2014;7(1). DOI: 10.12973/bid.2014

Kumas E. Comparison of Classifiers While Performing Sentiment Analysis from Turkish Twitter Data. *Journal of ESTUDAM Information*. 2021;2(2):1-5.

Li, L., Wang, D., Li, T., Knox, D., Padmanabhan, B., Scene: a scalable twostage personalized news recommendation system, *Proceedings of the 34th international ACM SIGIR conference on Resear*. 2011;125–134

Liu, J., Dolan P., Pedersen E.R.: Personalized news recommendation based on click behavior. In: *Proceedings of the 15th International Conference on Intelligent User Interfaces, IUI 2010*;31–40. ACM, New York

Olson, D.L. and Delen, D., *Advanced Data Mining Techniques*, Springer Science & Business Media, Verlag Berlin Heidelberg, 2008.

Özkok H. 2020, Recommendation Engine (Tavsiye-Öneri Sistemleri), <https://www.datascienceearth.com/recommendation-engine-tavsiye-oneri-sistemleri/> (Access Date: 03.12.2021).

Pypi.Browser History. <https://pypi.org/project/browserhistory/>, (Access Date: 01.12.2021)

Pypi.Feed Parser. <https://pypi.org/project/feedparser/>, (Access Date: 01.12.2021)

Saranya KG and Sudha G Sadhasivam. Article: A Personalized Online News Recommendation System. International Journal of Computer Applications. 2012;57(18):6-14.

Seven S., Alpkoçak A. Kişisel Haber Öneri Sistemi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. 2020; 22(64): 301-307.

Tan A. H., Teo C. Learning user profiles for personalized information dissemination, Neural Networks Proceedings. IEEE World Congress on Computational Intelligence. 1998;1:183-188.

Taşçı S, Content Based Media Monitoring and News Recommendation System. Master Thesis. Hacettepe University, Computer Engineering, Ankara, 2015

Uslu O. and Özmen Akyol S., Türkçe Haber Metinlerinin Makine Öğrenmesi Yöntemleri Kullanılarak Sınıflandırılması, Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Bilişim Dergisi, 2021;2(1): 15-20.

Yildirim S., 2017, Text Categorization for Turkish-Multi NB,  
<https://www.kaggle.com/savasy/text-categorization-for-turkish-multi-nb>,  
(Access Date: 01.11.2021).

## TEŞEKKÜR ve BEYANLAR / ACKNOWLEDGEMENT and DECLARATIONS

*Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmadığını beyan ederim.*

**Not:** Bu makale, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı'nda, Metin TURAN danışmanlığında, Melis ÖZKARA tarafından yürütülecek olan, "Kişiselleştirilmiş Haber Tavsiye Sistemi" başlıklı yüksek lisans tezinin ön çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

ISSN: 2645-8969

**Teknoloji  
ve  
Uygulamalı Bilimler  
Dergisi**