



İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ İSTANBUL BEYKENT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

İstanbul Beykent Üniversitesi Yayınları, No 164

Cilt/Volume: 18 Sayı/Number: 1 Yıl/Year: 2025 Bahar/Spring

T.C.
İSTANBUL BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN VE MÜHENDİSLİK
BİLİMLERİ DERGİSİ



ISTANBUL BEYKENT UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

Sertifika No:

46286

İstanbul Beykent Üniversitesi Yayınları, No 164

Cilt/Volume: 18 Sayı/Number: 1 Yıl/Year: 2025 Bahar/Spring

www.beykent.edu.tr

Her hakkı saklıdır. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi yılda iki kez yayımlanan, hakemli bir dergidir.

Yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'nde yayımlanan makalelerdeki görüş ve düşünceler yazarların kişisel düşünceleri olup, hiçbir şekilde Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'nin veya İstanbul Beykent Üniversitesi'nin görüşlerini ifade etmez. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'ne gönderilen makaleler iade edilmez.



SAHİBİ/PROPRIETOR

Prof. Dr. Volkan ÖNGEL

İstanbul Beykent Üniversitesi adına / on behalf of Istanbul Beykent University

EDİTÖR

Doç. Dr. Atıncı YILMAZ

EDİTÖR YARDIMCILARI

Dr. Öğr.Üyesi Ümit ÖZTÜRK

Dr. Öğr.Üyesi Seda KILIÇER

TEKNİK EDİTÖR

Dr.Öğr.Üyesi Ayşe KALE

YAYIN KURULU/PUBLISHING BOARD

Prof. Dr. Adnan KAYPMAS

Prof. Dr. Ayşe Nilay EVCİL

Prof. Dr. Bahaddin SİNSOYSAL

Prof. Dr. Hasan ÖZKAYNAK

Prof. Dr. Kazım SARI

Prof. Dr. Özge KUYUMCU

Prof. Dr. Şeyma AYDINOĞLU

Prof. Dr. Şah İsmail KIRBAŞLAR

Prof. Dr. Recep BURKAN

Doç. Dr. Ömer ÇETİN

Doç. Dr. Yücel Batu SALMAN

DANIŞMA KURULU/ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Ali PINAR

Prof. Dr. Ayla Fatma ANTEL

Prof. Dr. Başar ÖZTAYŞI

Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ

Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU

Prof. Dr. Hüseyin CÖMERT

Prof. Dr. Mesut KAÇAN

Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU



Prof. Dr. Osman PALAMUTÇUOĞULLARI

Prof. Dr. Ömer OĞUZ

Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU

Prof. Dr. Tanay Sıdkı UYAR

Prof. Dr. Ülben EZEN

Prof. Dr. Ümit IŞIKDAĞ

Doç. Dr. Benoît CAGNON

Doç.Dr. Marius Sebastian SECULA

Dr. Öğr. Üyesi Bilge YILDIRIM GÖNÜL

Dr. Öğr. Üyesi Merve YILDIRIM

Dr. Öğr. Üyesi Soydan SERTTAŞ

Dr. Öğr. Üyesi Zeynep ALTAN

YAYINEVİ MÜDÜRÜ/PUBLISHING MANAGER

Can EKŞİ

DERGİ ASİSTANLARI/JOURNAL ASSISTANTS

Arş.Gör. Mürüvvet AKBUDAK

Arş.Gör. Müge Yaren YAŞARTÜRK

Arş.Gör. Oğuz Emre UZMAN

Arş.Gör. Emirhan YİĞİT

YAYIN SEKRETERİ/PUBLISHING SECRETARY

Arş.Gör. İrem ACET

TÜRKÇE DİL EDITÖRÜ/TURKISH LANGUAGE EDITOR

Dr.Öğr.Üyesi Ali ŞEYLAN

İNGİLİZCE DİL EDITÖRÜ/ENGLISH LANGUAGE EDITOR

Dr. Öğr. Üyesi Seval ARSLAN

İNDEKS SORUMLULARI/INDEX RESPONSIBILITIES

Arş. Gör. Salih BÜTÜNER

Arş.Gör. Müge Yaren YAŞARTÜRK

MİZANPAJ EDITÖRLERİ/LAYOUT EDITORS

Arş.Gör. Salih BÜTÜNER

Arş.Gör. Mürüvvet AKBUDAK

Arş.Gör. Müge Yaren YAŞARTÜRK

Arş.Gör. Oğuz Emre UZMAN

Arş.Gör. Emirhan YİĞİT



İÇİNDEKİLER

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ÖĞRENCİLERİNİN ÜNİVERSİTE SEÇİMİNİ ETKİLEYEN KRİTERLERİN
ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE SIRALANMASI

Sabahattin Mert BERKMEN, Yunus Can ÖZALP1-22

İSTANBUL DEPREMİNE HAZIRLIK KAPSAMINDA 2000 YILI ÖNCESİ YAPILMIŞ BETONARME YAPILARIN KRONİK
PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Hasan ÖZKAYNAK 23-30

EDİRNE’DE BİR ENDÜSTRİ MİRASI: BALON HANGARI VE YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİ

İbrahim GEDİK, İlke CİRİTCİ33-52

DERİN ÖĞRENME TEKNİKLERİ KULLANARAK RETİNA HASTALIĞI SINIFLANDIRMASI

Fatma AYAN, Soydan SERTTAŞ.....53-64

KULLANICI ARAYÜZLERİNİN KULLANICILARA OLAN ETKİSİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Hafız MEHDİYEV, TALAT FIRLAR 65-86



ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ÖĞRENCİLERİNİN ÜNİVERSİTE SEÇİMİNİ ETKİLEYEN KRİTERLERİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE SIRALANMASI

ORDERING THE CRITERIA AFFECTING THE UNIVERSITY SELECTION OF INDUSTRIAL ENGINEERING STUDENTS BY MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS

DOI: 10.20854/bujse.1593961

Sabahattin Mert Berkmen^{1, *}, Yunus Can Özalp²

Öz

Endüstri Mühendisliği Bölümü; günümüz koşulları için gerekli olan mal ve hizmetlerin üretimi, yönetimi ve dağıtımı için gerekli olan çalışmaları yapan ve bu zincirin en etkin şekilde kullanılmasını sağlayan mühendislik dalıdır. Bu amaçla endüstri mühendisleri gerekli olan bilgi ve deneyimlerini kullanarak gerekli olan kaynakları belirler, tasarlar ve tedarikini yapar. Bu süreçte başarı için analitik düşünebilen, durumları etkin bir şekilde analiz edebilen ve etik kuralları göz önünde bulunduran mühendisler gereklidir. Bir diğer başarı faktörü ise endüstri mühendisliğinde üniversite seçimidir. Çalışmamızda, öğrencilerin Endüstri Mühendisliği Bölümü için üniversite seçimlerini etkileyen kriterler, çok kriterli karar verme yöntemleri ile sıralanmıştır. Çalışmamız, kesitsel türde olup evrenini Mühendislik- Mimarlık Fakültesi endüstri mühendisliği öğrencilerinden toplam 50 kişi oluşturmuş ve veriler online olarak toplanmış, analiz edilmiştir. Bu çalışmada, Endüstri Mühendisliği Bölümü için üniversite seçiminde etkili olan kriterler, uzman görüşü alınarak literatür taraması sonucu elde edilmiş ve farklı yöntemler kullanılarak sıralanmış ve yöntem karşılaştırılması yapılmıştır.

Abstract

The Department of Industrial Engineering is the branch of engineering that carries out the necessary studies for the production, management and distribution of goods and services required for today's conditions and ensures the most effective use of this chain. For this purpose, industrial engineers determine, design and supply the necessary resources by using their knowledge and experience. In this process, engineers who can think analytically, analyze situations effectively and consider ethical rules are required for success. Another success factor is choosing a university in industrial engineering. In our study, the criteria affecting the university choices of students for the industrial engineering department are listed with multi-criteria decision-making methods. Our study is of cross-sectional type and its universe consists of ... people from Industrial Engineering students of the Faculty of Engineering and Architecture, and the data has been collected and analyzed online. In this study, the criteria that are effective in choosing a university for the industrial engineering department were obtained by taking expert opinion and by reviewing the literature, and different methods were used. Sorted using and method comparisons were made.

Anahtar Kelime: endüstri mühendisliği, çok kriterli karar verme, mühendislik öğrencileri, üniversite seçimi

Keywords: industrial engineering, multi-criteria decision making, engineering students, university choice

^{1, *} Sorumlu Yazar: Beykent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği, mertberkmen@gmail.com, orcid.org/0000-0001-7273-954X

² İstanbul Medipol Üniversitesi, Tıp Fakültesi, yunuscanozalp@gmail.com, orcid.org/0000-0003-3248-3716

1. GİRİŞ

Endüstri Mühendisliği; analitik düşünme yeteneği ve etik ilkelere dayalı yaklaşımıyla, günümüzde ve gelecekte karşılaşılabilecek karmaşık problemlere çözüm üretebilme potansiyeline sahiptir. Fabrika tasarımı, temel bilimler ve mühendislik bilimleri gibi geniş bir konu yelpazesine hitap etmesi sebebiyle, günümüzün hem zorlu hem de cazip mesleklerinden biri hâline gelmiştir.

Endüstri Mühendisliği programları, gelecekte ortaya çıkabilecek zorlukları öngörerek, bu zorluklarla başa çıkabilecek yetkin bireyler yetiştirmek amacıyla tasarlanmaktadır. Mezunların bir kısmı üretim ve imalat alanlarında çeşitli üretim tesisleri tasarlarlarken diğer bir kısmı sağlık sistemleri gibi hizmet sektörlerinde sistem tasarımı yapmayı tercih etmektedir.

Son yıllarda, endüstri mühendisliği programlarına olan ilgi artmaktadır. Bu durum, meslekte arz ve talep dengesizliğine yol açmakta; bu dengesizlik, diğer mühendislik disiplinleriyle karşılaştırıldığında daha belirgin hale gelmektedir. Bu eğilimin gelecekte de devam etmesi öngörülmektedir (Turner, Mize, Case ve Nazemtz, 1993).

Kalifiye endüstri mühendislerinin yetişebilmesi, kaliteli bir eğitim süreciyle mümkündür. Eğitim; doğumdan ölüme kadar süren, bireyin gelişimini destekleyen sürekli bir süreçtir. Ailede başlayan bu süreç, ilköğretim ve ortaöğretimle devam ederken, en üst basamakta üniversiteler yer almaktadır. Bu süreci yeterince verimli tamamlayamayan bireylerin, toplumu olumsuz yönde etkileme ihtimali artmaktadır.

Üniversiteler hem mesleki eğitimde hem de toplumun gelişiminde önemli roller üstlenmektedir. Her yıl milyonlarca öğrenci farklı bölümler için üniversite sınavlarına katılmakta ve tercihlerini yapmaktadır. Üniversite tercihi, sınav kadar önemli bir süreç olup dikkatle yürütülmesi gerekmektedir. Öğrenciler bu süreçte; üniversitenin prestiji, başarı sıralaması, yaşadıkları çevreye yakınlık, meslek sevgisi, aile ve çevre gibi pek çok faktörün etkisi altında kalarak karar vermektedir. Bu durum, tercih sürecinde kafa karışıklığına ve hatalı seçimlere yol açabilmektedir (Ökkeş, 2022).

Tıpkı üniversite tercihi gibi bireysel veya kurumsal ölçekte alınacak kararlarda da birden fazla kriterin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu gibi çok kriterli durumlarda karar verme süreci; sürdürülebilirlik gibi parametreleri de göz önünde bulundurarak yürütülür. Birden fazla kriterin etkili olduğu durumlarda Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu süreç, problemde yer alan soyut ve somut kriterlerin değerlendirilerek mevcut alternatifler arasından en uygun seçeneğin belirlenmesi veya seçeneklerin önem sırasına göre sıralanması ile tanımlanır. Başka bir tanımda ise ÇKKV süreci, birden fazla disiplinin bir araya getirilerek karar sürecinin değerlendirilmesi olarak açıklanmaktadır (Yıldırım ve Önder, 2018).

Bu çalışmada, öğrencilerin Endüstri Mühendisliği Bölümü için üniversite tercihlerinde etkili olan kriterler Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri ile analiz edilmiştir. Kriterler, uzman görüşleri ve literatür taraması yoluyla belirlenmiştir. Elde edilen kriterler, SWARA ve BEST- WORST (BWM) yöntemleri ile sıralanmış ve yöntemler karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, literatürde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar ayrıntılı olarak açıklanmıştır. ÇKKV yöntemleri, özellikle 2000’li yıllardan itibaren yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır.

Al, Shemmeri ve Pearman (1997), Ürdün’de büyük su projelerinin seçimi ve sıralanmasında ÇKKV yöntemlerini kullanmışlardır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde uzman görüşlerine başvurulmuş, çeşitli yöntemler karşılaştırılarak kararlılıklarını değerlendirmek amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır.

Boyacı (2000), yüksek lisans tezinde, kriter ağırlıklarını dolaylı yoldan belirlemeye yarayan germe metodunu geliştirmiştir. Bu yöntemde, uzmanlar kriterleri herhangi bir karşılaştırma operatörü kullanarak ikili biçimde karşılaştırmaktadır.

Kuruüzüm ve Atsan (2001), analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) hakkında detaylı bilgiler vermiş ve işletmecilik alanında yapılan uygulamalara değinmişlerdir. Çalışmanın sonunda örnek bir problem çözümü sunularak süreç ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tekeş (2002), Türk Silahlı Kuvvetleri envanterindeki yaygın kullanılan silahları ikili karşılaştırmalara tabi tutarak en uygun seçimi hedeflemiştir. Kriterler belirsizlik altında değerlendirildiğinden çok ölçekli ve belirsizlik altındaki karar verme yöntemleri kullanılmıştır.

Dulmin ve Mininno (2003), İtalya’daki orta ölçekli bir kara yolu taşımacılığı firmasında tedarikçi seçimi için PROMETHEE ve GAIA yöntemlerini kullanarak sıralama yapmıştır.

Özdamar (2004), yüksek lisans tezinde, ÇKKV yöntemlerini detaylı olarak açıklamış; analitik hiyerarşi yönteminin uygulanışına odaklanmış ve kamu sektöründe yapılan bir ihale örneği ile AHP yöntemini uygulamıştır.

Tzeng, Lin ve Opricovic (2005), Tayvan’daki şehir içi ulaşım araçlarını (elektrikli, içten yanmalı ve hibrit motorlu) uzman görüşlerine göre sıralamışlardır. Kriter ağırlıkları AHP ile belirlenmiş; sıralama VIKOR ve TOPSIS yöntemleriyle yapılmıştır. Sonuç olarak hibrit motorlu araçların en uygun seçenek olduğu belirtilmiştir.

Akman ve Alkan (2006), tedarikçi seçiminin işletmeler için önemine dikkat çekmiş ve Kocaeli’deki bir otomotiv yan sanayi firmasında tedarikçi performanslarını değerlendirmek için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır.

Terzi, Hacaloğlu ve Aladağ (2006), AHP ve hedef programlama yöntemleriyle bir model geliştirmiş ve bu modeli Türkiye otomobil pazarında bir firmanın modelleri arasında seçim yapmak amacıyla kullanmışlardır.

Işıklar ve Büyükozkcan (2007), cep telefonlarını kullanıcı tercih sırasına göre değerlendirmek için AHP ve TOPSIS yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Kriterler literatür ve uzman görüşlerine dayanarak belirlenmiştir.

Chou, Hsu ve Chen (2008), Tayvan’da turistik tesis yeri seçiminde bulanık çok kriterli karar modeli önermiştir. Kriterler literatür taramasıyla belirlenmiş ve bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır.

Göksu ve Güngör (2008), üniversite tercih sıralaması üzerine bulanık AHP uygulaması gerçekleştirmiş, üç farklı yöntemle çözüm yaparak sonuçları karşılaştırmışlardır.

Atıcı ve Ulucan (2009), Türkiye enerji sektöründeki projeler üzerinde PROMETHEE ve ELECTRE yöntemlerini uygulamış; hidroelektrik projeleri için PROMETHEE, rüzgâr santralleri için ise ELECTRE yöntemi kullanılmıştır.

Ersöz ve Kabak (2010), Türk savunma sanayii üzerine ÇKKV yöntemleri ile yapılmış çalışmaları incelemiş ve en yaygın kullanılan yöntemlerin AHP ve hedef programlama olduğunu belirtmişlerdir.

Cristóbal (2011), İspanyol hükümeti tarafından onaylanan yenilenebilir enerji projelerini AHP ile değerlendirmiş, sıralamayı ise VIKOR yöntemiyle yapmıştır. Sonuçlara göre geleneksel enerji santralleri öncelikli tercih olmuştur.

Cengiz (2012), istatistik bölümü mezunlarının iş alternatifi seçiminde AHP, ELECTRE ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak karşılaştırmalı analiz yapmıştır.

Ömürbek, Üstündağ ve Helvacıoğlu (2012), Isparta'daki ilçeleri, hayvancılık yapılabilirlik açısından değerlendirmiş ve TOPSIS yöntemiyle sıralamıştır. Sonuçta en uygun ilçe Yalvaç, en olumsuz ise Aksu ve Sütçüler olarak belirlenmiştir.

Kannan vd. (2013), otomobil sektöründe çevresel, ekonomik ve yeşil lojistik kriterleriyle tedarikçi seçimi yapmış; doğrusal programlama ile optimum sipariş miktarlarını belirleyen matematiksel model önermiştir.

Önder, Aybaşı ve Önder (2014), hemşirelerin stres faktörlerini AHP yöntemi ile değerlendirmiştir. En önemli stres faktörleri iş yükü ve tedavideki belirsizlik olarak tespit edilmiştir.

Murat, Kazan ve Coşkun (2015), PROMETHEE yöntemiyle ortaokul ve liseleri çeşitli kriterlere göre sıralamış, kasaba okullarının köy okullarına göre daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur.

Pandey (2016), Tayland'daki havalimanlarının hizmet kalitesini bulanık ÇKKV yöntemiyle değerlendirmiş ve iyileştirme önerileri sunmuştur.

Mutlu ve Sarı (2017), madencilik sektöründe ÇKKV yöntemleri üzerine kapsamlı bir literatür incelemesi yaparak yer seçimi ve kesme aracı belirleme gibi konulara odaklanmışlardır.

Dikici (2018), Türk bankacılık sektöründe faaliyet gösteren bankaların finansal performanslarını TOPSIS ve VIKOR yöntemleriyle analiz etmiş, katılım bankalarının performanslarının mevduat bankalarından düşük olduğunu bulmuştur.

Balta ve Yenil (2019), kentsel sürdürülebilirlik için yeşil yol güzergahlarının belirlenmesinde AHP yöntemini kullanmıştır.

Tosunoğlu ve Apaydın (2020), üniversitelerin akademik performansını URAP kriterlerine göre değerlendirerek Bulanık AHP yöntemiyle sıralama yapmış; en önemli kriterin toplam bilimsel doküman sayısı olduğunu belirtmişlerdir.

Chakraborty vd. (2023), 2013-2022 yılları arasında sağlık sektöründe yapılan 140 ÇKKV çalışmasını inceleyerek, bu çalışmaları 11 başlık altında toplamış ve literatür taraması yapacak araştırmacılara rehberlik etmeyi amaçlamışlardır.

Alkan ve Durduran (2024), tarım arazilerinin arsa değerlerinin belirlenmesinde önemli kriterleri tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerinden BWM ve FUCOM yöntemlerini kullanmışlardır. Yapılan analizler sonucunda, "büyüme" ve "sosyal kullanım" kriterlerinin en önemli kriterler olduğu belirlenmiştir.

Dişkaya ve Emir (2023), yapmış oldukları çalışmada küresel kriz ortamında lojistik performansını etkileyen kriterlerin BWM ve DEMATEL yöntemleri ile değerlendirmişlerdir. Analiz sonucunda kriterler önem sırasına göre yorumlanmıştır.

Göktaş ve Erdem (2024), yapmış oldukları çalışmada konaklama vergisi harcama alanlarının belirlenmesi için SWARA yönteminden yararlanmışlardır.

3. METODOLOJİ

Bu çalışmada; öğrencilerin Endüstri Mühendisliği Bölümü için üniversite tercihlerinde etkili olan kriterler, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri aracılığıyla analiz edilmiştir. Kriterler, ilgili literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda belirlenmiştir. Belirlenen kriterler kapsamında, 50 Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencisine anket uygulanmış ve elde edilen veriler Microsoft Excel ortamında analiz edilmiştir. Elde edilen kriterler, SWARA ve BEST - WORST (BWM) yöntemleri ile sıralanmış ve yöntemler karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunda, her iki yöntemin birbirine göre üstünlükleri ortaya konmuştur.

3.1. SWARA Yöntemi

SWARA yöntemi, seçim ve sıralama problemlerinde kullanılan bir kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak son yıllarda literatürde giderek daha fazla yer bulmaktadır. Türkçeye “Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi” olarak çevrilen bu yöntem, ilk kez 2010 yılında Keršuliene, Zavadskas ve Turskis tarafından geliştirilmiş olup günümüze kadar pek çok problemin çözümünde başarıyla uygulanmıştır.

Yöntemde, daha önceden uzman görüşleri ve literatür taramasıyla belirlenen kriterler, önem derecesine göre (önemliden önemsiz doğru) sıralanmakta ve yapılan oylamalar sonucunda önemsiz bulunan kriterler analiz sürecinden çıkarılmaktadır. SWARA yönteminde, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde temel unsur uzman görüşüdür.

SWARA yöntemi, uygulama açısından karmaşık bir yapıya sahip değildir ve uzmanlarla iş birliği içinde rahatlıkla yürütülebilir. Yöntemin başlıca avantajları, ortaya çıkabilecek sorunların kolaylıkla giderilebilmesi ve kriterlerin sıralanmasında ilave bir değerlendirme gerektirmemesidir.

SWARA yönteminde kriterlerin ağırlıklandırılması için yöntemin aşamaları aşağıda adım adım olarak verilmiştir.

Adım 1: Yöntemin ilk aşamasında, problemin en iyi şekilde ifade edilmesi ve doğru sonuçların elde edilebilmesi için probleme en uygun kriterlerin ve bu kriterleri belirleyecek karar vericilerin seçilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, toplamda 9 kriterin ($n = 1, 2, 3, \dots, 9$) ve 50 karar vericinin ($m = 1, 2, 3, \dots, 50$) olduğu varsayılmaktadır.

Adım 2: Belirlenen karar vericiler, kendi deneyimleri doğrultusunda kriterleri önem derecelerine göre en önemli olandan en az önemli olana doğru sıralayarak değerlendirme yaparlar. Eğer birden fazla karar verici varsa her biri kendi bireysel değerlendirmesini yapar. Ardından tüm karar vericilerin sıralamaları üzerinden geometrik ortalama alınarak ortak bir genel sıralama oluşturulur.

Adım 3: Her bir kriter, diğer kriterlerle karşılaştırılarak göreceli önem düzeyleri belirlenir. Karar vericilerin ikinci adımda büyükten küçüğe sıraladığı kriterler, bir sonraki kriterle karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda, her bir kriterin göreceli önemini ifade eden s_j değeri hesaplanır.

Adım 4: s_j değerlerinin yardımıyla k_j katsayıları eşitlik (1) yardımıyla belirlenir.

$$k_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ s_j + 1, & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

Adım 5: Belirlenen her kriter için ağırlıkları temsil eden q_j katsayısı eşitlik (2) yardımıyla hesaplanır.

$$q_j = \begin{cases} 1, & j = 1 \\ \frac{q_j - 1}{k_j}, & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Adım 6: Tüm kriterler için ayrı ayrı nihai kriter ağırlıkları hesaplanır. Eşitlik (3)'den yararlanılarak nihai ağırlıklar hesaplanır.

$$k_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

3.2. BEST-WORST METODU (BWM)

2015 yılında Rezaei tarafından geliştirilen bu yöntem, vektör tabanlı bir karar verme yaklaşımıdır (Aşan ve Ayçin, 2020). Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, kriterler arasında karşılaştırma yapılmasına olanak tanıyan bir yapıya sahiptir. Uygulamalara bakıldığında genellikle kriter ağırlıklarının belirlenmesinde tercih edildiği görülmektedir. Yöntem, karar vericilerin en önemli ve en az önemli kriterlerin diğer kriterler üzerindeki etkilerini incelemesine olanak tanıyan altı adımdan oluşan bir süreci kapsamaktadır.

Adım 1: Yöntemin ilk aşamasında yöntem için ve sonuçların en iyi şekilde çıkabilmesi için probleme en uygun ve problemi en iyi şekilde ifade edebilen kriterlerin belirlenmesi gereklidir. ($C_1, C_2, C_3 \dots C_n$)

Adım 2: Yöntemin ilk aşamasında belirlenen kriterlerin belirlenen karar vericiler tarafından ayrı ayrı olacak şekilde en önemli kriterlerin ve en önemsiz kriterlerin belirlenmesi adımdır.

Adım 3: Karar vericiler tarafından ayrı ayrı olarak belirlenen en önemli kriterlerin diğer kriterlere göre tercih düzeyinin belirlenmesi adımdır. Tercih düzeylerinin belirlenmesinde 1-9 puan skalasından yararlanılır. Değerlendirmelerden sonra en önemli kriterlerin diğer kritere olan tercih düzeyleri için A_B vektörü eşitlik (4)'te olduğu gibi ifade edilir.

$$A_B = (\alpha_{b1}, \alpha_{b2}, \alpha_{b3}, \dots, \alpha_{bn}) \quad (4)$$

Adım 4: Diğer kriterler karar vericiler tarafından ayrı ayrı olarak belirlenen en az önemli kriterlere göre tercih düzeyinin belirlenmesi adımdır. Tercih düzeylerinin belirlenmesinde 1-9 puan skalasından yararlanılır. Değerlendirmelerden diğer kriterlerin en az önemli kriterlere göre düzeylerini gösteren A_w vektörü eşitlik (5)'te olduğu gibi ifade edilir.

$$A_W = (\alpha_{1w}, \alpha_{2w}, \alpha_{3w}, \dots, \alpha_{nw}) \quad (5)$$

Adım 5: Kriter ağırlıklarının hesaplandığı adımdır. Kriter ağırlıklarının ($w_{c1}, w_{c2}, w_c \dots, w_{cn}$) bulunmasında minimaks bir doğrusal programlama çözümünden yararlanılmaktadır. Kriter ağırlıklarında optimal değerlerin belirlenmesinde tüm j 'lerin maksimum mutlak farklarının en aza indirilmesi gerektiğinden modeli ilk olarak eşitlik 6,7 ve 8 de verilen minimaks şeklinde oluşturulmalıdır. Daha sonra eşitlik (9-12) yardımıyla minimaks modeli doğrusal programlama modeline dönüştürülür (Ulu, Türkan ve Mengüç, 2022).

$$\min \max_j \{ |w_B - \alpha_{Bj} w_j|, |w_j - \alpha_{jw} W_w| \} \quad (6)$$

$$\sum_j w_j = 1 \quad (7)$$

$$\text{Tüm } j\text{'ler için } w_j \geq 0 \quad (8)$$

$$\min \xi \quad (9)$$

$$\left| \frac{w_B}{w_j} - \alpha_{Bj} \right| \leq \xi, \forall_j \quad (10)$$

$$\left| \frac{w_j}{W_w} - \alpha_{jw} \right| \leq \xi, \forall_j \quad (10)$$

$$\sum_j w_j \quad (11)$$

$$w_j \geq 0, \forall_j \quad (12)$$

Eşitlik (9-12) doğrusal programlama modeli kurulduktan sonra çözüm yapılır. Çözüm sonucunda kriter ağırlıkları ($w_{c1}, w_{c2}, w_c \dots, w_{cn}$) ve ξ değerleri hesaplanır.

Adım 6: Yöntemin son aşamasında Tablo 1' de verilen tutarlılık endeks değerlerinden yararlanılarak yapılan değerlendirmelerin tutarlı olup olmadığına bakılır. Tutarlılık oranı eşitlik (13) yardımıyla hesaplanır.

$$TO = \xi / \text{Tutarlılık Endeks Değeri} \quad (13)$$

Tutarlılık oranı 1'e yaklaştıkça değerlendirmenin tutarsız olduğu, sıfıra yaklaştıkça ise değerlendirmenin tutarlı olduğu yorumu yapılmaktadır.

Tablo 1: Tutarlılık endeks değerleri.

<i>aBW</i>	Tutarlılık Endeks Değerleri
1	0,00
2	0,44
3	1,00
4	1,63
5	2,30
6	3,00
7	3,73
8	4,47
9	5,23

4. UYGULAMA

Bu çalışmada, öğrencilerin Endüstri Mühendisliği Bölümü için üniversite seçimlerini etkileyen kriterler, çok kriterli karar verme yöntemleri ile sıralanmıştır. Çalışmada, üniversite seçiminde etkili olan kriterler uzman görüşleri ve literatür taraması sonucunda belirlenmiş; SWARA ve Best-Worst yöntemleri kullanılarak bu kriterlerin ağırlıkları tespit edilmiştir.

Best-Worst yönteminin tercih edilmesinin temel nedeni, işlem adımlarının basit ve anlaşılır olması ile kriter ağırlıklarını öznel ancak güçlü bir şekilde belirleyebilmesidir. SWARA yöntemi de benzer şekilde etkili bir ağırlıklandırma yöntemidir. Bu yöntemin çalışmada kullanılmasının başlıca nedeni ise, ağırlıkların belirlenmesi sürecinde insan etkisini en aza indirmesidir.

İki yöntemin beraber kullanılması ise faydalı olacaktır. Çünkü Swara yöntemi ile kriterlerin ilk sıralamasını ve genel ilişkileri netleştirilir. BWM ile de bu sıralamayı matematiksel olarak daha sağlamlaştırılarak ve tutarlılık kontrolü yapılmış olur.

4.1. SWARA Yöntemiyle Analiz

Endüstri Mühendisliği öğrencilerinin üniversite seçimlerini etkileyen kriterlerin ağırlıklarını belirleyip sıralamak amacıyla öncelikle SWARA yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, öğrencileri etkileyen kriterler belirlenirken öncelikle literatür taraması yapılmış; ardından çeşitli üniversitelerde öğrenim gören endüstri mühendisliği öğrencileri ve akademisyenlerle görüşülerek toplam dokuz kriter belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2: Endüstri Mühendisliği'nde üniversite seçimini etkileyen kriterler.

Kriterler	Kriter Kısaltmaları
<i>Sektörel ve Endüstri Bilgisi</i>	K1
<i>Programın İçeriği ve Akademik Kalite</i>	K2
<i>Araştırma ve Projeler</i>	K3
<i>Eğitim Metodolojisi</i>	K4
<i>Burs ve Finansal Destek</i>	K5

<i>Kariyer Hizmetleri</i>	K6
<i>Kampüs Yaşamı</i>	K7
<i>Alumni Başarıları</i>	K8
<i>Programın Uluslararası İlişkileri ve Değişim Programı</i>	K9

İlk olarak, farklı üniversitelerde öğrenim görmekte olan 50 adet endüstri mühendisliği öğrencisine anket yoluyla ulaşılmıştır. Öğrencilerden, belirlenen kriterleri önem sırasına göre sıralamaları ve kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yaparak göreceli önem düzeylerini belirlemeleri istenmiştir. Bazı öğrenciler tarafından yapılan sıralamalar ve önem dereceleri Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3: Karar vericilerin kriterleri, sıralaması ve önem dereceleri.

KV1 için		
Kriterler	Önem Sırası	s_j
K1	3	0,1000
K2	1	-
K3	2	0,0500
K4	4	0,2000
K5	9	0,1500
K6	5	0,0100
K7	8	0,0500
K8	6	0,3000
K9	7	0,0800
KV2 için		
Kriterler	Önem Sırası	s_j
K1	1	-
K2	2	0,0500
K3	3	0,0100
K4	4	0,1000
K5	5	0,0500
K6	6	0,0500
K7	7	0,1500
K8	8	0,0100
K9	9	0,0500
KV.... için		
KV50 için		
Kriterler	Önem Sırası	s_j
K1	1	-
K2	2	0,3000
K3	5	0,1000
K4	6	0,1000
K5	7	0,2300
K6	3	0,1000
K7	4	0,2000
K8	8	0,6000
K9	9	0,5000

Tablo 3'te oluşturulan değerler doğrultusunda öğrenci-1 (KV1) için k_j katsayı değeri, q_j değişkeni ve w_j göreceli ağırlıkları Tablo 4'te görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Tablo 4: Karar vericilerin kriterleri, sıralaması ve önem dereceleri.

Öğrenci-1 (KV1)					
Kriterler	Önem Sırası	s_j	k_j	Q_j	W_j
K1	3	0,1000	1,1000	0,8660	0,1390
K2	1	-	1,0000	1,0000	0,1610
K3	2	0,0500	1,0500	0,9520	0,1530
K4	4	0,2000	1,2000	0,7220	0,1160
K5	9	0,1500	1,1500	0,4210	0,0680
K6	5	0,0100	1,0100	0,7140	0,1150
K7	8	0,0500	1,0500	0,4850	0,0780
K8	6	0,3000	1,3000	0,5500	0,0880
K9	7	0,0800	1,0800	0,5500	0,0820

Tablo 5: Kriterlerin Öğrenciler Bazında Hesaplanan Ağırlıkları.

Karar Vericiler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	w_j	W_j
KV1	0,139	0,161	0,153	0,116	0,068	0,115	0,078	0,088	0,082
KV2	0,136	0,130	0,129	0,117	0,111	0,106	0,092	0,032	0,087
KV3	0,129	0,234	0,213	0,193	0,032	0,076	0,033	0,047	0,043
KV4	0,190	0,200	0,179	0,058	0,149	0,093	0,036	0,053	0,041
KV5	0,199	0,084	0,181	0,109	0,083	0,164	0,075	0,058	0,048
KV6	0,253	0,169	0,094	0,258	0,053	0,059	0,022	0,052	0,040
KV7	0,182	0,166	0,128	0,219	0,089	0,098	0,030	0,056	0,033
KV8	0,192	0,054	0,083	0,059	0,092	0,124	0,174	0,121	0,101
KV9	0,282	0,188	0,126	0,105	0,095	0,086	0,054	0,036	0,028
KV10	0,244	0,043	0,055	0,047	0,050	0,088	0,114	0,188	0,171
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KV45	0,032	0,099	0,119	0,109	0,143	0,172	0,224	0,041	0,062
KV46	0,024	0,064	0,040	0,084	0,144	0,180	0,225	0,131	0,109
KV47	0,201	0,092	0,071	0,059	0,168	0,112	0,111	0,140	0,047
KV48	0,038	0,057	0,090	0,229	0,176	0,147	0,029	0,122	0,111
KV49	0,031	0,060	0,097	0,131	0,144	0,172	0,040	0,119	0,207
KV50	0,217	0,167	0,139	0,116	0,105	0,096	0,078	0,049	0,032

Her bir endüstri mühendisliği öğrencisinin kriter ağırlıkları hesaplandıktan sonra, nihai karara varılabilmesi için elde edilen bu ağırlıkların birleştirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada, kriter bazında hesaplanan ağırlıkların geometrik ortalaması alınarak Tablo 6'da sunulan nihai sonuçlara ulaşılmıştır. Karar verici sayısının fazla olması nedeniyle, daha adil ve temsil edici bir ortak ağırlık seti oluşturmak amacıyla aritmetik ortalama yerine geometrik ortalama tercih edilmiştir.

Tablo 6: Nihai kriter ağırlıkları.

Kriterler	Kriter Ağırlıkları
K1	0,122
K2	0,116
K3	0,102
K4	0,113
K5	0,094
K6	0,101
K7	0,080
K8	0,068
K9	0,062

Tablo 6’da görüldüğü üzere SWARA yöntemine göre endüstri mühendisliği açısından üniversite seçimini etkileyen en önemli kriterin “*Sektörel ve Endüstri Bilgisi*” olduğu en az derecede önem seviyesine sahip kriterin ise “*Programın Uluslararası İlişkileri ve Değişim Programı*” olduğu görülmüştür.

4.2. BEST-WORST METODU (BWM) Yöntemiyle Analiz

Endüstri Mühendisliği öğrencilerinin üniversite seçimini etkileyen kriterlerin ağırlıklarını belirleyip sıralamak amacıyla, SWARA yönteminden sonra Best-Worst Method (BWM) kullanılmıştır. Çalışmada, öğrencileri etkileyen kriterler belirlenirken öncelikle literatür taraması yapılmış; ardından çeşitli üniversitelerde öğrenim gören endüstri mühendisliği öğrencileri ve akademisyenlerle görüşülerek toplam dokuz kriter belirlenmiş ve bu kriterler Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo 7: Endüstri Mühendisliği’nde üniversite seçimini etkileyen kriterler.

Kriterler	Kriter Kısaltmaları
<i>Sektörel ve Endüstri Bilgisi</i>	K1
<i>Programın İçeriği ve Akademik Kalite</i>	K2
<i>Araştırma ve Projeler</i>	K3
<i>Eğitim Metodolojisi</i>	K4
<i>Burs ve Finansal Destek</i>	K5
<i>Kariyer Hizmetleri</i>	K6
<i>Kampüs Yaşamı</i>	K7
<i>Alumni Başarıları</i>	K8
<i>Programın Uluslararası İlişkileri ve Değişim Programı</i>	K9

Kriterlerin belirlenmesinin ardından, Best-Worst Method (BWM) yönteminin uygulanabilmesi için ilk olarak 50 karar verici için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılmıştır. Karar vericiler, önce en önemli ve en az önemli kriterleri belirlemişlerdir. Kriterler belirlendikten sonra, en önemli kriterlerin diğer kriterlere göre tercih düzeyleri, diğer kriterlerin ise en az önemli kriterlere göre tercih düzeyleri 1-9 skalasına uygun olarak değerlendirilmiştir. Ayrı ayrı yapılan bu değerlendirme, Tablo 7’de sunulmaktadır.

Tablo 8: Karar verici grubun değerlendirilmesi.

KV1'in Değerlendirmeleri									
KV1 İçin En Önemli Kriter: K2					KV1 En Önemsiz Kriter: K9				
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K2 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	3	1	2	4	7	5	3	6	8
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K9 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	5	8	6	4	2	3	4	3	1
KV2'in Değerlendirmeleri									
KV2 İçin En Önemli Kriter: K1					KV2 En Önemsiz Kriter: K8				
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K1 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	1	3	2	3	6	2	4	8	5
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K8 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	8	3	6	3	2	5	3	1	3
KV3'in Değerlendirmeleri									
KV3 İçin En Önemli Kriter: K3					KV3 En Önemsiz Kriter: K7				
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K3 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	2	3	1	4	6	5	8	2	4
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K7 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	7	6	8	6	3	3	1	7	4
KV4'in Değerlendirmeleri									
KV4 İçin En Önemli Kriter: K5					KV4 En Önemsiz Kriter: K7				
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K5 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	2	5	6	4	1	5	7	3	2
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K7 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	6	2	2	3	7	3	1	5	5
KV5'in Değerlendirmeleri									

KV5 İçin En Önemli Kriter: K1					KV5 En Önemsiz Kriter: K8				
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K1 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	1	3	8	7	2	3	5	9	3
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K8 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	9	6	2	3	6	4	3	1	4
:									
:									
:									
:									
:									
:									
:									
KV45'in Değerlendirmeleri									

KV45 İçin En Önemli Kriter: K1					KV45 En Önemsiz Kriter: K9				
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K1 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	1	4	2	2	3	2	4	3	7
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K9 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	7	3	5	4	3	4	3	3	1
KV46'nın Değerlendirmeleri									

KV46 İçin En Önemli Kriter: K3					KV46 En Önemsiz Kriter: K5				
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K3 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	4	2	1	4	6	2	3	3	3
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K5 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	3	5	6	3	1	4	4	3	3
KV47'nin Değerlendirmeleri									

KV47 İçin En Önemli Kriter: K1					KV47 En Önemsiz Kriter: K9				
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K1 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	1	4	2	2	3	2	4	3	7

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K9 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	7	3	5	3	3	4	3	3	1
KV48'in Değerlendirmeleri									
KV48:İçin En Önemli Kriter: K1	KV48 En Önemsiz Kriter: K9								
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K1 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	1	4	2	2	3	2	4	3	6
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K9 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	6	3	4	4	3	4	2	3	1
KV49'in Değerlendirmeleri									
KV49:İçin En Önemli Kriter: K1	KV49 En Önemsiz Kriter: K9								
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K1 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	1	4	2	2	2	2	4	3	7
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K9 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	4	3	4	4	4	3	2	3	1
KV50'in Değerlendirmeleri									
KV50:İçin En Önemli Kriter: K1	KV50 En Önemsiz Kriter: K9								
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K1 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	1	4	2	4	4	2	4	3	2
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
K9 İçin Diğer Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Oranları	4	4	2	3	5	6	3	2	1

Karar vericilerin değerlendirmelerinden elde edilen veriler, Eşitlik (9–12) kullanılarak doğrusal programlama modellerine dönüştürülmüştür. Kurulan modeller, MS Excel yardımıyla çözülmüş ve tüm karar vericilerin kriter ağırlıkları Tablo 9'da gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Karar aşamasında ise, tüm karar vericilerin ağırlıklarının ortalaması alınarak değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca, Eşitlik (13)'ten yararlanılarak tüm değerlendirmelerin tutarlılık oranları test edilmiş ve sonuçlar tabloda sunulmuştur.

Tablo 9: Tüm karar verici grubun tutarlılık oranları ve hesaplanan kriter ağırlıkları.

Karar Vericiler	Wk1	Wk2	Wk3	Wk4	Wk5	Wk6	Wk7	Wk8	Wk9	ξ	TO
KV1	0,115	0,301	0,173	0,087	0,049	0,069	0,115	0,058	0,032	0,045	0,010
KV2	0,274	0,102	0,152	0,102	0,051	0,152	0,076	0,030	0,061	0,030	0,007
KV3	0,163	0,108	0,260	0,081	0,054	0,065	0,024	0,163	0,081	0,065	0,015
KV4	0,160	0,064	0,053	0,080	0,278	0,064	0,034	0,107	0,160	0,042	0,011
KV5	0,295	0,115	0,043	0,049	0,172	0,115	0,069	0,027	0,115	0,049	0,009
KV6	0,159	0,079	0,286	0,053	0,063	0,159	0,032	0,106	0,063	0,032	0,007
KV7	0,064	0,054	0,081	0,161	0,035	0,283	0,161	0,054	0,107	0,040	0,011
KV8	0,154	0,062	0,077	0,284	0,130	0,077	0,036	0,077	0,103	0,024	0,005
KV9	0,266	0,089	0,056	0,141	0,141	0,089	0,036	0,056	0,125	0,032	0,008
KV10	0,149	0,099	0,074	0,059	0,149	0,260	0,099	0,037	0,074	0,037	0,012
KV11	0,055	0,092	0,092	0,138	0,242	0,138	0,138	0,035	0,069	0,035	0,012
KV12	0,267	0,146	0,049	0,058	0,034	0,097	0,146	0,073	0,129	0,026	0,007
KV13	0,149	0,075	0,273	0,050	0,149	0,075	0,031	0,099	0,099	0,025	0,006
KV14	0,273	0,080	0,080	0,159	0,106	0,106	0,025	0,064	0,106	0,046	0,009
KV15	0,159	0,106	0,106	0,080	0,031	0,080	0,106	0,064	0,268	0,050	0,013
KV16	0,234	0,070	0,056	0,094	0,094	0,140	0,140	0,031	0,140	0,047	0,016
KV17	0,133	0,133	0,228	0,066	0,028	0,133	0,095	0,095	0,089	0,038	0,010
KV18	0,280	0,116	0,116	0,069	0,058	0,069	0,174	0,030	0,087	0,067	0,018
KV19	0,264	0,061	0,152	0,025	0,043	0,152	0,051	0,152	0,101	0,039	0,008
KV20	0,256	0,090	0,067	0,135	0,135	0,135	0,081	0,067	0,034	0,013	0,003
KV21	0,242	0,092	0,092	0,069	0,138	0,138	0,138	0,035	0,055	0,035	0,012
KV22	0,163	0,081	0,065	0,109	0,054	0,030	0,281	0,054	0,163	0,044	0,010
KV23	0,102	0,267	0,077	0,154	0,102	0,061	0,032	0,051	0,154	0,040	0,011
KV24	0,268	0,077	0,029	0,103	0,062	0,154	0,077	0,154	0,077	0,040	0,009
KV25	0,069	0,235	0,092	0,137	0,137	0,069	0,092	0,033	0,137	0,039	0,013
KV26	0,265	0,096	0,096	0,096	0,048	0,145	0,145	0,028	0,080	0,024	0,005
KV27	0,079	0,079	0,265	0,106	0,026	0,063	0,063	0,159	0,159	0,053	0,012
KV28	0,141	0,141	0,094	0,094	0,033	0,056	0,091	0,091	0,257	0,025	0,007
KV29	0,239	0,137	0,091	0,068	0,137	0,055	0,137	0,034	0,103	0,034	0,008
KV30	0,246	0,072	0,143	0,143	0,096	0,102	0,072	0,096	0,031	0,041	0,008
KV31	0,072	0,264	0,096	0,058	0,144	0,144	0,072	0,120	0,032	0,024	0,005
KV32	0,328	0,119	0,119	0,104	0,037	0,072	0,072	0,089	0,060	0,030	0,007
KV33	0,160	0,107	0,107	0,093	0,293	0,064	0,064	0,080	0,033	0,027	0,006
KV34	0,084	0,112	0,112	0,112	0,084	0,262	0,084	0,037	0,112	0,075	0,033
KV35	0,095	0,143	0,030	0,057	0,071	0,143	0,248	0,071	0,143	0,038	0,010
KV36	0,262	0,142	0,057	0,071	0,095	0,095	0,095	0,142	0,040	0,023	0,008
KV37	0,254	0,109	0,082	0,082	0,026	0,164	0,109	0,109	0,065	0,073	0,019
KV38	0,102	0,153	0,061	0,061	0,028	0,076	0,154	0,264	0,100	0,042	0,009
KV39	0,236	0,067	0,135	0,135	0,090	0,135	0,067	0,034	0,101	0,034	0,011
KV40	0,258	0,070	0,140	0,140	0,086	0,118	0,070	0,086	0,032	0,022	0,005
KV41	0,130	0,065	0,223	0,130	0,086	0,130	0,021	0,086	0,130	0,036	0,007
KV42	0,276	0,068	0,114	0,114	0,085	0,114	0,030	0,085	0,114	0,066	0,018
KV43	0,096	0,144	0,058	0,032	0,072	0,144	0,240	0,072	0,144	0,048	0,016
KV44	0,231	0,067	0,133	0,133	0,089	0,133	0,067	0,028	0,119	0,035	0,009
KV45	0,245	0,068	0,136	0,136	0,090	0,136	0,068	0,090	0,031	0,026	0,007

KV46	0,072	0,144	0,247	0,072	0,034	0,144	0,096	0,096	0,096	0,041	0,014
KV47	0,254	0,071	0,143	0,143	0,095	0,095	0,071	0,095	0,032	0,032	0,009
KV48	0,239	0,068	0,136	0,136	0,091	0,136	0,068	0,091	0,034	0,034	0,011
KV49	0,102	0,267	0,077	0,154	0,102	0,061	0,032	0,051	0,154	0,040	0,011
KV50	0,268	0,077	0,029	0,103	0,062	0,154	0,077	0,154	0,077	0,040	0,009
Son Ağırlıklar	0,189	0,113	0,115	0,102	0,093	0,117	0,092	0,081	0,098		

Karar vericilerin nihai ağırlıklarına göre yapılan değerlendirme sonucunda, en önemli kriterin “Sektörel ve Endüstri Bilgisi” (K1) olduğu tespit edilmiştir. Bu kriteri sırasıyla “Kariyer Hizmetleri” (K6) ve “Araştırma ve Projeler” (K3) kriterleri takip etmektedir. En az öneme sahip kriterin ise “Alumni Başarısı” (K8) olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara ek olarak tüm kriterlerin tutarlılık oranları da hesaplanmıştır. Tabloda yer alan TO değerlerine bakıldığında bu oranların sıfıra oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bu durum, karar vericiler tarafından yapılan değerlendirmelerin tutarlı olduğunu göstermektedir.

5. UYGULAMA SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Yapılan uygulamada endüstri mühendisliği Öğrencilerinin Üniversite Seçimini Etkileyen Kriterlerin ağırlıkları SWARA ve Best-Worst yöntemleri ile hesaplanmıştır. Bu bağlamda elde edilen ağırlıklar ve yöntemlere göre sıralamalar Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10: Sonuç karşılaştırma tablosu.

Kriterler	SWARA Yöntemi Kriter Ağırlığı	SWARA Yöntemine Göre Sıralama	BEST-WORST Yöntemi Kriter Ağırlığı	BEST- WORST Yöntemine Göre Sıralama
K1	0,122	1	0,189	1
K2	0,116	2	0,113	4
K3	0,102	4	0,115	3
K4	0,113	3	0,102	5
K5	0,094	6	0,093	7
K6	0,101	5	0,117	2
K7	0,080	7	0,092	8
K8	0,068	8	0,081	9
K9	0,062	9	0,098	6

6. SONUÇ

Bu çalışmada, endüstri mühendisliği öğrencilerinin üniversite tercihlerini etkileyen kriterlerin belirlenmesi, sıralanması ve birbirleriyle olan ilişkilerinin tespiti amacıyla SWARA ve Best- Worst Method (BWM) yöntemleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda, farklı üniversitelerde öğrenim gören 50 adet endüstri mühendisliği öğrencisinin görüşleri, SWARA ve BWM yöntemlerine göre değerlendirilmiştir.

SWARA yönteminde kriter ağırlıkları öncelik derecelerine göre sıralandığında, %12 ağırlık ile “Sektörel ve Endüstri Bilgisi” en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Bu kriteri sırasıyla “Programın İçeriği ve Akademik Kalite” (%11,66), “Eğitim Metodolojisi” (%11,30), “Araştırma ve Projeler” (%10,20), “Kariyer Hizmetleri” (%10,10), “Kampüs Yaşamı” (%8,00) ve “Alumni Başarısı” (%6,80) takip etmektedir. En düşük öneme sahip kriterin ise “Programın Uluslararası İlişkileri ve Değişim Programı” (%6,20) olduğu görülmüştür.

BWM yöntemi sonuçlarına göre ise en önemli kriter, %12,20 ile yine “Sektörel ve Endüstri Bilgisi” olarak öne çıkmaktadır. Bu kriteri sırasıyla “Kariyer Hizmetleri” (%11,70), “Araştırma ve Projeler” (%11,50), “Programın İçeriği ve Akademik Kalite” (%11,30), “Eğitim Metodolojisi” (%10,20), “Programın Uluslararası İlişkileri ve Değişim Programı” (%9,80), “Burs ve Finansal Destek” (%9,30) ve “Kampüs Yaşamı” (%9,20) takip etmektedir. En düşük etki derecesine sahip kriterin ise %8,10 ile “Alumni Başarısı” olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada, her iki yöntemde yapılan sıralamalar sonrasında Sektörel ve Endüstri Bilgisi (K1) kriterinin en yüksek ağırlığa sahip olduğu ve buna bağlı olarak en etkili kriter olduğu görülmektedir. Bu sonuca bakıldığında endüstri mühendisliği öğrencilerinin üniversite seçiminde doğrudan sektörle bağlantılı bilgi ve deneyimlere büyük önem verdiğini göstermektedir. Sosyolojik açıdan değerlendirildiğinde öğrencilerin mezuniyet sonrası istihdam olanaklarını ön planda tutarak pragmatik tercihler yaptıkları söylenebilir. Sektörel açıdan ise, iş dünyasının uygulamaya yönelik bilgi ve tecrübeye giderek daha fazla değer vermesi bu tercihi desteklemektedir.

"Programın İçeriği ve Akademik Kalite" (K2) kriterinin yüksek sırada yer alması, eğitimin içeriğinin ve kalitesinin öğrencilerin gözünde hâlâ belirleyici bir unsur olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, bireylerin kariyer hedeflerine ulaşmada nitelikli eğitimin kritik rol oynadığını düşündüğünü göstermektedir.

Buna karşılık, "Alumni Başarıları" (K8) ve "Uluslararası İlişkiler ve Değişim Programı" (K9) kriterlerinin düşük ağırlıklar alması dikkat çekicidir. Bu durum, öğrencilerin kısa vadeli kazançları (iş bulma şansı, finansal destek vb.), uzun vadeli prestij ya da uluslararası deneyim gibi daha soyut getirilerin önüne koyduğunu düşündürmektedir. Sosyolojik bağlamda bu bulgu, ekonomik kaygıların ve işsizlik oranlarının genç bireyler üzerinde güçlü bir baskı yarattığını göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Akman, G. ve Alkan, A. (2006). Tedarik zinciri yönetiminde bulanık AHP yöntemi kullanılarak tedarikçilerin performansının ölçülmesi: Otomotiv yan sanayiinde bir uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(9), 23-46.
- Alkan, T. ve Durduran, S. (2024). Tarım arazilerinin değerini etkileyen faktörlerin BMW ve FUCOM yöntemlerinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(3), 654-667.
- Al, B., Shemmeri, T. A. ve Pearman, A. (1997). The role of weights in multi-criteria decision aid, and the ranking of water projects in Jordan. *European Journal of Operational Research*, 99(2), 278-288.
- Aşan, H. ve Ayçin, E. (2020). Kurumsal kaynak planlama sistemlerinin seçimindeki kriterlerin Best-Worst metodu ile değerlendirilmesi. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 5(2), 114-124.
- Atıcı, K. B. ve Ulucan, A. (2009). Enerji projelerinin değerlendirilmesi sürecinde çok kriterli karar verme yaklaşımları ve Türkiye uygulamaları. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 27(1), 161-186.
- Badem, E. ve Öztel, A. (2018). Restoran seçiminde tüketiciyi etkileyen faktörlerin DEMATEL yöntemiyle değerlendirilmesi: Bir uygulama. *Yönetim Ekonomi Edebiyat İslami ve Politik Bilimler Dergisi*, 3(1), 70-89.
- Balta, M. Ö. ve Yenil, H. Ü. (2019). Multi criteria decision making methods for urban greenway: The case of Aksaray, Turkey. *Land Use Policy*, 89.
- Battal, Ü. (2018). Türkiye'de: havayolu taşımacılığının finansman sorunları: Dematel yöntemi uygulaması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 96-111.
- Boyacı, N. (2000). The stretching method and its support tool for weight assignment in multiple criteria decision making. [Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi], Orta Doğu Üniversitesi.
- Cengiz, D. (2012). Çok kriterli karar verme yöntemleri üzerine karşılaştırmalı analiz. [Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi], Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Cezlan, E. (2024). Sağlık sektöründe iş etiği dinamiklerinin değerlendirilmesi: Bir DEMATEL uygulaması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26(1), 260-275.
- Chakraborty, S., Raut, R., Rofin, T. ve Chakraborty, S. (2023). A comprehensive and systematic review of multi-criteria decision-making methods and applications in healthcare. *Healthcare Analytics*, 4.
- Chou, T. Y., Hsu, C. L. ve Chen, M. C. (2008). A fuzzy multi-criteria decision model for international tourist hotels location selection. *International Journal of Hospitality Management*, 27(2), 293-301.
- Cristóbal, J. (2011). Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The vikor method. *Renewable Energy*, 36(2), 498-502.
- Çetin, M. ve Erdem, D. (2019). İletken iplik alımında etkili kriterler arasındaki ilişkilerin DEMATEL yöntemi ile belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(17), 152-160.
- Dikici, Y. (2018). Katılım bankaları ile mevduat bankalarının çok kriterli karar verme yöntemi ile karşılaştırılması. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 4(2).

- Dişkaya, F. ve Emir, Ş. (2023). Küresel kriz ortamında lojistik performansını etkileyen faktörlerin DEMATEL ve BWM ile değerlendirilmesi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 6(2), 300-325.
- Dulmin, R. ve Mininno, V. (2003). Supplier selection using a multi-criteria decision aid method. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 9(4), 177-187.
- Eğilmez, Ö. ve Savaş, B. (2021). İş etiği dinamiklerinin dematel yöntemi ile incelenmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 1580-1600.
- Ersöz, F. Ve Kabak, M. (2010). Savunma sanayi uygulamalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinin literatür araştırması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1), 97-125.
- Göksu, A. ve Güngör, İ. (2008). Bulanık analitik hiyerarşik proses ve üniversite tercih sıralanmasında uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(3), 1-26.
- Göktaş, L. ve Erdem, A. (2024). Konaklama vergisi harcama alanlarının SWARA Yöntemi ile belirlenmesi. *GSI Journals Serie A: Advancements in Tourism Recreation and Sports Sciences*, 7(2), 440-455.
- Gürbüz, F. ve Çavdarıcı, S. (2018). Geri dönüşüm sektörüne ilişkin sorun alanlarının Dematel ve Gri Dematel yöntemiyle değerlendirilmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 285-301.
- Işıklar, G. ve Büyüközkan, G. (2007). Using a multi-criteria decision making approach to evaluate mobile phone Alternatives. *Computer Standards & Interfaces*, 29(2), 265- 274.
- Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A. ve Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 47, 355-367.
- Karaatlı, M., Ömürbek, N., Işık, E. ve Yılmaz, E. (2016). Performans değerlemesinde DEMATEL ve bulanık TOPSIS uygulaması. *Ege Akademik Bakış*, 16(1), 49-64.
- Kuruüzüm, A. ve Atsan, N. (2001). Analitik hiyerarşi yöntemi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları. *Akdeniz İİBF Dergisi*, 1(1), 83-105.
- Murat, S., Kazan, H. ve Coşkun, S. (2015). An application for measuring performance quality of schools by using the PROMETHEE multi-criteria decision making method. *Procedia- Social and Behavioral Sciences*, 195, 729-738.
- Mutlu, M. ve Sarı, M. (2017). Çok kriterli karar verme yöntemleri ve madencilik sektöründe kullanımı. *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 56(4), 181-196.
- Ökkeş, Y. (2022). Analitik hiyerarşi prosesi ile üniversite seçimini etkileyen kriterlerin belirlenmesi: SDÜ Örneği. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(1), 36-51.
- Ömürbek, N., Üstündağ, S. ve Helvacıoğlu, Ö. C. (2012). Kuruluş yeri seçiminde analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanımı: Isparta bölgesinde bir uygulama. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 11(21), 101-116.
- Önder, G., Aybaş, M. ve Önder, E. (2014). Hemşirelerin stres seviyesine etki eden faktörlerin öncelik sırasının çok kriterli karar verme tekniği ile belirlenmesi. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 1(1), 21-35.

- Özbek, A. (2014). Yöneticilerin çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 12(24), 209-225.
- Özdamar, D. Y. (2004). Analitik hiyerarşi süreci yönetimi: Bir satın alma ihalesinde uygulanması. [Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi], Ankara Üniversitesi.
- Pandey, M. M. (2016). Evaluating the service quality of airports in Thailand using fuzzy multi-criteria decision making method. *Journal of Air Transport Management*, 57, 241-249.
- Tekeş, M. (2002). Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nde kullanılan tabancaların bulanık uygunluk indeksli analitik hiyerarşi prosesi ile karşılaştırılması. [Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi], İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Terzi, Ü., Hacaloğlu, S. E. ve Aladağ, Z. (2006). Otomobil satın alma problemi için bir karar destek modeli. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(10), 43-49.
- Tosunoğlu, N. ve Apaydın, A. (2020). Üniversite sıralama göstergelerinin bulanık analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ile sıralanması. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, 10(3), 451-460.
- Turner, W., Mize, J., Case, K. ve Nazemt, J. (1993). Introduction to industrial and systems engineering (3. b.). Pearson Education.
- Tzeng, G. H., Lin, C. W. ve Opricovic, S. (2005). Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation. *Energy Policy*, 33(11), 1373-1383.
- Ulu, M., Türkan, Y. ve Mengüç, K. (2022). Trafik kazalarını etkileyen faktörlerin ağırlıklarının BWM ve SWARA yöntemleri ile belirlenmesi. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 5(2), 228-238.
- Yıldırım, B. ve Önder, E. (2018). Çok kriterli karar verme yöntemleri (3. b.). Bursa: Dora Yayıncılık.

EK A. Gönüllü Bilgilendirilmiş Onam Formu

Çalışmanın Başlığı: Endüstri Mühendisliği Bölümü Öğrencilerinin Üniversite Seçimini Etkileyen Kriterlerin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Sıralanması

Araştırmacılar:

Sabahattin Mert Berkmen, Beykent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü. orcid.org/0000-0001-7273-954X

Yunus Can Özalp, İstanbul Medipol Üniversitesi, Tıp Fakültesi. orcid.org/0000-0003-3243716

Çalışmanın Amacı:

Bu çalışmanın amacı Endüstri Mühendisliği Bölümü öğrencilerinin üniversite seçiminde etkili olan kriterlerin belirlenmesi, belirlenen kriterlerin çok kriterli karar verme yöntemleri ile sıralanarak yöntem karşılaştırması yapılmasıdır.

Katılımın Gönüllülük Esası:

Araştırmaya sizin dışınızda tahminen 50 kişi katılacaktır. Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmanın amacına ulaşması için sizden beklenen, bütün soruları eksiksiz, kimsenin baskısı veya telkini altında olmadan, size en uygun gelen cevapları içtenlikle verecek şekilde cevaplamanızdır. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmayı bırakma hakkına da sahipsiniz.

Uygulama ve Süreç:

Araştırmada sizden tahminen 02:20 dakika ayırmanız istenmektedir.

Gizlilik:

Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır; ancak verileriniz yayın amacı ile kullanılabilir. İletişim bilgileriniz ise sadece izninize bağlı olarak ve farklı araştırmacıların sizinle iletişime geçebilmesi için “ortak katılımcı havuzuna” aktarılabilir.

İletişim Bilgileri:

Herhangi bir soru veya endişe durumunda araştırmacılarla aşağıdaki iletişim bilgilerinden iletişime geçebilirsiniz:

mertberkmen@gmail.com

(552)-624-26-04

Onay

Aşağıda imzama, çalışmanın amacı, süreci ve haklarım hakkında bilgilendirildiğimi ve gönüllü olarak katılmayı kabul ettiğimi beyan ederim.



İSTANBUL DEPREMİNE HAZIRLIK KAPSAMINDA 2000 YILI ÖNCESİ YAPILMIŞ BETONARME YAPILARIN KRONİK PROBLEMLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

CHRONIC PROBLEMS AND SOLUTION SUGGESTIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BUILT BEFORE 2000 WITHIN THE SCOPE OF PREPARATION FOR THE ISTANBUL EARTHQUAKE

DOI: 10.20854/bujse.1632232

Hasan ÖZKAYNAK^{1*}

Öz

Ülkemiz, sık deprem etkilerinin yoğun olarak hissedildiği ve sismik aktivitenin yüksek olduğu bir coğrafyada yer almaktadır. Mevcut yapılarımızın azımsanmayacak bir bölümünün mühendislik hizmeti görmeden imal edilmiş olması nedeniyle geçmişte yaşadığımız depremler, büyük can ve mal kayıplarına sebep olmuştur. Şehirlerimizin deprem direncinin artırılması için etkili önlemler alınmadığı sürece ileriki yıllarda meydana gelebilecek muhtemel depremlerin de büyük zararlar vereceği ortadadır. Bu nedenle deprem güvenliği bilinmeyen yapılarımızın mevcut yapı stokundan ayıklanarak güncel durumlarının belirlenmesi ve deprem riskinin azaltılması için ivedilikle harekete geçilmesi gerekmektedir. Özellikle beklenen İstanbul depremi açısından 2000 yılı öncesi yapılmış yapıların deprem güvenliklerinin sorgulanması ve bu yapıların güçlendirilerek İstanbul'un deprem direncinin artırılması hususu, ülkemiz geleceği açısından da büyük önem taşımaktadır. Geçtiğimiz yıllarda yaşadığımız acı tecrübelerden; 17 Ağustos 1999 Düzce Depremi, 26 Eylül 2019 Silivri Depremi ve 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri yakın tarihin en belirgin örnekleridir. Bu yazıda, muhtemel İstanbul depremine hazırlık açısından önemli olan farklı güçlendirme teknikleri sunulmuştur. Söz konusu yöntemlerin insanların tahliyesine gerek kalmaması nedeniyle son derece rasyonel ve uygulanabilir nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Abstract

Turkey is located in a seismically active region where the effects of shallow earthquakes are intensely occurred. Since a significant portion of our existing structures was constructed without engineering services, the earthquakes that was experienced in the past have caused great loss. It is obvious that unless effective measures are taken to increase the earthquake resistance of our cities, possible earthquakes that may occur in the future will also cause great damage. For this reason, it is necessary to eliminate our structures with unknown earthquake safety from the existing building stock, determine their current status and take immediate action to reduce earthquake risk. Especially in terms of the expected Istanbul earthquake, questioning the earthquake safety of structures built before 2000 and strengthening these structures to increase Istanbul's earthquake resistance is also of great importance for the future of our country. Of the painful experiences we have had in the past years; the August 17, 1999 Düzce earthquake, the September 26, 2019 Silivri earthquake and the February 6, 2023 Kahramanmaraş earthquake are the most prominent examples of recent history. Here, different retrofitting techniques are presented which are crucial in terms of the preparation for possible Istanbul earthquake. These methods are considered to be extremely applicable since they do not require the evacuation of residents.

Anahtar Kelime: betonarme yapılar, deprem performansı, lifli polimer kumaşlar, çelik yastıklar, betonarme güçlendirme.

Keywords: reinforced concrete structures, earthquake performance, fiber polymer textile, steel cushions, retrofitting.

^{1*} Sorumlu Yazar: İstanbul Beykent Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, hasanozkaynak@beykent.edu.tr, orcid.org/0000-0003-2880-766

1. DEPREM ETKİLERİNDEKİ YAPILAR İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Dünyanın diğer bölgelerinde olduğu gibi, ülkemizde de büyük depremler, zamanın bilgi birikimine bağlı olarak deprem yönetmeliklerinin güncellenmesini de beraberinde getirmiştir. Erzincan 1939 Depremi (M=7,9) sonrası yürürlüğe giren 1940 Deprem Yönetmeliği, 1944 yılı Bolu Depremi (M=7,5) sonrası yayınlanan 1944 Deprem Yönetmeliği ve 1971 yılı Bingöl Depremi (M=6,8) sonrası geçerli olan 1975 yılı Deprem Yönetmeliği bunlardan bazılarıdır. Bu nedenle mevcut yapılarımızın deprem güvenliklerinin güncel yönetmelikler kapsamında sorgulanarak güvenli olmayanların belirlenmesi ve güçlendirilmesi, zamana bağlı olarak değişen dinamik sürecin bir parçasıdır.

Deprem yönetmeliklerinin gelişimine bakıldığında hazır beton teknolojisinin yaygın olarak kullanılması, 2000 yılında yürürlüğe giren “Yapı Denetimi Hakkında Kanun Hükmünde Kararname” ve 1997 tarihli “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” kapsamında süneklik kavramına nicelik anlamda belirgin olarak dikkat çekilmesi gibi sebeplerden dolayı söz konusu tarih neredeyse bir milat olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle güçlendirme çalışmaları kapsamında, 2000 yılı öncesinde yapılmış yapıların, yönetmeliklerce uyulması beklenen tasarım yaklaşımları açısından, uygulamadaki yapı denetim kalitesi ve kullanılan malzeme açısından 2000 yılı sonrası yapılardan farklı bir kategoride değerlendirilmesi gerekmektedir.

Süneklik kavramı, özetle yapıların hasar görebilirliğini ifade eden elastik ötesi davranış gösterebilme kabiliyeti olarak tanımlanabilir. Sayısal olarak ifade etmek gerekirse süneklik, yapı sistemlerinin nihai yerdeğiştirme kapasitesinin, ilk belirgin hasarı aldıkları yerdeğiştirme seviyesine oranıdır. Sünekliği etkileyen en önemli parametreler, betonarme kesitler içerisinde yer alan çelik donatı oranı, donatıların yüzeylerinin nervürlü olması, eğer düz donatı kullanılmışsa kanca ve gönye detayları, kolon kiriş birleşim bölgelerinde yatay donatı sıklaştırılma aralıkları, yatay donatılarda 135° kanca uygulaması ve beton ve çelik donatı kaliteleri gibi maddeler halinde sıralanabilir. Yapı sistemlerin büyük depremler ile baş edebilmesi için yapıların yeterli süneklikte tasarlanması ve tasarlandığı gibi uygulanması gerekmektedir. Zira taşıyıcı sistem seçimi ile tasarımcı mühendis, süneklik özelliklerini şantiye uygulamasına nasıl yansıtılması gerektiğini daha başlangıç aşamasında ortaya koymaktadır. Seçilen taşıyıcı sistemden beklenen deprem performansının sağlanabilmesi için yukarıda belirtilen özelliklerin; yani beton dayanımı, donatı detayları vb. gibi hususların yerinde imal edilecek yapıya kazandırılmış olması gerekmektedir.

26 Eylül 2019 tarihinde, Silivri Açıkları (İstanbul) Marmara Denizi’nde yerel saat ile 13:59’da aletsel büyüklüğü $M_w=5,7$ olan depremi kaydeden Silivri istasyonundan alınan maksimum yer ivmesi $81,62 \text{ cm/s}^2$ olarak belirlenmiştir. Bu değer, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği-2018 yönetmeliğimizde tanımlanan tasarım yer hareketine karşılık gelen deprem yer hareketi düzeyi DD-2’nin (dönüş periyodu 475 yıl ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem) oldukça altında kalmaktadır. Deprem odağından yaklaşık 60~70 km uzağında olmasına rağmen İstanbul şehir merkezinde yer alan yapılarda deprem sonrası gözlemlenen bazı hasar fotoğrafları Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Deprem sonrası betonarme yapılarda gözlenen yapısal hasarlar.

İstanbul’da bulunan az ve orta katlı binaların çoğunluğunun ortak özellikleri; yapıda kullanılan beton kalitelerinin oldukça düşük olması, yetersiz donatı yoğunluğuna/düzenine sahip olmaları, özensiz olarak imal edilmeleri ve donatılarda korozyon olarak sıralanabilir. Bu özellikler, mevcut yapıların deprem etkileri altında dayanım ve yanıl rijitlik anlamında önemli zafiyetlerinin olması için yeterli sebeplerdir. İstanbul’da yer alan mühendislik hizmeti görmemiş yapı stokunu temsil eden yapılar Şekil 2’de verilmiştir. Bu yapı grubunda yer alan binalar, özellikle yapısal elemanlarda yetersiz pas payı ve düşük kalite beton sebebiyle oluşan yoğun korozyon, deprem etkileri altında istenen taşıyıcı sistem özelliklerine sahip olmayan ve sünellik kavramından yoksun yapı tipolojisini en belirgin örneklerindendir.



Şekil 2: İstanbul’da yer alan kronik problemlili betonarme bina örnekleri.

Ülkemizde daha önce gerçekleştirilmiş saha gözlemleri, özellikle İstanbul’da 2000 yılı öncesinde yapımı tamamlanmış betonarme orta katlı konut tipi binaların önemli ölçüde dayanım ve rijitlik zafiyetleri bulunduğunu göstermektedir. Orta ve az katlı olarak bilinen ve sekiz kattan daha az yapı yüksekliği olan bu tür yapıların deprem görülebilirliklerinin kapsamlı analizler ile ayrıntılı olarak incelenmesi için neredeyse yüz yıl mertebesinde uzunca bir zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Geçtiğimiz dönemde yaşanan depremlerin dönüş periyotları dikkate alınırsa ülke böylesine uzun bir süre beklemek için zaman kalmadığı da ortadadır. Zira durum değerlendirilmesi ne kadar kısa sürede yapılırsa ileriki dönemlerde güçlendirme ve yenileme çalışmaları da o kadar kısa sürede başlayacaktır. Bu çerçevede hızlı değerlendirme yöntemleri, mevcut yapı stokunun deprem riski tespiti aşamasında önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmaları daha geniş ölçekte uygulayabilmek ve yapısal deprem irdellemelerini bölgesel boyuta dönüştürebilmek amacıyla yapıldığı yapım yılı parametresini göz önüne alarak yapılan değerlendirmeler sayesinde bu süreç çok daha kısalabilecektir. Bu nedenle dönüm noktası yılı olarak 2000 yılı göz önüne alındığında bu tarih öncesi ve sonrası yapım yılı olan yapılarda karar vermek daha hızlı ve kolay olacaktır. Yazarın yürütücülüğünde tamamlanan bilimsel araştırma projelerinden elde edilen en önemli sonuçlardan biri, hızlı değerlendirme yöntemleri kapsamında yapısal parametreler arasında bulunan yapım yılı parametresinin yapının genel performans puanı ile ilgili ilişkisinin yaklaşık %93 seviyelerinde olarak tespit edilmiş olmasıdır (Müderrişoğlu, 2025). Zira bu korelasyon büyüklüğü yukarıda özetlenen durum ile oldukça

uyumludur. Esas olarak deprem yönetmeliklerindeki önemli değişimler yapının deprem davranışının belirlenmesinde çok etkin bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çerçevede değerlendirildiğinde özellikle İstanbul'da mevcut bina türü yapıların gerek tasarımında gerek yapımında 2000 yılı öncesi ve sonrası önemli farklılıklar olması, uygulanması gereken güçlendirme yöntemlerinin de birbirinden farklı olmasını zorunlu hâle getirmektedir.

Yönetmelikler gereği ve uygulamadaki pratiklere dayalı olarak ortaya çıkan farklılıkların yapı deprem davranışında oluşturacağı etkileri belirlemek, farklı dönemlerde inşa edilmiş yapılara uygulanacak güçlendirme yaklaşımlarının farklılaştırılması anlamına gelmektedir. Bu sebeple, 2000 yılı öncesinde üretilen binaların deprem davranışına etki eden özelliklerinin 2000 sonrası üretilenler ile karşılaştırılması, mevcut yapı stokunun deprem riski farklılıklarının da ortaya konması açısından önem taşımaktadır. Farklı dönemlerde inşa edilmiş orta katlı betonarme konut tipi yapıların güçlendirilmesinde benzer güçlendirme yöntemleri uygulamak yerine, her dönemin kendine has özelliklerini göz önüne alarak farklı güçlendirme yöntemlerinin kullanılmasının gerekliliği burada sunulan yazının dikkat çekmek istediği önemli bir husustur. Yönetmelik koşulları nedeniyle ve yapım pratikleri açısından önemli bir dönüşümün yaşandığı 2000 yılı öncesinde inşa edilmiş yapıların ortak kronik problemleri; düşük kalite beton, yetersiz donatı detayları, korozyon ve kusurlu imalatlar nedeniyle karşılaşılan dayanım ve süneklik yetersizlikleri olarak özetlenebilir. Bu yetersizlikleri ortadan kaldırmak ve mevcut yapıların deprem davranışını iyileştirmek amaçlı bu yazı kapsamında iki farklı tip güçlendirme yöntemi önerilmiştir. Bu güçlendirme yöntemlerinden biri lifli polimer kumaş kullanımını esas alan yapının dayanım ve rijitlik özelliklerini iyileştiren bir güçlendirme yöntemidir. İkinci güçlendirme yöntemi ise, yapıya aktarılan deprem enerjisini sönmüleyerek yapısal elemanların hasar almasının önüne geçen bir güçlendirme yöntemidir.

1.1. Betonarme Yapıların Lifli Polimerle ile Sagılanması Önerisi

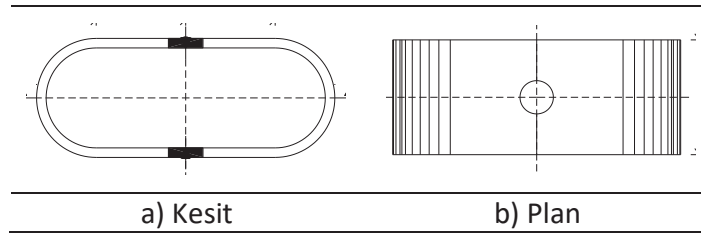
Lifli polimer kumaşların betonarme yapı elemanlarda dayanım ve süneklik açısından önemli katkılarının olduğu bilinmektedir. İnsanların günlük yaşamlarına devam ederken lifli polimer kumaşlar ile yapıların güçlendirilmesinin sağlanması bu yöntemin en güçlü tarafıdır. Dolgu duvarlar, lifli polimerlerin epoksi yapıştırıcı kullanılarak uygulanabilmesi açısından oldukça elverişli yüzeylerdir. Lifli polimerlerin en önemli avantajları; hafif olması, kolay uygulanabilmesi, paslanma özelliğinin olmaması ve yüksek dayanımlı olması olarak sıralanabilir. Dolgu duvarların, mevcut yapılara lifli polimer kumaşlar ile bütünlüğünün sağlanması, yapının deprem enerjisi tüketim özelliklerinde de önemli iyileşmeler sağlamaktadır. Deprem sırasında gerek elastik gerekse elastik ötesi davranış sırasında yapısal elemanlar ile dolgu duvarlar arasında oluşturulabilecek sürtünme mekanizmaları, yapıların içsel sönmü oranlarının da önemli ölçüde artmasını sağlamaktadır. Geçmişte yaşanmış depremler, dolgu duvarların kısa kolon ve burulma etkilerine sebep olmayacak şekilde düzenlenmesi durumunda; yapıların enerji tüketim özellikleri, dayanım ve rijitlikleri için önemli bir kaynak olduğunu göstermiştir. Dolgu duvarlar, betonarme yapıların çerçevelerine lifli polimerler ile iyi bir şekilde sargılanarak bütünlük sağlanır ve düzlem dışı hareketleri engellenirse deprem sırasında çok önemli avantajlar sağlayan birer yapısal elemana dönüşmektedir. Lifli polimer malzeme ve tipik bir yapının bölme duvarlarına önerilen uygulama biçimi, Şekil 3'te verilmiştir. Söz konusu uygulama sayesinde yapı sisteminin deprem performansı artmakta ve mevcut durumu daha büyük deprem etkilerine karşı koyabilecek hâle gelmektedir. Yapı sistemi mahrum kaldığı dayanım ve süneklik özelliklerinden bu güçlendirme yöntemi sayesinde deprem etkilerini güvenle karşılar hâle dönüştürülmüş olmaktadır.



Şekil 3: Lifli polimer kumaş yapısal uygulamalar (Özkaynak, 2010).

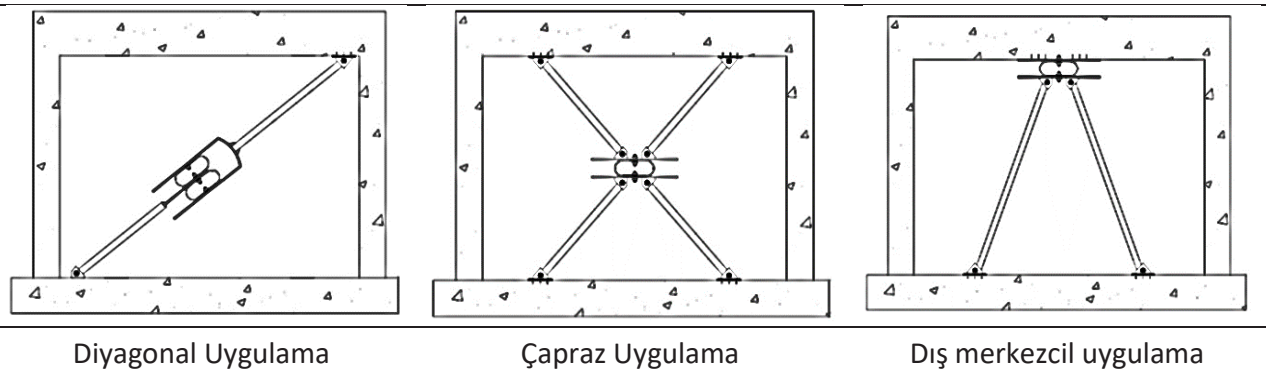
1.2. Betonarme Yapılara Çelik Sönümleyici Elemanlar İlave Edilmesi Önerisi

Yapı sistemlerinin deprem taleplerinin azaltılması için yapıların süneklik dışında sahip olması gereken diğer bir özellik ise deprem enerjisini sönümleme kabiliyetidir. Deprem enerjisinin tüketilmesi ya da yapıya ilave sönüm özelliklerinin eklenmesi için günümüzde yenilikçi teknolojiler bulunmaktadır. Metal sönümleyiciler bu teknolojilerden en ekonomik olanlarındandır. Yazarın araştırmacı olarak görev aldığı Safeccladding isimli bir Avrupa Birliği Projesinde çelik sönümleyici elemanların (Şekil 4) deprem davranışına etkisi araştırılmış ve yapılara önemli enerji sönümleme kabiliyeti kazandırdığı sonucuna varılmıştır (Safeccladding 2015).



Şekil 4: Çelik sönümleyici.

Yazar tarafından yalın ve çelik sönümleyicili ölçeksiz çerçeveler üzerinde gerçekleştirilen analitik çalışmalar, çelik sönümleyici kullanımının yalın betonarme çerçeve davranışında önemli etkileri olduğunu göstermiştir (Özkaynak 2023). Gerçekleştirilen analizler, çelik sönümleyici uygulamasıyla çerçeve dayanımı ve enerji tüketme kapasitesi önemli oranda artmıştır. Kalınlığı 18 mm olan çelik sönümleyici belirli bir deplasman seviyesinde toplam enerjinin %75'ini tüketmiştir. Farklı çelik sönümleyicilerin muhtemel kullanım biçimleri Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5: Çelik sönümleyicileri olan betonarme çerçeve sistemler (Özkaynak 2023).

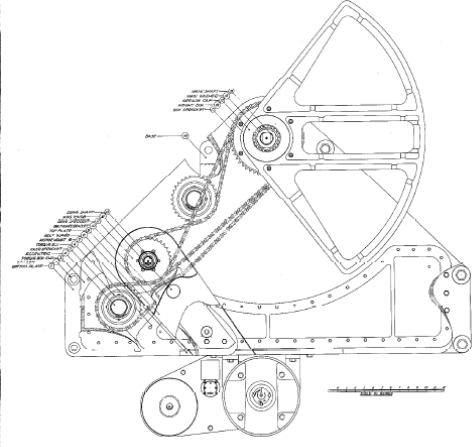
Sonuç olarak gerek beton dayanımı açısından gerek eleman boyutları açısından güncel yönetmelik koşullarını sağlamayan ülkemizdeki mevcut yapıların güçlendirilmesinde kullanılmak üzere yapım yılı parametresini göz önünde bulundurmak koşuluyla, lifli polimer kumaşlar ve çelik sönümleyiciler etkili yöntemler olarak önerilmektedir.

2. ÖNERİLEN YÖNTEMLERİN ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Türkiye genelinde, mevcut yapıların deprem davranışlarını anlamak amaçlı; statik, yarı-dinamik ve tam dinamik özellikli çok sayıda deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneysel ve teorik çalışmalar ile uluslararası literatüre çok önemli katkılarda bulunulmuştur. Söz konusu deneysel çalışmaların önemli bir bölümünü, mühendislik hizmeti görmemiş deprem güvenli yapıların güçlendirilmesi konuları oluşturmaktadır. Ancak, bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmaların çoğu eleman deneyleri ve ölçekli yapı elemanı/sistemi deneyleri düzeyinde sınırlı kalmıştır. Bu zamana kadar elde edilen tecrübe; yapısal davranışın tam olarak anlaşılabilmesi için, ölçeksiz deney numuneleri ile tam dinamik deneylerin yapılmasına ihtiyaç duyulmasıdır.

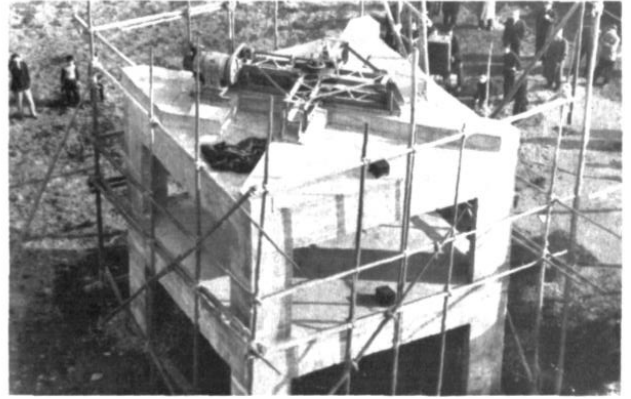
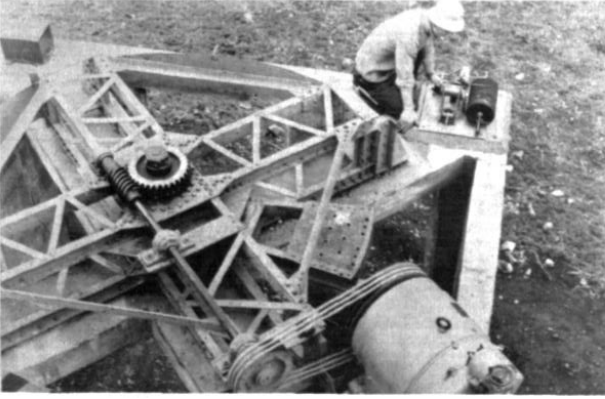
Literatürde gerçekleştirilen deneysel ve teorik araştırmalar ile başarılı olduğu değerlendirilen güçlendirme yöntemlerinin; gerçek yapıda da etkin olduğunun ispatlanması, yönetime olan güvenci önemli ölçüde artıracaktır. Bu yazıda önerilen güçlendirme yöntemlerinin etkinliklerinin ispatlanması için ölçeksiz gerçek yapıların dinamik deneylerinin tamamlanması büyük önem arz etmektedir. Bu yazıda önerilen pratik ve ucuz maliyetli bir güçlendirme yöntemlerinin etkinliğinin kamuoyu önünde gerçek yapılar üzerinde gerçekleştirilecek deneyler ile belirlenmesi; insanların kendi binalarını hızlıca, tereddüt etmeden güçlendirmesi noktasında önemli bir farkındalık yaratacaktır. Bu deneysel çalışmanın hayata geçebilmesi için biri yalın diğeri ise güçlendirilmiş durumu yansıtan iki adet özdeş gerçek yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Gerçek yapılar, İstanbul'da yer alan mühendislik hizmeti görmemiş deprem riski taşıyan yapı stokunu temsil edecek nitelikte ve yıkılmalarında herhangi bir sakınca olmayan yapılar olmalıdır. Üretilcek dinamik etki karşısında yıkılma riskine karşı bina çevresinde güvenli bir alan oluşturulması gerekmektedir. Bu binalarda, ilgili katlara montajı yapılacak sarsıcı (shaker) cihazlar ile yapı üzerinde deprem benzeri dinamik kuvvetler oluşturulacaktır. Zorlanmış titreşim etkisi altında kalan yapıya yerleştirilen çok sayıda ivmeölçer, yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme ölçerlerden cevap niteliğinde önemli yapısal büyüklükler dinamik veri toplama cihazları ile kayıt altına alınacaktır.

Deneyler sonucunda toplanan veriler güçlendirilme yönteminin genel yapı performansına etkisinin irdelenmesi noktasında son derece önemlidir. Yapıların zorlanmış titreşim etkileri altından değerlendirilmesi çalışmaları, ilk olarak Stanford Üniversitesinde gerçekleştirilmiştir (Blume 1935). Ölçeksiz yapılarda kullanılması için Kaliforniya Teknoloji Enstitüsünde sarsıcı cihazlar Şekil 6'da görülmektedir (Hudson 1961).



Şekil 6: Hudson (1961) tarafından geliştirilen sarsıcı cihaz.

Hisada ve Nakagawa (1956) mevcut yapıların üst katlarında 0,5-1,0g arasında değişen ivmelere ulaşarak yapıyı göçme durumuna getirebilmiştir (Şekil 7). Çelik vd. (2003), dokuz katlı betonarme yapıyı zorlanmış titreşim etkisi altında test etmiştir (Şekil 8).



Şekil 7: Zorlanmış titreşim etkisi altında gerçekleştirilen deneyler (Hisada ve Nakagawa, 1956).



Şekil 8: Zorlanmış titreşim üreten cihaz ve uygulandığı yapı (Çelik vd. 2003).

Burada bahsi geçen deneyler, güçlendirme yönteminin etkinliğini kanıtlamak ve halkın güvenliğini sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Vatandaşların bu yöntemi kendi imkânlarıyla uygulayabilmesi için belediyelerde teknik ekipler oluşturulabilir. Bu ekipler, binalarda güçlendirme yapılacak yerleri belirleyerek süreci kolaylaştırabilir. Ortak yapısal

özellikleri yukarıda sıralanan ve mühendislik hizmeti almamış az ve orta katlı yapıların deprem etkilerine karşı insanların kendi yaşadığı binaları hızlı ve ucuz maliyetli olarak topluca güçlendirilmesinin sağlanması, İstanbul ölçeğinde büyük bir şehrin deprem etkilerine karşı korunması için son derece önemlidir. Bu sayede İstanbul genelinde bulunan bu tip yapılarda deprem güvenliği açısından çok hızlı bir dönüşüm sağlanabilecektir. Bu yazıda önerilen çalışmanın başlatılabilmesi için ilgili kamu kurumunda yer almak üzere yeterli teknik bilgiye sahip tercihen inşaat mühendisi ünvanlı kişilerden oluşan bir çalışma grubunun oluşturulması gerekmektedir. Bu yazıda sunulan öneri kapsamında, yıkılmak üzere feda edilebilecek benzer yapısal özelliklere sahip iki bina ve bu binalara monte edilecek sarsıcı cihazlar deneysel kısmın en önemli iki bileşenini oluşturmaktadır.

Burada sunulan güçlendirme önerileri, deprem zafiyeti olan riskli binaların güvenliğinin sağlanması açısından son derece önemlidir. Önerilerin ucuz maliyetli olması ve vatandaşların kendi başlarına kolayca uygulayabileceği basitlikte olması, bu önerilerin en büyük avantajıdır.

3. KAYNAKÇA

- Blume J.A. (1935). A machine for setting structures and ground into forced vibration. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 25(4), 361–379. <https://doi.org/10.1785/BSSA0250040361>
- Celik O.C., Sucuoglu H., Akyuz U. (2003). Forced Vibration Testing of Reinforced Concrete Buildings”, Proceedings of the Fifth National Conference on Earthquake Engineering, May 26–30, Istanbul, Turkey, Paper No. AT-095.
- Hisada T. and Nakagawa K. (1956). Vibration Tests on Various Types of Buildings up to Failure, Proceedings 1st World Conference on Earthquake Engring, Berkeley
- Hudson D.E. (1961). A new vibration Excitere for Dynamic Test of Full-Scale Structures. A report of research carried out by the Earthquake Engineering Research Insititute under State of California Standart Agreement No.2163. Pasedena, California
- Müderrişoğlu Z., Erdoğan H., Kırılı G., Taşçıoğlu E.G. and Özkaynak H. (2025). Investigating the Reliability of Sidewalk Survey Parameters on the Seismic Risk Assessment of RC Buildings Considering the 2023 Kahramanmaraş Earthquakes. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 39(3), 1-15. <https://doi.org/10.1061/JPCFEV.CFENG-493>
- Özkaynak H. (2023). Enerji Yoğaltan Elemanlar Olarak Çelik Yastıklar. *İTÜ vakfi dergisi* Nisan-Ağustos 2023, Sayı 91, Sayfa 66-69.
- Özkaynak H. (2010). Dolgu duvarları lifli polimerler ile sargılanmış betonarme çerçeve sistemlerin deprem davranışı ve yapısal sönüm özellikleri [Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]
- SAFECLADDING Avrupa Birliği Projesi. (2012-2015). Improved Fastening Systems of Cladding Panels for Pre-cast Buildings in Seismic Zones. 2012-2015.

Teşekkür

Bu olgu sunumunda önerilen çelik sönümleyici elemanlar, SAFECLADDING isimli bir Avrupa Birliği Projesi kapsamında tasarlanmıştır. Yazar, Safecladding projesi yöneticileri Prof.Dr. Faruk KARADOĞAN’a ve Prof.Dr. Ercan YÜKSEL’e en içten teşekkürlerini sunar.



EDİRNE'DE BİR ENDÜSTRİ MİRASI: BALON HANGARI VE YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİ

AN INDUSTRIAL HERITAGE IN EDİRNE: THE BALLOON HANGAR and ITS ADAPTIVE RE-USE

DOI: 10.20854/bujse.1635894

İbrahim GEDİK¹, İlke CİRİTÇİ^{2,*}

Öz

Bu çalışma, Türkiye'nin ender örneklerinden biri olan Edirne Balon Hangarı'nı ele almaktadır. Erken 20. yüzyılda askerî amaçlarla inşa edilen ve havacılık tarihimizde önemli bir yere sahip olan yapı, Y formlu hangar tipolojisinin nadir bir örneği olup modern inşaat teknolojilerinin erken betonarme uygulamalarını yansıtmaktadır. Yapının mimari özellikleri incelenmiş; plan şeması, cephe düzenlemeleri, taşıyıcı sistemleri ve özgün malzeme kullanımı gibi unsurlar değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında Balon Hangarı ve Osmanlı Dönemi'nde yapımını gerektiren sebepler araştırılmış, literatür taraması ile farklı kaynaklarda yer alan bilgiler bir araya getirilmiştir. Edirne'deki tarihî askerî alanın bir parçası olarak bölgenin kimliği ve bütünlüğüyle ilişkisi vurgulanmış, korunması ve yeniden işlevlendirilmesi için öneriler sunulmuştur. Bu kapsamda, hangarın tarihî değerinin korunarak görünürlüğünün artırılması, özgün işlevine sadık kalınarak yeniden yaşatılmasının gerekliliği ortaya konmuştur. Çalışma, endüstri mirasının korunması ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir.

Abstract

This study focuses on the Edirne Balloon Hangar, one of the rare examples in Turkey. Built for military purposes in the early 20th century and having an important place in our aviation history, the building is a rare example of the Y-shaped hangar typology and reflects the early reinforced concrete applications of modern construction technologies. The architectural features of the building have been examined; elements such as the plan scheme, façade arrangements, structural systems and the use of original materials have been evaluated. Within the scope of the study, the balloon hangar and the reasons for its construction in the Ottoman period were investigated, and the information in different sources was brought together through a literature review. As a part of the historical military area in Edirne, its relationship with the identity and integrity of the region is emphasized and recommendations for its conservation and re-functioning are presented. In this context, the necessity of preserving the hangar's historical value, increasing its visibility, and revitalizing it by remaining faithful to its original function has been revealed. The study constitutes an important example in terms of industrial heritage conservation and sustainability.

Anahtar Kelime: Edirne balon hangarı, endüstri mirası, yeniden işlevlendirme

Keywords: Edirne balloon hangar, industrial heritage, adaptive re-use

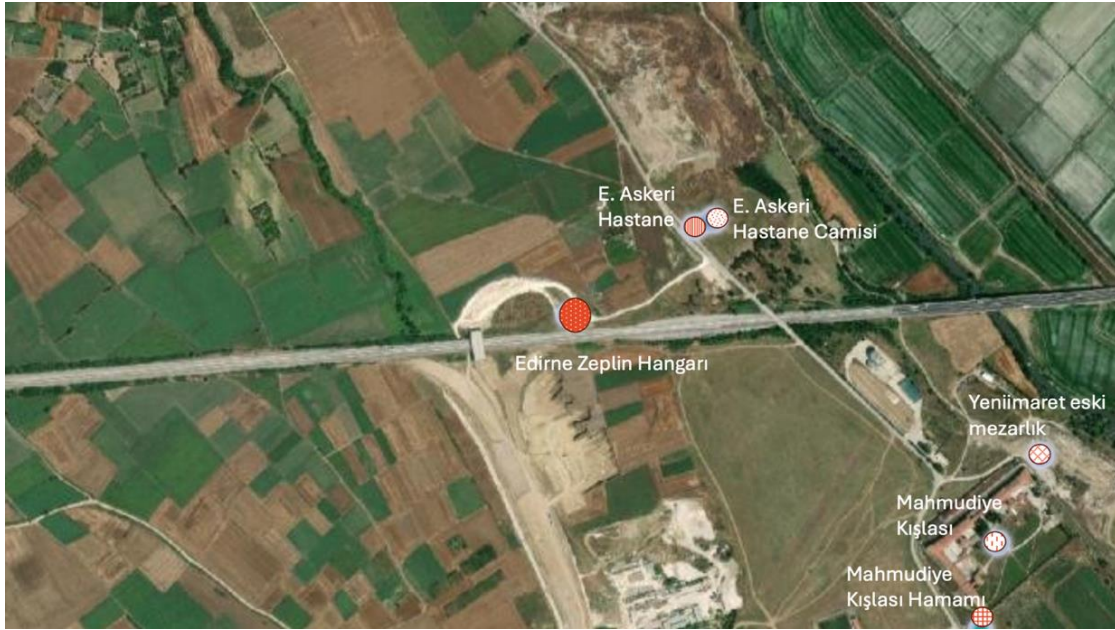
¹ İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, ibrahimgedik3636@gmail.com, orcid.org/0009-0003-4681-5088.

^{2,*} Sorumlu Yazar: İstanbul Gelişim Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, ilkeciritci@gmail.com, orcid.org/0000-0002-1492-0727.

1. GİRİŞ

Günümüzde Türkiye’de balonculuk faaliyetleri, çoğunlukla turistik ve sportif amaçları kapsamaktadır. Özellikle sıcak hava balonları, Kapadokya gibi doğal güzelliklerin keşfi için popüler bir araç hâline gelmiştir. Bunun yanı sıra, modern teknolojilerle donatılmış balonlar bilimsel araştırmalarda kullanılmaya devam etmektedir. Balonculuk, tarih boyunca farklı amaçlar doğrultusunda evrilmiş, teknolojik ve bilimsel gelişmelerle bugünkü konumuna ulaşmıştır. İnsanlığın gökyüzünü keşfetme tutkusunun bir ürünü olan balonculuk, havacılık tarihinde önemli bir yere sahiptir.

Ana Balon hangarları, 19. yüzyıldan itibaren zeplin ve balon gibi erken dönem hava araçlarının bakım, onarım ve depolama ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla inşa edilmiştir. Dünyanın çeşitli yerlerinde inşa edilen balon hangarları, havacılığın erken dönemlerinin önemli bir parçası olarak tarihsel açıdan büyük bir değer taşımaktadırlar. 1912-1913 yıllarında askerî amaçlarla inşa edilen Edirne Balon Hangarı, ilk örnek olması dolayısıyla Türk askerî tarihinin nadir örneklerinden biri olarak dikkat çekmektedir (Özgüven, H. Burcu, Aslı Meral, & Saygın Alkan, 2014). Bu çalışmanın odaklandığı Edirne ili, Merkez ilçesi, Kemerler Mevkii, 1163 ada ve 126 parselde yer alan Edirne Balon Hangarı, erken dönemin betonarme mimarisinin özgün bir örneği olup Türk havacılık tarihindeki ilk betonarme mimari yapıyı temsil etmektedir. Ayrıca, Bayram’ın (2024) vurguladığı gibi Edirne Balon Hangarı, Türkiye’nin ilk yolcu uçağı seyrinin kalkış noktası olmasıyla da önemli bir kültürel miras değeri taşımaktadır. Birinci Dünya Savaşı öncesinde, hangarın bulunduğu bölge, Edirne’nin savunma hattının bir parçası olarak düzenlenmiş askerî bir bölgedir. Bu çevrede, Hıdırlık Tabyası gibi askerî tesisler, askerî hastane, hamam ve kışlalar gibi yapılar da yer almaktadır (Şekil 1) (Özgüven, H. Burcu, Aslı Meral, & Saygın Alkan, 2014).



Şekil 1: Edirne Balon Hangarı (Zeplin Hangarı)’nın da içerisinde bulunduğu askerî yapıların yerleşim bölgesi (Kültür Envanteri Haritası, 2024’ten yararlanılarak yazarlar tarafından hazırlanmıştır).

1920’lerden sonra artık havacılık hizmetleri için kullanılmayan hangar, Karayolları Genel Müdürlüğü’ne devredilmiş ve tuz deposu olarak kullanılmıştır. Bu dönemde yapı üzerinde çeşitli müdahaleler ve kısmi yıkımlar gerçekleştirilmiştir. 2017 yılında 1. grup korunması gerekli kültür varlığı olarak tescillenen hangar, günümüzde atıl durumda bulunmaktadır. Otoyol inşaatı sonrası yol kenarında kalan hangar, içerisinde bulunduğu askerî alan ile bağlamsal olarak uzaklaşmış,

çevresindeki askerî tesislerle birlikte kullanım dışı kalmış yeniden işlevlendirilmemiştir. Terk edilmesi ile birlikte günümüzde atıl durumdadır. Bu durum, bölgenin tarihsel ve kültürel mirasının korunması açısından bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca işlevlendirilmediği ve atıl olarak terk edilmiş olarak kaldığı bu süreçte şehir hafızasından her geçen gün daha da silikleşerek gelecekte tamamen Edirne hafızasından silinmesi riski taşımaktadır. Bu nedenle kültürel mirasın devamlılığının kesintiye uğraması tehdidi altındadır. .

Bu makale; Edirne Balon Hangarı'nın tarihsel gelişimini, mimari özellikleri incelemeyi ve yapının yeniden işlevlendirilmesine yönelik önerileri ele almayı amaçlamaktadır. Yüksek lisans tezi kapsamında ele alınan Edirne Balon Hangarı'nın, söz konusu makale ile mevcut durumu, literatürdeki yeri ve tarihteki önemi başlıklarında görünürlüğünün arttırılması hedeflenmektedir. Bu çalışmanın devamında hedeflenen ikinci bir makalede, tezin bulgularına bağlı olarak Edirne'de yer alan askerî kültürel miras ile söz konusu Edirne Balon Hangarı ilişkilendirilerek, bağlamsal olarak bir kültürel miras rota önerisi ele alınacaktır.

2. BALON HANGARLARININ TARİHSEL SÜRECİ: EDİRNE BALON HANGARI

Balonculuk, insanlığın gökyüzüne olan ilgisi ve uçuş arzusu doğrultusunda gelişmiş ve tarih boyunca teknolojik gelişmelerle orantılı biçimde ilerleme göstermiştir. Vivian (1921) ve Geçili'ye göre (2024) ilk balon uçuşları 18. yüzyılda başlamış, bu dönemde sıcak hava balonlarının geliştirilmesi önemli bir dönüm noktası olmuştur. İnsansız sıcak hava balonları, tarih boyunca hem askerî hem de kültürel amaçlarla kullanılmış olsa da, 18. yüzyıla kadar balonla insan taşımacılığı mümkün olmamıştır. İlk kez 1757 yılında Galien, yüksek irtifadaki hafif havanın balon içine doldurulması durumunda insanlı uçuşun gerçekleştirilebileceği fikrini ileri sürmüştür (Vivian, 1921, s. 228; Geçili, 2024).

Balonculuğun temelleri, 19 Eylül 1783'te Montgolfier Kardeşler tarafından sıcak hava balonuyla gerçekleştirilen ilk başarılı uçuşla atılmıştır. Bu uçuşta bir koyun, bir ördek ve bir horoz taşınarak insansız balon uçuşunun mümkün olduğu kanıtlanmıştır (Şen, 1992; Geçili, 2024). Deney, balonların atmosferde yükselip seyahat edebileceğini göstererek bu alandaki gelecekteki gelişmelere ilham kaynağı olmuştur. Ancak, bundan yüzyıllar önce, 14. yüzyılda Çinliler sıcak havanın soğuk havadan daha hafif olduğunu keşfetmiş ve bu prensibi kullanarak bir balon yapıp uçurmayı başarmışlardır. Daha sonraki dönemde Parisli bilim insanı Charles, hidrojenin (müvellidülma) sıcak havadan daha hafif olduğunu tespit etmiş ve bu buluş, balonların hidrojenle doldurulmasının önünü açmıştır. Jacques Charles tarafından hidrojen gazı kullanılarak yapılan balon uçuşları, balonculuğun daha güvenilir bir teknoloji hâline gelmesini sağlamıştır (Geçili, 2024).

Peter Gerstmann ve Ricardo Borges dos Santos'a göre (2020) Hava balonlarının gelişimindeki en önemli adım, Almanya'da Kont Ferdinand von Zeppelin tarafından atılmıştır. 1900 yılında, Kont Zeppelin, 128 metre uzunluğunda ve 11.500 metreküplük hacme sahip bir hava aracı olan Luftschiff Zeppelin'i (LZ) inşa etmiştir . Bu devasa hava balonu, on yedi bölmede toplanan yükseltici gaz ile uçuşa hazırlanmıştır. Mucidin ismiyle özdeşleşen bu uçuş aracı, "zeplin" olarak adlandırılmıştır (Gerstmann ve dos Santos, 2020).

19. yüzyılda balonlar bilimsel keşifler ve askerî amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle meteoroloji ve atmosfer araştırmalarında balonlardan yararlanılmıştır. Ayrıca, Amerikan İç Savaşı ve Fransız-Alman Savaşı gibi çatışmalarda balonlar gözetleme ve haberleşme aracı olarak önemli

roller üstlenmiştir (Çıtır, 2021). 20. yüzyılda ise balonculuk hem askerî hem de sivil alanlarda büyük ilerlemeler kaydetmiştir. Osmanlı Devleti gibi ülkeler, askerî havacılığın gelişiminde balonları bir araç olarak görmüş, özellikle 1. Dünya Savaşı sırasında balonlar keşif ve gözetleme görevlerinde yaygın şekilde kullanılmıştır. Bunun yanında, sivil havacılıkta da sıcak hava balonları ve zeplinler, taşımacılık ve turizm alanlarında dikkat çekici bir rol oynamıştır.

2.1 Osmanlı Dönemi’nde Askerî Balonculuk

Çıtır’ın (2021), Türkiye’deki sivil havacılığı ve bu alanda çalışan şirketlerin faaliyetlerini araştırdığı yüksek lisans tezi’ne göre 18. yüzyılın sonlarına doğru Avrupa’nın tamamında başlayan balon uçuşları Osmanlı Devleti’nde de 1785 yılında Sultan I. Abdulhamid’in katılımıyla İstanbul’da gerçekleşmiştir. Osmanlı kaynaklarında yer almayan söz konusu uçuşa dair bilgiler, 16 Mayıs 1785 tarihinde yayınlanan The Times gazetesinde başarılı bir şekilde gerçekleştiği bilgisi ile paylaşılmıştır (İhsanoğlu, 1995; Çıtır, 2021). Osmanlı sınırları çevresindeki pek çok devletin askerî havacılıkta ilerleme kaydetmesi ve hava balonları temin etmeye başlaması, bu yetersizlikleri daha belirgin hâle getirmiştir. Bu durum, Osmanlı askerî havacılığını geliştirme ve büyük devletlere karşı savunma kapasitesini güçlendirme amacıyla çeşitli çalışmaların başlatılmasına zemin hazırlamıştır (Geçili, 2024). “Balon Yahud Mütesaid ül-Heva” adlı eser İstanbul’da kaleme alınmıştır. Bu eser, bir Türk tarafından yazılmış en eski havacılık kaynağı olarak kabul edilmiştir. Osmanlı Devleti ilk kez askerî amaçlı balonu 6 Kasım 1912 tarihinde gözetleme maksadıyla Edirne’nin savunmasında kullanmıştır. Balona Edirne adı verilmiştir. Bu balon Alman Parseval Luftfahrt Flugzeug Gesellschaft firmasından satın alınmıştır (Çıtır, 2021). Osmanlı dönemindeki askerî balonculuk faaliyetlerinin tarihsel gelişimi, yaşanan önemli olaylar, alınan kararlar, yapılan anlaşmalar ve gerçekleştirilen uygulamalar Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1: Osmanlı’da Askerî Balonculuk Faaliyetlerinin Tarihsel Gelişimi.

1909	Balon ve uçak fabrikalarını incelemek için Avrupa’ya bir komisyon gönderilmiştir. Komisyon üyesi Enver Paşa, aynı yıl Drachen tipi sabit balonların avantajlarını vurguladığı bir rapor sunmuştur (Kline, 2011, s. 51).
1910	Almanya’nın Augsburg kentinde bulunan Riedinger firması ile yapılan görüşme sonucunda bir Drachen tipi sabit balon satın alınması ve üç ay sonra teslim edilmesi üzerine anlaşılmıştır (Kurt ve Korkmaz, 2018, s. 213).
1 Haziran 1911	Balon ve uçak satın alma, pilot yetiştirme ve hava tesislerini yaptırma amacıyla Havacılık Komisyonu kurulmuştur (Şen, 1992, s. 30).
Ocak 1912	Bütçe sıkıntıları nedeniyle Drachen tipi balon için sözleşme imzalanmış ve Edirne Zeplin Hangarı projeleri teslim alınmıştır (Kural, 1975, s. 159).
13 Mayıs 1912	Sabit balon, Edirne’ye ulaşmıştır. 20 Haziran tarihinde yapılan deneme uçuşuna dair bilgiler Şehbal Dergisi’nde yayınlanmıştır (Şekil 1.).
Temmuz 1912	Osmanlı Devleti, havacılık girişimlerini sürdürmüştür; 1912’de Süreyya ve Mehmet Ali Bey Avrupa’dan gümülü balon alımı için görevlendirilmiştir (Kurter, 2009, s. 100).
6 Kasım 1912	1. Balkan Savaşı’nın başlangıcı sonrasında balon tekrar uçurulmak istenmiş; ancak hidrojen gazının üretilmemesi ve personel eksikliği nedeniyle uçuş gerçekleşmemiştir (Zamaci, 2011, s. 205).
1913	Süreyya Bey’in çabalarıyla Parseval fabrikasından bir balon alınmış ve 23 Temmuz 1913’te ilk uçuş gerçekleşmiştir (Kurter, 2009, s. 130).

Osmanlı Devleti, Edirne’nin savunmasında havadan gözlem yapabilmek gibi, askerî amaçlarla ilk zeplini kullanmaya karar vermiştir. Bu zeplin, yere halatla bağlanarak sabit bir balon şeklinde uçurulmuştur

(Yalçın, 2021). Şekil 2’de Şahbal Dergisi’nde sabit balon uçuşuna ait görseller yer almaktadır.



Şekil 2: Şahbal Dergisi’nde Yer Alan Sabit Balon Uçuşuna Ait Görsel (Şehbal, 1912, s. 149).

2.2 Edirne Balon Hangarı ve Mimari Özellikleri

Balon Hangarı, Edirne-Kapıkule Otoyolu üzerinde, Eskikadın ve Avarız Köyleri arasında yer alan, tarlalarla çevrili bir alanda konumlanmaktadır ve yapıya giriş toprak bir yoldan sağlanmaktadır (Şekil 3). Birinci Dünya Savaşı öncesinde, bulunduğu çevre Edirne'nin savunması amacıyla düzenlenen askerî bir bölgeydi (Şekil 4.a). Hangarın yakın çevresinde, Hıdırlık Tabyası gibi askerî tesisler, askerî hastane, hamam ve kışlalar yer almaktadır (Şekil 4.b). Ayrıca, hangarın çevresi, Yıldırım Beyazıt ve Hacı İlbey mahalleleri gibi kentsel alanlarla görsel iletişim mesafesinde olsa da yoğun trafik nedeniyle tarihî bölgenin işlevsel ve fiziksel bütünlüğü büyük ölçüde bozulmuştur (Özgüven, H. Burcu, Aslı Meral, & Saygın Alkan, 2014).

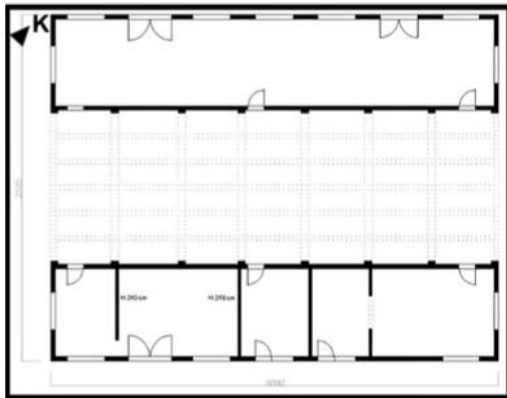


Şekil 3. 1910 Yılı Edirne Tahkimat Planı (Yeler, 2013, s. 66).



Şekil 4.a. Balon Hangarının Konumu (Google Earth, 2025) 4.b. Balon Hangarı ve Çevresindeki Askerî Yapılar (Google Earth, 2025)

Bayram'ın (2024) çalışması temel alınarak Edirne Balon Hangarı'na ait planlar ve cepheler incelenmiştir. Hangar binası dikdörtgen plan şemasına sahip olup güneybatı-kuzeydoğu aksında uzanmaktadır. Kısa cephesi 23,20 m, uzun cephesi ise 30,00 m uzunluğundadır (Şekil 5.a). Toplam taban alanı yaklaşık 695,82 m²'dir. Hangar, bir ana nef ve iki yan neften oluşmaktadır. Ana giriş, balonun giriş-çıkış yaptığı güneybatı cephesindedir. Güneydoğu cephesinde, yan nefe giriş yapan özgün bir açıklık bulunmakla birlikte, iki adet açıklık da sonradan yapılan kullanıcı müdahalesiyle, pencere açıklıklarının alt kısmı zemine kadar kesilerek açılmıştır (Şekil 5.b) (Bayram, 2024)



Şekil 5.a. Edirne Balon Hangarı Planı (Trakya Üniversitesi Yapı İşleri Şube Müdürü Y. Mimar Ayhan Dikici)

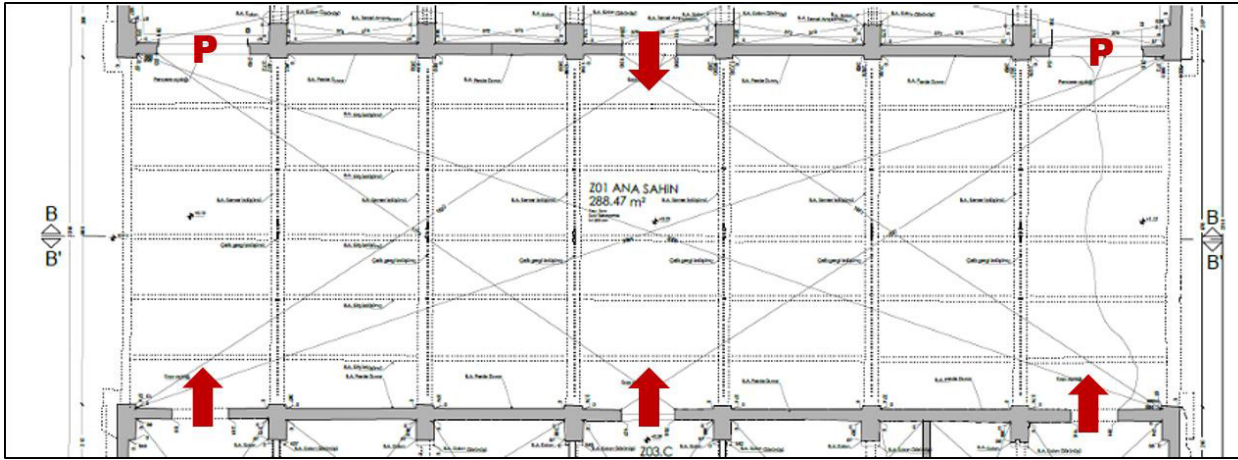
Kişisel Arşivi) **5.b.** Edirne Balon Hangarı Sonradan Açılan Giriş Kapıları (Zobar, 2024 Şubat 03).

Kazancıgil (1986) fotoğrafına göre kuzeybatı cephesinde kuzey nefe giriş yapılan iki özgün açıklık korunmaktadır. Kuzeydoğu cephesinin büyük bir kısmı kullanıcı müdahalesi ile kesildiği için cephe günümüzde hangarın ana girişine benzer şekilde büyük bir açıklık olarak görülmektedir (Şekil 6.a-6.b). Yapıda kolon ve kirişlerin oluşturduğu 8 aks mevcuttur (Şekil 6.c). Bu akslar ile planın uzun doğrultuda yedi birime ayrıldığı söylenebilir (Bayram, 2024).



Şekil 6.a. Edirne Balon Hangarı kuzeydoğu görünüşü eski hâli (Kazancıgil, 1986) **6.b.** Edirne Balon Hangarı kuzeydoğu görünüşü güncel hâli (Almaç, 2022) **6.c.** Edirne Balon Hangarı betonarme plan çizimi (ATASE, 110).

Yapının ana sahını, tek bir hacimden oluşmaktadır (Şekil 7). Ana sahının kısa kenarı 9,80 m, uzun kenarı ise 30,00 m'dir (Bayram, 2024). Mekân, basık bir tonoz ile örtülmüş olup, t onozun tepe noktasındaki yüksekliği 12,00 m, üzengi seviyesindeki yüksekliği ise 10,20 m'dir. Kısa kenarlar tamamen açıkken, uzun kenarlarda kolonlar, yapının ana perde duvarları ve bu duvarlar üzerinde yan neflere erişim sağlayan açıklıklar bulunmaktadır.



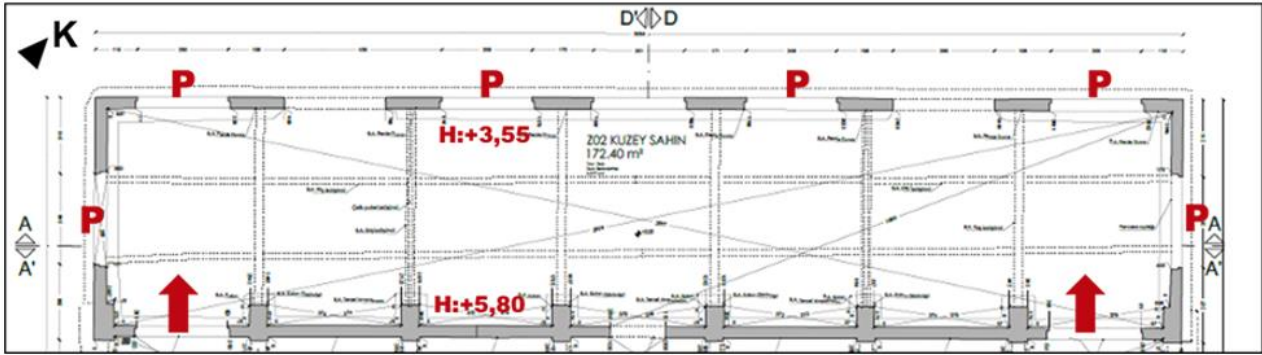
Şekil 7 Ana Sahın +1.80 Kot Planı (Bayram, 2024: Şekil 3.9).

Kuzey nefe bitişik kenarda, orta birimde bir kapı açıklığı ve ilk ile son birimde birer pencere açıklığı yer alırken, güney nefe bitişik kenarda ise toplam üç kapı açıklığı bulunur (Şekil 8.a-8.b). Ana duvarlarda ve yan neflerin üzerinde kalan kısmında ise Şekil 8.a'da görüldüğü üzere her birimde birer aydınlatma penceresi olmak üzere toplam 14 açıklık vardır.



Şekil 8.a. Ana Sahın Kuzeybatı Duvarı (Bayram, 2024: Şekil D.1) **8.b.** Ana Sahın Güneydoğu Duvarı (Bayram, 2024 Şekil D.2).

Kuzey sahnın, 172,40 m² alana sahip, dikdörtgen planlı ve sundurma çatı ile örtülen bir mekândır. Kuzey sahına Şekil 9’da görüldüğü gibi cephesindeki iki açıklıktan ve ana neften erişim sağlanmaktadır.



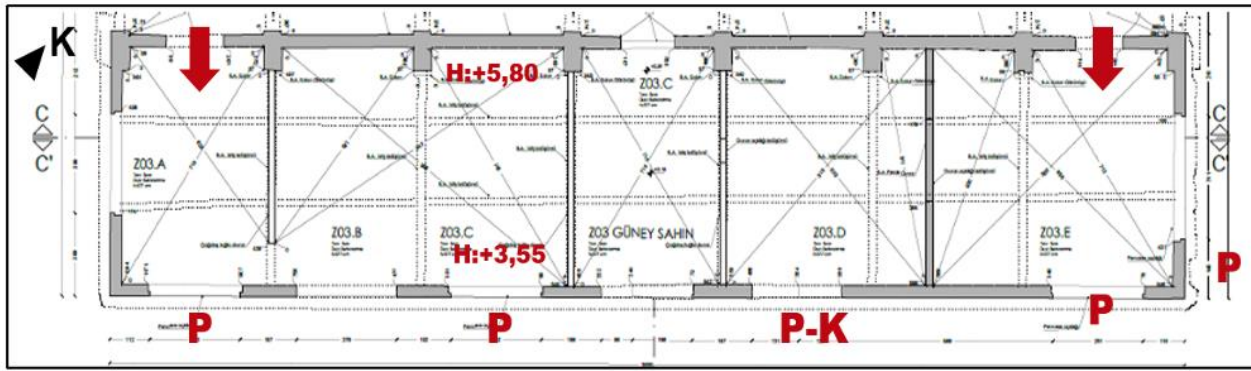
Şekil 9 Kuzey Sahın Planı (Bayram, 2024: Şekil 3.10’dan yararlanılarak İbrahim Gedik tarafından uyarlanmıştır).

Duvarlar ve taşıyıcı elemanlar genellikle çıplak betonla kaplanmış olup, üst kotlarda sıvalı yüzeylere rastlanmaktadır (Şekil 10.a-10.b). Mekânın içinde, kirişlerin yanı sıra dış duvara bağlanan 2 adet ‘I’ profil çelik putrel de bulunmaktadır (Şekil 10.c). Zemini toprak ve moloz ile kaplanmış olup herhangi bir döşeme izine rastlanmamaktadır (Bayram, 2024).



Şekil 10.a Kuzey Sahın **10.b** Kuzey Sahın **10.c** ‘I’ profiller (Bayram, 2024: Şekil D.4,D.5,D.6’dan yararlanılarak İbrahim Gedik tarafından uyarlanmıştır).

Bayram’ın (2024) çalışmasına göre güney sahnın, 176,07 m² alana sahip, dikdörtgen planlı ve sundurma çatı ile örtülen bir mekândır. Bu alana, cephesindeki üç açıklık ve ana nefe açılan üç açıklıktan erişim sağlanmaktadır (Şekil 11).



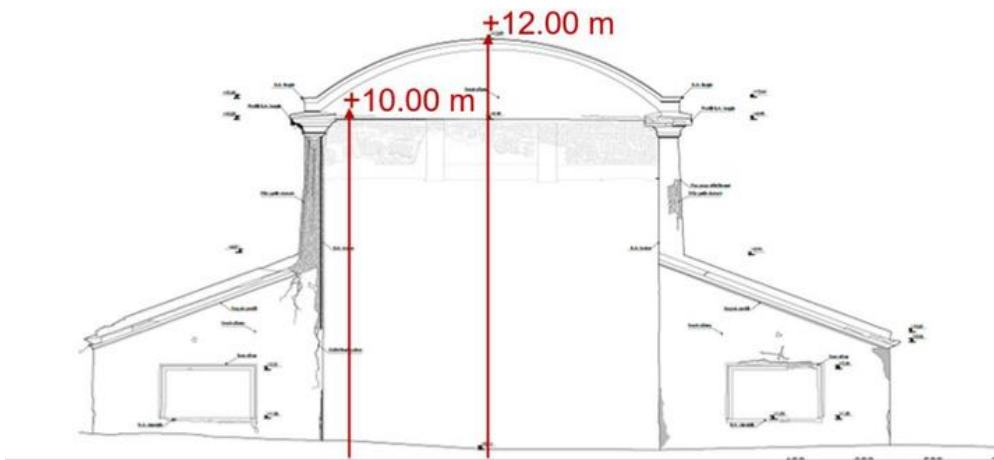
Şekil 11. Güney Sahin Planı (Bayram, 2024: Şekil 3.11'den yararlanılarak İbrahim Gedik tarafından uyarlanmıştır).

Güneydoğu cephesinde, dış duvar boyunca üç kapı açıklığı ve üç pencere açıklığı bulunur. Pencere açıklıklarının ikisi, altlarındaki duvarın bir kısmı kesilerek kapı açıklığına dönüştürülmüştür (Şekil 12.b-12.c). Mekân içerisindeki bölücü duvarlar dört adettir ve bunlardan üçü muhdes eklenmiş bölücü duvar ve biri ise özgün betonarme duvardır (Şekil 12.a-12.b-12.c).



Şekil 12.a. Güney Sahin **12.b.** Güney Sahin **12.c.** Güney Sahin (Bayram, 2024: Şekil D.9, D.12, D.14'ten yararlanılarak İbrahim Gedik tarafından uyarlanmıştır).

Güneybatı cephesi, hangarın ana girişinin bulunduğu simetrik bir düzende tasarlanmıştır (Şekil 13). Orta kısımda, balonun giriş-çıkışı için kullanılan büyük bir açıklık yer almakta ve bu açıklığın her iki yanında yan sahinlerin cephe duvarları bulunmaktadır.



Şekil 13. Güneybatı Cephesi (Bayram, 2024: Şekil 3.19'dan yararlanılarak İbrahim Gedik tarafından uyarlanmıştır).

Cephenin en üstünde basık tonoz bulunmaktadır (Şekil 14.a). Bayram (2024) çalışmasında kemerin tepe

kotunu +12 m olarak ölçmüştür. Cephenin yan sahın duvarlarında, her biri dikdörtgen formda birer pencere açıklığı bulunmaktadır (Şekil 14.b). Bu pencere açıklıkları cephe boyunca aynı boyutlardadır (250 cm x 145cm). Pencere açıklıklarının alt kenarı hariç diğer kenarları profilli bir söve ile çevrelenmiştir (Şekil 14.c). Cephenin yüzeyleri, çimento esaslı malzeme ile sıvalıdır.



Şekil 14.a Güneybatı Cephesi **14.b** Güneybatı Cephesi **14.c** Profilli Başlık (Bayram, 2024: Şekil D.22, D.24’ten yararlanılarak İbrahim Gedik tarafından uyarlanmıştır).

Kuzeydoğu cephesi de güneybatı cephesi ile benzerlik göstermektedir (Şekil 15.a). Bayram’ın (2024) çalışmasında kolon başlıklarının üst kotları +10,00 m, kemer tepe kotu ise +12,00 m olarak ölçmüştür. Güneybatı cephesinde başlık üst seviyesinin üzerinden geçen kiriş burada da yer alırken, orta açıklığın üst sınırı güneybatı cephesine göre daha alçak olup, kolon başlıklarının altından geçen bir betonarme kirişle belirlenmektedir. Bu iki kirişin arasındaki özgün tuğla duvar örgüsü Şekil 15.b’de görülmektedir.



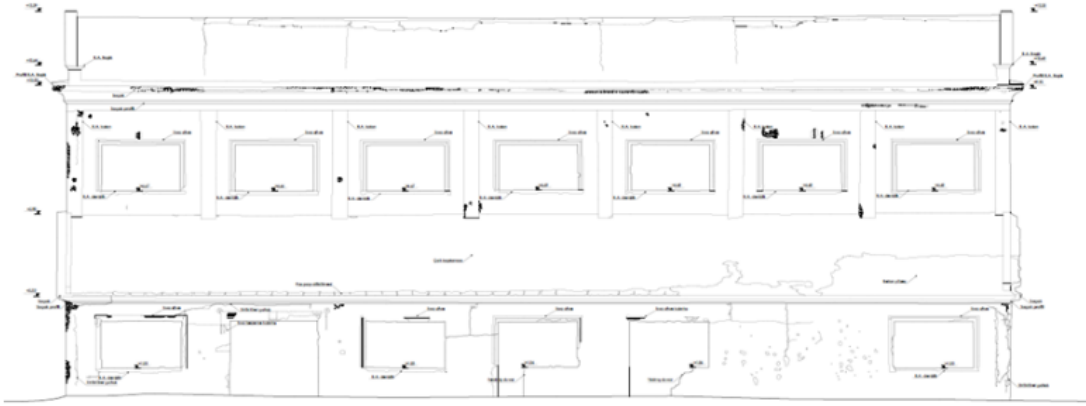
Şekil 15.a Kuzeydoğu Cephesi **15.b** Kuzeydoğu Cephesi alınlığı (Bayram, 2024: Şekil D.28, D.29).

Alt kottaki kirişin dış yüzeyine bakıldığında ise, üç adet pencere açıklığına ait söve kalıntıları görülmektedir (Şekil 16). Bu kalıntılar, geçmişte var olan ancak müdahale ile kaldırılmış pencerelerin üst söve hattını göstermektedir ve konum olarak uzun cephelerdeki pencere söveleriyle yaklaşık aynı kotta yer almaktadır.



Şekil 16. Kesilen Kuzeydoğu Cephesinden geriye kalan kısım (Bayram, 2024: Şekil D.29).

Hangarın ana girişlerinin bulunduğu cephelerin dışında kalan diğer cephelerde ise yan sahının duvar ve pencereleri, kırma çatının üst yüzeyi, kırma çatının üzerindeki pencere açıklıkları ve tonozun bu cepheye bakan kısmı görülebilmektedir (Şekil 17).



Şekil 17. Güneydoğu Cephesi (Bayram, 2024: Şekil 3.20).

Sahın duvarında, her birime denk gelen bölgelerde bir kapı veya pencere açıklığı yer alırken, tonozu taşıyan ana duvar üzerinde her birimde bir aydınlatma penceresi bulunmaktadır (Şekil 18-19.a). Şekil 19.a'da görüldüğü gibi bazı açıklıkların sonradan kapatıldığı tespit edilmiştir. Kapı açıklıkları 280 cm genişliğinde ve 258 cm yüksekliğindedir. Pencere açıklıkları, diğer cephelerde olduğu gibi profilli sövelerle çevrelenmiştir. Sahına erişim sağlanan kapı açıklığının çevresinde ise çimento esaslı malzemeden yapılmış bezemeler dikkat çekmektedir (Şekil 19.b).



Şekil 18. Güneydoğu Cephesi (Bayram, 2024: Şekil D.25).



Şekil 19.a. Kuzeybatı Cephesinde Kapatılan Açıklıklar **19.b** Kuzeybatı Cephesinde Kapı Bezemeleri (Bayram, 2024).

Güneydoğu cephesinde ise sahin pencerelerinden ikisi, pencere altında kalan duvar parçalarının kesilmesiyle kapı açıklıklarına dönüştürülmüştür (Şekil 20.a). Ana duvarlar üzerinde söveli pencere açıklıkları, birimlerin içerisine düzenli bir şekilde yerleştirilmiştir. Her birim, yanlarda birer kolon ve üstte kolonları bağlayan bir kirişle sınırlandırılmıştır. Tonozun bitimindeki saçak profili, güneybatı ve kuzeydoğu

cephelerindeki kolon başlık profillerinin devamı niteliğindedir (Şekil 20.b).



Şekil 20.a. Güneydoğu Cephesi Müdahale Edilen Pencereler **20.b** Güneydoğu Cephesi Profili (Bayram, 2024: Şekil D.26, D.27).

Saçığın üzerinde basık tonoz yer almakta olup tonoz iki uçta bulunan profillemeler tarafından sınırlandırılmaktadır. Bu cephede de bazı açıklıkların tuğla ile kapatıldığı görülmektedir (Şekil 21).



Şekil 21. Kuzeybatı Cephesi (Bayram, 2024: Şekil D.31).

Tablo2’de Edirne Balon Hangarı’nın künyesi yer almaktadır.

Tablo 2: Edirne Balon Hangarı'nın Özellikleri (Özgüven, H. Burcu, Aslı Meral and Saygın Alkan. Zeplin Hangarı, Edirne: Docomomo Türkiye Ulusal Çalışma Grubu Yapı/Yerleşim Tanıtım Formu’ndan yararlanılarak yazarlar tarafından oluşturulmuştur).

Bugünkü adı	Balon Hangarı
Eski/özgün adları	Balon Ambarı / Zeplin Hangarı
Yeri/adresi	Avrupa Otoyolu O3 Kapıkule-Edirne Otoyolu, Avarız Köyü mevki
Tipi/işlevi	Ulaşım araçları onarım ve depolama binası
Yasal durumu (tescil)	Tescil edilmiştir (2017).
Özgün kullanım / program	Yirminci yüzyıl başlarında geliştirilen zeplin ve balon gibi askerî hava araçlarının tamir, bakım ve depolama işlevleri için inşa edilmiştir.
Tamamlandığı tarihi	20. yüzyıl başı, muhtemelen 21 Şubat 1913 öncesi.
Mimar(lar)	Bilinmiyor
Yüklenici(ler)	Bilinmiyor
İşveren	Osmanlı Devleti
Sahibi	T.C. Karayolları Edirne Bölge Müdürlüğü

Bilinen değişiklikler	Yapının arka cephesi yıkılmıştır. Duvarlara yer yer tuğla dolgu eklendiği görülmektedir.
Bugünkü kullanımı	Yapı günümüzde karayolları tuz deposu olarak kullanılmaktadır.
Bugünkü fiziksel durumu	Yapı kısmen ayakta olmakla birlikte, dönemin fotoğrafları incelendiğinde, arka giriş duvarının tamamen yıkılmış olduğu anlaşılmaktadır. Bedeb duvarlarında yer yer yapısal çatlaklar görülmektedir; özgün mimari elemanlar tahrip olmuş, işlev ve kimliği ile uyumsuz geçici onarımlar yapılmıştır. Bina kapsamlı restorasyona gereksinim duymaktadır.

2.3. Edirne Balon Hangarı Yapım Tekniği ve Malzeme Özellikleri

Edirne Balon Hangarı erken betonarme örneklerindendir. Yapı özellikle 19.yüzyıl sonlarında Fransa'da kullanılan ve Y-formu olarak tanımlanan tarihî zeplin hangarlarının prototipi ile uygunluk göstermektedir ancak boyutları itibari ile Fransa'daki benzerlerine göre daha küçüktür. Edirne Balon Hangarı, güney sahının bölücü duvarları ile kuzeydoğu cephede bulunan bir dolgu duvar haricinde, tamamı betonarme tekniği ile inşa edilmiştir. Ana gövde betonarme tonoz tarafından örtülmekte olup duvarlar arasında yaklaşık 4-4,5 metrede bir betonarme kiriş atılmış ve tonoz uzun kenara paralel yatay kirişlerle desteklenmiştir (Şekil 22). Duvar ve kirişlerden çıkan donatı erken betonarme örneklerinde kullanılan dökme demir malzemeyi andırmaktadır. Yapıda kullanılan tuğla, erken yirminci yüzyıl apartman binalarında kullanılan standart dışı yerel tuğla malzemeye yakındır. Ancak bina duvarlarında yer yer modern tuğla dolgu müdahalesine de rastlanmaktadır (Özgüven, H. Burcu, Aslı Meral, & Saygın Alkan, 2014).



Şekil 22. Ana Sahında Bulunan Betonarme Kemer ve Kirişler (Bayram, 2024: Şekil D.44).

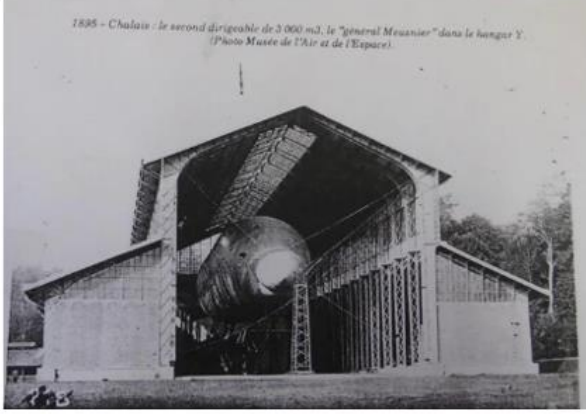
3. HANGAR BİNALARININ YENİDEN İŞLEVLENDİRİLMESİ

Askerî amaçlarla, hava taşıtı olarak kullanılan balonlar için inşa edilen hangar yapıları, erken 20. yüzyılın havacılık ve inşaat tarihine ışık tutmaktadır. Dünya'nın pek çok ülkesinde balon hangarları (zeplin hangarları) yer almaktadır. Savaşlar esnasında bu yapıların bir kısmı tahrip olsa da bulunduğu ülke ve bölge ihtiyaçları doğrultusunda, kültürel miras olarak korunup yeniden işlevlendirilerek hayata katıldığı görülmektedir. Çalışma kapsamında Fransa'dan, Letonya'dan ve Amerika Birleşik Devletleri'nden yeniden işlevlendirilmiş balon hangarları incelenmiştir.

3.1. Hangar Y, Chalais – Meudon, Fransa

19. yüzyılın sonlarında Fransa'da tasarlanan Y formlu hangarlar, günümüzde tüm batı ülkelerinde nadir rastlanan yapılar arasında yer almaktadır. Edirne Balon Hangarı, erken 20. yüzyılın karakteristik bir hava taşıtı olan askerî balonun havacılık tarihimizdeki yeri açısından; geniş açıklık içeren erken bir betonarme örneği olarak modern inşaat tarihimiz açısından ve Y formlu hangar

binalarının mimari tipolojisi bakımından türünün eşsiz bir örneğidir. Y Formlu Hangar, Chalais Meudon, 1879 yılında Meudon'daki Chalais Parkı'na taşınan ve dünyanın en eski hava gemisi hangarı olarak bilinen tarihî bir yapıdır (Şekil 23.a).



Şekil 23.a Y formlu hangar, Chalais – Meudon, Fransa 1884 (Art Explora Foundation). **23.b** Y formlu hangar, Chalais – Meudon, Fransa 2023 (Fransa Kültür Bakanlığı).

Fransa Kültür Bakanlığı'nın resmî web sayfasında yayınlanan bilgilere göre, Henri de Dion tarafından inşa edilen Y Binası, 1878 Uluslararası Dünya Sergisinin Fransız Makineleri bölümünün bir parçasını oluşturmaktadır ve sergiden geriye kalan tek yapıdır (Fransa Kültür Bakanlığı). 1879'da Meudon'daki Chalais parkına yeniden kurulan ve daha sonra taş bloklar üzerinde yükseltelen bina, başlangıçta hava gemileri için balon yapımında kullanılmıştır. Hangar Y hâlâ orijinal özelliklerinin çoğunu korumaktadır. İlk Musée de l'Air'in açılışı için depo olarak kullanılmak üzere 1921 yılında yenilenen Hangar, 1977 yılına kadar Marc Chagall'ın geçici stüdyosuna ev sahipliği yapmıştır. Daha sonra, 9 Ağustos 1884'te ilk kapalı devre uçuşunu gerçekleştiren "La France" zeplini buraya yerleştirilmiştir. Fransa'daki endüstriyel mirasın önemli bir örneği olan bu hangar, 1982 yılında tarihî anıt olarak sınıflandırılmıştır. Bina son yıllarda kullanılmamış olsa da 2009 yılında Fransız hükümetinin (Kültür Bakanlığı/ DRAC Île-de-France) 1990'larda başlattığı restorasyon programına (1994 yılında çatı yapısı ve çatının tamamen elden geçirilmesi) devam etmesini sağlayan bölgesel kurtarma planı fonlarından yararlanmıştır (Şekil 23.b). 2009 yılında, tamamı Fransız hükümeti tarafından finanse edilen 4 milyon Avroluk bir maliyetle, orta nefteki eski metal işçiliği, duvar işçiliği ve cam işçiliği orijinal hâline getirilmiştir (Fransa Kültür Bakanlığı, 2024).

Binanın geliştirilmesi için 30 Ekim 2018 tarihinde Fransız Hükümeti ile Culture et Patrimoine arasında bir idari kira sözleşmesi imzalanmıştır. Kültür Bakanlığı ilk kez devlete ait olan ve tarihî anıt olarak listelenen bir binayı restore etme ve geliştirme görevini özel bir işletmeciye vermiştir. 2021 yılında başlayan restorasyon süreci, VINCI Immobilier ve Culture & Patrimoine iş birliğiyle gerçekleştirilmiştir (Şekil 24). Bu çalışmalar kapsamında, hangarın orijinal mimari özellikleri korunarak, 3.500 m²'lik etkinlik ve kültürel alanlar, bir restoran ve atölyeler gibi yeni mekânlar oluşturulmuştur (Art Explora Foundation).

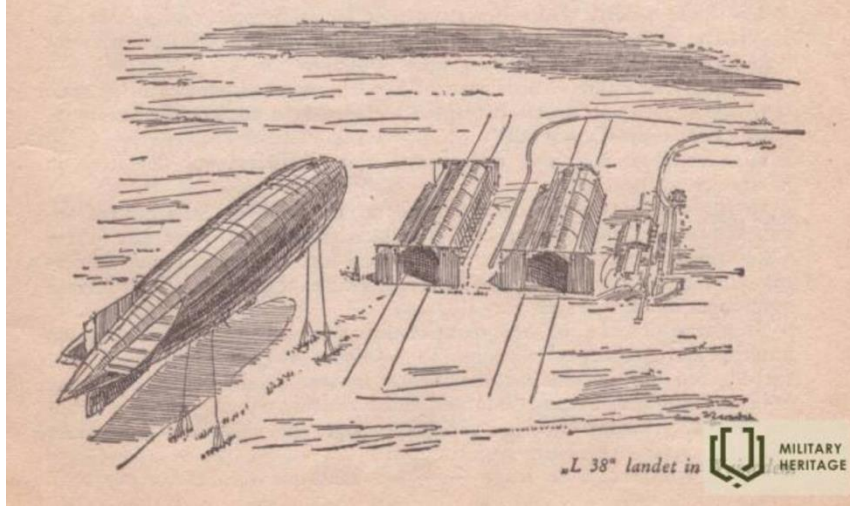


Şekil 24. Hangar Y'nin restorasyon sonrası iç mekân görselleri (Art Explora Foundation).

2023 yılında restorasyonu tamamlanan Meudon ulusal ormanında bulunan Hangar Y'yi zeplin balonun bilimi, tarihi ve geleceğine adanmış bir sergi ve etkinlik mekânına dönüştürme projesi için 20 milyon Avro'nun üzerinde bir yatırım ayrılmış olup kültürel ve müzikal etkinlikler için 1.500 kişilik bir alanın yanı sıra inovasyon, bilim ve kültür temaları üzerine genel halka yönelik programlar ve en son aerostat teknolojilerine (astronomi, meteoroloji, spor vb.) adanmış bir teknik eğitim merkezi bulunmaktadır. Tasarım işi (mevcut kuzey cephesinin tamamen camlı bir cephe ve iç donanım ile değiştirilmesi) Data architectes Ides travaux ajansına verilmiştir (Fransa Kültür Bakanlığı, 2024). Bu restorasyon projesi, kamu ve özel sektör iş birliğiyle yürütülen bir model olup, Edirne Balon Hangarı'nın tarihî ve mimari mirasın korunması ve yeniden işlevlendirilmesi açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir.

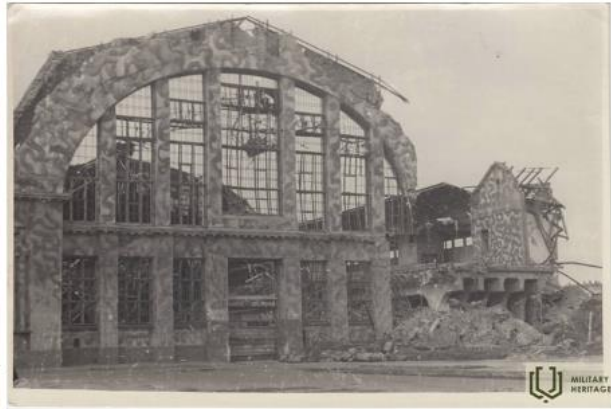
3.2. Riga Merkez Pazarı, Letonya

Riga Merkez Pazarı, bir zamanlar Avrupa'nın en iyi ve en modern pazarı olarak kabul edilen Letonya'nın en büyük pazarıdır. Pazar pavyonları 1920'lerde inşa edilmiş ve başlangıçta askerî amaçlar için kullanılmıştır. Merkez Pazarı'nın Zeplin hangarları Riga'nın merkezinde, ulaşım aksında Riga Uluslararası Otobüs Terminali'nin karşısında yer almaktadır. Letonya Savaş Müzesi'nin resmî web sitesindeki bilgiye göre Birinci Dünya Savaşı sırasında Alman ordusu, Kurzeme'de birkaç hava gemisinin kalıcı olarak bulunduğu Vaiņode Havaalanı'nı kurmuştur (Letonya Savaş Müzesi), (Şekil 25).



Şekil 25. Vainode Dirizablu Havalimanı'nın şematik diyagramı, hangar yapılarının özgün çizimi görülmektedir (Letonya Savaş Müzesi)

Letonya Savaş Müzesi'nden edinilen bilgilere göre bu bölgedeki hava gemileri keşif yapmak ya da Roņi adası gibi adalarda Rus ordusuna ait bir deniz uçağı havaalanına saldırarak düşmanı bombalamak için tasarlanmıştır. Hangarların Walhalla ve Walther olarak adlandırıldığı bilinmektedir. Letonya Bağımsızlık Savaşı'ndan sonra hangarlar sökülmüş ve orijinal boyutlarında bırakılmaları planlanarak Riga Merkez Pazarı'nın hangarlarını inşa etmek için kullanılmıştır (Şekil 26.a- 26.b).



Şekil 26.a Merkez Pazar Binaları 1940-1941 (Letonya Savaş Müzesi) **26.b** Ekim 1944, 1944-1945 Savaşı sırasında Daleyiler tarafından tahrip edilen Riga Merkez Pazar Pavyonu (Letonya Savaş Müzesi).

İnşa sırasında hangarların sadece üst kısımlarının kullanılmasına karar verilmiştir. Günümüzde Riga Merkez Pazarı'nda (Hangarın yeniden kullanımda işlevlendirilen adı) Alman ordusuna ait zeplin hangarının metal yapı elemanları görülmektedir (Şekil 27.a- 27.b)



Şekil 27.a Hangar yapılarının Riga Merkez Pazarı olarak günümüz kullanımına dair görsel (Letonya Savaş Müzesi) **27.b** Günümüz kullanımı hangar iç mekân görseli (Riga Merkez Çarşısı)

3.3. Lakehurst Hava İstasyonu, New Jersey – A.B.D.

Lakehurst Deniz Hava İstasyonu (Deniz Hava Teknik Eğitim Merkezi) Lakehurst, New Jersey'nin hemen kuzeyinde 7.400 dönümlük düz ovada yer almaktadır. 1921 yılında hizmete giren Lakehurst Donanma Hava İstasyonu, donanmanın havadan hafif uçak faaliyetlerinin merkezi hâline gelmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde hava gemilerine olan ilgi 20. yüzyılın başlarında başlamıştır. O yıllarda Almanya sert hava gemilerinin - gaz konteynerleri sabit kumaş kaplı bir çerçevenin bölmeleri içine yerleştirilmiş hava gemileri - üretiminde öncüdür ve I. Dünya Savaşı sırasında öncelikle devriye ve ikincil olarak bombalama görevleri için kullandığı bir Zeplin filosuna sahiptir (Amerika Ulusal Park Servisi). Bu hava gemilerinin başarısı, Amerika Birleşik Devletleri'nde düşman denizaltılarını ve mayınlarını tespit etmek için kıyı devriyesi ve deniz filoları için bir keşif kolu olarak geliştirilmelerine yönelik ilgiyi artırmıştır. 1921'de donanma, havadan hafif uçuş merkezi olarak hizmet vermek üzere Lakehurst Deniz Hava İstasyonunu kurmuştur.

Lakehurst'teki ilk büyük tesis, helyum dolu devasa zeplinleri barındırmak üzere 1921 yılında inşa edilen devasa bir yapı olan Hangar No. 1'dir (Şekil 28).

Şekil 28. Hangar no.1'in görseli (Amerika Ulusal Park Servisi).

Her iki uçta demiryolu rayları üzerine monte edilmiş iki çift devasa çelik kapı bulunmaktadır. Bu çift kapılar yapısal olarak hangarın kendisinden ayrıdır. Her bir kapı 1350 ton ağırlığındadır ve iki adet 20 beygir gücünde motorla çalıştırılmaktadır, ancak kapıların manuel olarak açılması için dokuz kişilik bir insan gücünün bir araya getirilmesi gerekmiştir (Amerika Ulusal Park Servisi). Hangar No. 1'e ek olarak iki küme hâlinde beş hangar daha vardır ve bu hangarların tamamı günümüzde Donanma Hava İstasyonu'ndaki eğitim ve test faaliyetleri için dönüştürülmüştür. Amerika Ulusal Park Servisi'nden edinilen bilgiye göre, 2 ve 3 numaralı hangarlarda zeplinler, 4 numaralı hangarda balonlar, 5 ve 6 numaralı hangarlarda ise sabit hava gemileri ya da zeplinler

47

bulunmaktaydı. İki hangar kümesi arasındaki alan eskiden hava gemilerini bağlamak ve hangarlara manevra yaptırmak için kullanılmaktaydı. 1920'lerin sonlarında Lakehurst, havadan hafif ticari uçuşlar için bir liman olarak uluslararası alanda tanındı.

İkinci Dünya Savaşı'nın başlamasıyla birlikte Lakehurst'teki hafif hava gemisi faaliyetleri artmıştır. Dünya Savaşı sırasında Donanma, gözlem amaçlı olarak zeplinleri kullanmış ve kıyı konvoylarına eşlik etmede ve Amerikan gemilerini denizaltı saldırılarından korumada önemli bir rol oynamışlardır (Amerika Ulusal Park Servisi). Savaşın sona ermesiyle birlikte donanmanın zeplin faaliyetleri azalmış, ancak Kore Savaşı'nın patlak vermesiyle birlikte daha da artmış ve ardından tekrar azalmıştır. Donanma, 1961 yılında havadan hafif tüm faaliyetleri durdurmuş ve zeplinlerin havasının indirilip istiflenmesini emretmiştir. Günümüzde hangar, uçak gemisi uçuş güvertesi personeli için bir eğitim tesisi olarak kullanılan sahte bir uçak gemisi uçuş güvertesine sahiptir (Şekil 30).



Şekil 30. Günümüze dair hangarın görseli (Amerika Ulusal Park Servisi).

4. SONUÇ

Edirne Balon Hangarı Edirne- Kapıkule Otoyolu üzerinde Eskikadın ve Avarız Köyleri arasında kalan mevkiye otoyol kıyısında, Osmanlı dönemi'nde Edirne'nin savunması için askerî yapıların yerleştiği, tarlalarla çevrili bir alanda yer almaktadır. Çevresinde savunma amaçlı askerî yapılar, tabyalar, askerî hastane, kışlalar ve askerî tesislerin faydalandığı hamam yer almaktadır. Bu açıdan Balon Hangarını çevresinden bağımsız ele almak yapının değerini zayıflatacaktır. Balon hangarı Edirne'deki tarihî askerî alanın önemli bir parçasıdır ve bölgenin kimliği ile bütünlüğü açısından, çevresindeki diğer askerî yapılarla bir arada düşünülmesi gereken bir yapıdır. Bu doğrultuda hazırlanacak bir program dahilinde yeniden işlevlendirilmesi önem taşımaktadır. Edirne Balon Hangarının korunması, görünürlüğünün artırılması ve özgün işlevinden uzaklaşmayacak şekilde yeniden işlevlendirilerek yaşatılması yalnız Edirne'nin kent kimliği açısından değil, inşa edildiği dönemin sahip olduğu teknolojik düzeyi ve teknolojiye ilgiyi anlamak ve bu bilgiyi gelecek nesillere aktarmak açısından da büyük önem taşımaktadır.

Dünya örnekleri üzerinden bir inceleme yapıldığında, balon hava araçlarının (zeplinlerin) teknolojisinin geliştiği dönemin hemen sonrasında I. ve II. Dünya Savaşlarının yaşanması, askerî bölgelerde yer alan pek çok hangarın - özellikle Avrupa kıtasında yer alanların - çoğunun yıkılması ile sonuçlanmasına sebep olmuştur. Bazı Avrupa ülkelerinde yer alan hangarlar hakkında bilgilere ve fotoğraflarına ilgili ulusların askerî savaş müzelerine ait resmi web sitelerinden ulaşılabilir.

Makalede yeniden işlevlendirmeye bütüncül bir bakış açısıyla odaklanılması amaçlanmakta ve bu nedenle günümüzde ayakta kalan örneklerin, yeniden işlevlendirilmeleri üzerine bir araştırma gerçekleştirilmiştir. İncelenen üç örnek farklı ülkelere aittir. Yapılardan ikisi Avrupa'dan biri Amerika Birleşik Devletleri'nden seçilmiş hangarlardır. Bu incelemede görülmektedir ki Avrupa'da savaş sonrasında epey zarar gören hangarlardan günümüze kadar ayakta kalmayı başarmış olanlardan biri Letonya'dadır ve pazar yeri olarak aynı zamanda kültür amaçlı olarak yeniden işlevlendirilmiştir. Savaş sırasında oldukça zarar gören hangar yapısına dair taşıyıcı metal elemanlar muhafaza edilmiş ve bölgenin ihtiyaç duyduğu pazar yerinin tasarlanmasında faydacı bir yaklaşımla hangar yapılarının şekilsel sürekliliği korunarak balon hangarından kalan yapı elemanları kullanılmıştır. Sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm için faydalı bir örnek sayılabilecek bu projede, hangar yapıları ile yapısal benzerliği dışında bir benzerlik taşımamaktadır. Resmi web sitelerinde yer alan bilgilere dayanarak yapının yeniden işlevlendirilmesinde de benzerliğin amaçlanmadığı söylenebilir. Yeni malzeme eklemeleri ve mekânsal düzenlemeleri ile bölgeye faydacı bir katkıda bulunmaktadır.

Fransa'da yer alan örnek, işlevselliğine ek olarak, tarihin izinin ve kültürel mirasın manevi değerinin ve yapının hikâyesinin gelecek nesillere aktarımı konusunda başarılı bulunmuştur. Tarihi yapıların korunması amacıyla yapılan restorasyon çalışmalarında genel eğilimin kültür yapısı olarak yeniden işlevlendirilmek olduğu, gerek Türkiye'de gerekse Dünya'da yer alan kültür mirasının yeni işlevleri incelendiğinde görülmektedir. Özellikle endüstri mirası yapıları hacimleri ve mekânsal imkânları nedeniyle sergi ve müze gibi faaliyetler için esnek mekânlar sunmaktadır. Fransa'da yapılan örnekte de yapı çok amaçlı etkinliklerin, bilim, sanat, teknoloji temalı aktiviteler için gerekli mekânları sağlamanın yanı sıra manevi olarak tarihin aktarımını da içerisinde yer alan balon – zeplin hangarları kalıcı sergisi ile devam ettirmektedir.

Amerika'daki örnek ise restorasyon sonrasında bölgede yer alan hangarların, uçuşlar için bir eğitim alanı olarak kurgulandığını, dolayısıyla işlev olarak neredeyse teknolojik gelişmeler gözetilerek yenilenen mekânlarda farklı altyapıda ama yine benzer ana tema olan uçuş ile ilgili işlevini devam ettirdiği görülmektedir. Bu örnek de yapıların korunması ve gelecek nesle taşınması amacını karşılamaktadır. Bu örnek yeniden işleve ihtiyaç duyulmadığını, bölgenin devam eden askerî faaliyetleri nedeniyle binayı restore ederek, dönemin ihtiyaçları eklenerek yeniden kullanımının görülebildiği iyi bir örnektir.

Uyarlanabilir yeniden kullanımda en önemli kriterlerden biri, eğer mümkünse, yapının sadece fiziksel anlamda değil, yer anlamında da devamlılığını sağlamaktır. Yeniden işlevlendirmede hava balonları artık askerî anlamda kullanılmadığından, yeni nesillere bu araçları anlatmak, yapının kullanımı ve kültürel bir referans olarak sağlamlaştırılması için bir müze içerisinde tanıtımını sağlamak iyi bir başlangıç noktası olabilir. Ancak Doğan'ın (2023) da dikkat çektiği gibi, Edirne Zeplin Hangarı'nın özel konumu, yapının ilgili işlevinin tanımlanmasını etkileme eğiliminde olabilir. Yapının bir geniş otoyolun bitişiğinde kalan konumu, yeni işlevinin tasarım kararı için önemli parametrelerden biri olabilir. Binaya doğrudan ulaşan otoyol dışında herhangi bir yol bulunmamaktadır ve bu durum müzeye dönüştürülmesi hâlinde ziyaretçiler için ulaşım sorunları yaratabilir. Ayrıca, yapının yakınında güvenlik sorunları yaratabilecek çok sayıda terk edilmiş askerî bina bulunmaktadır. Bu nedenle, yapıya yeni bir işlev önerilirken sadece yapı ölçeğinde değil, toplum için daha faydalı olmasını sağlayacak kompleks ölçeğinde de değerlendirilmelidir. Bu bakımdan sürecin çok dikkatli bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir. Dolayısıyla yapının gelecek nesillere aktarılabilmesi için öncelikle yakın ilişki içerisinde olduğu diğer askerî yapıları ve

alanları da kapsayan bir projenin içerisinde, diğer yapılarla ilişkilendirilerek yeniden işlevlendirilmesi ve sonrasında düzenli bakım görmesi ve izlenmesi gerektiği sonucuna varılmaktadır. Yapının Türk Havacılık Tarihi’ndeki yeri göz önüne alınarak yeni verilecek işlevinde mutlaka balon hangarının kendi tarihine dair serginin yer aldığı, bu alanda eğitimlerin ve atölyelerin desteklediği bir havacılık müzesi olarak işlevlendirilmesi ve kültürel bir işlev alacaksa dahi sergi bölümünün özenle ele alınması ve planlanması uygun bir yaklaşım olacaktır.

Makalenin devam çalışması olarak Edirne’de yer alan diğer askerî yapıların fiziksel tespitleri ile beraber yeniden işlevlendirilmesi çerçevesinde potansiyelleri araştırılacaktır. Söz konusu askerî miras yapılarının tamamı Balon Hangarı’nı da içeren bir endüstri mirası rotası geliştirilerek kültürel mirasın sürekliliği vurgulanacaktır. Bu çalışma ile Balon Hangarı’nın tarihî ve günümüzdeki durumu incelenmiş ve yapının literatürde görünür olması hedeflenmiştir. Buna ek olarak benzer yapıların yeniden işlevlendirilmesi ile ilgili araştırmalar ile gelecekteki işlev öneri için bir çalışma yapılmıştır. Önemli olan kültürel mirasın sürekliliği ve ilk yapılan işlevi olan Balon Hangarı – askerî uçak hangarı gibi benzer işlevler ile hayatlarına devam edemeyenlerin ihtiyaç duyulan yeni işlevlerle işlevlendirilerek varlıklarını devam ettirebilmeleridir.

5. KAYNAKÇA

Almaç, U. (2022). Balon (Zeplin) Hangarı, Edirne – Risk Altındaki Mimari Miras, Edirne Belediyesi, Kültürel Mirası Koruma Derneği, İnci Türkoğlu (ed.), ss. 189-193.

Amerika Ulusal Park Servisi, <https://www.nps.gov/articles/hangar-no-1-lakehurst-naval-air-station.htm> , 06 Şubat 2025 tarihinde erişildi.

Art Explora Foundation, <https://www.artexplora.org/en/hangar-y> 06 Şubat 2025 tarihinde erişildi.

ATASE, OİH, 110-9-1-5. (1912) Almanya'dan alınacak balonlar için yapılacak hangarlara lüzumlu araçların satın alınmasına dair yazışmalar ve hangarların planları.

Bayram, H. Y. (2024) Edirne Balon (Zeplin) Hangarı Mevcut Durum Analizi ve Koruma Önerileri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı’nda hazırlanan yüksek lisans tezi, İstanbul.

Çıtır, S. (2021). Türkiye’de Sivil Havacılık Şirketlerinin Faaliyetleri (1923-1933), T.C. İstanbul Üniversitesi, Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi Enstitüsü, Atatürk İlkeleri ve İnkılap Tarihi Anabilim Dalı’nda hazırlanan yüksek lisans tezi, İstanbul.

Doğan, H. A. (2023). Architectural Typologies Appeared by Modernism: Case Study of the Edirne Zeppelin Hangar, *Art History & Criticism / Meno İstorija ir kritika* 19, ISSN: 1882-4555 (print), ISSN: 1822-4547 (online), ss.70-80.

Fransa Kültür Bakanlığı, 2024. <https://www.culture.gouv.fr/regions/drac-ile-de-france/Actualites/actualite-a-la-une/la-restauration-du-hangar-y-et-la-reouverture-au-public-de-l-etang-de-chalais> , 06 Şubat 2025 tarihinde erişildi.

Geçili, D. (2024). Hava Balonlarının (Zeplin) Havacılık Tarihindeki Yeri. *Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Havacılık Ve Uzay Çalışmaları Dergisi*, 4(1), 48-74. <https://doi.org/10.52995/jass.1348868>

- Gerstmann, P., dos Santos R. B. (2020). Transcultural Cooperation – The Example of Zeppelin, Transcultural Management Series, Volume.6; Brazilian Perspectives on Transcultural Leadership, Josep Wieland and Julika Bauman Montecinos (eds.), Metropolis-Verlag, Marburg, ss.79-95.
- İhsanoğlu, E. (1995). Osmanlı Havacılığı'na Genel Bir Bakış, *İslam Tarih, Sanat ve Kültür Araştırma Merkezi*, No:6, s.499.
- İlmen, S. (1947). Türkiye'de Tayyarecilik ve Balonculuk Tarihi, Hilmi Yayınevi, İstanbul.
- Kazancıgil, R. (1986) Hafız Rakım Ertür'ün Anılarından Balkan Savaşında Edirne Savunması Günleri, Edirne Araştırması Merkezi, Kırklareli.
- Kurt, D., ve Korkmaz, E. (2018) Yeni Arşiv Belgeleri Işığında Türk Askerî Havacılığının Doğuşu (1911-1912). *Savunma Bilimleri Dergisi, Cilt: 17 Sayı: 2*, 207 – 251. <https://doi.org/10.17134/khosbd.477296> , 06 Şubat 2025 tarihinde erişildi.
- Kültür Envanteri Haritası. (2024). <https://kulturenvanteri.com/harita/#14.47/41.70181/26.53204> , 06 Şubat 2025 tarihinde erişildi.
- Letonya Savaş Müzesi, <https://militaryheritagetourism.info/en/military/sites/view/120?0&lang=en&a=od> , 06 Şubat 2025 tarihinde erişildi.
- Osman Gazi BAYKAL: “Balonculuk Tarihçemiz”, <http://www.airkule.com/yazar/BALONCULUK-TARIHCEMIZ/338/> 06 Şubat 2025 tarihinde erişildi.
- Özgüven, H. Burcu, Aslı Meral and Saygın Alkan. (2014). Zeplin Hangari, Edirne. Docomomo Türkiye Ulusal Çalışma Grubu Yapi/Yerleşim Tanitim Formu, 2014, 1–8.
- Riga Merkez Çarşısı (Riga Central Market), <https://www.liveriga.com/en/1597-riga-central-market> 06 Şubat 2025 tarihinde erişildi.
- Şakul K. (2003). Osmanlı'da Balonlar ve Balonculuk, Gökten Çadır Düştü!, *Toplumsal Tarih, C. 19, İstanbul Eylül 2003*, s. 117.
- Vivian, E. C. (1921), A History of Aeronautics. https://books.google.com.tr/books/about/A_History_of_Aeronautics.html?id=H3RbTcGU68gC&redir_esc=y 06 Şubat 2025 tarihinde erişildi.
- Yalçın, O. (2021). Türk Hava Gücü (1911-1950). Türkiye İş Bankası Yayınları, İstanbul.
- Zamacı, A. (2011). Birinci Balkan Harbi'nde Edirne Semalarında Bulgar Tayyare ve Balonları, *Trakya Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi, Cilt: 1, Sayı: 2, Temmuz-2011*, s. 199-225.
- Zobar, G. (2024, Şubat 03). 03.02.2024 tarihli 'Edirne'deki Balon Hangarı restore edilecek' isimli haberi, Anadolu Ajansı, <https://www.aa.com.tr/tr/kultur/edirnedeki-tarihi-balon-hangari-restore-edilecek/3126559> erişim tarihi: 29.03.2025.



DERİN ÖĞRENME TEKNİKLERİ KULLANARAK RETİNA HASTALIĞI SINIFLANDIRMASI

RETINAL DISEASE CLASSIFICATION USING DEEP LEARNING TECHNIQS

DOI: 10.20854/bujse.1612453

Fatma Ayan¹ Soydan Serttaş^{2,*}

Öz

Bu çalışma, derin öğrenme tekniklerini kullanarak retina hastalıklarının otomatik sınıflandırılmasını ve teşhis süreçlerini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Retina hastalıkları, özellikle diyabetik retinopati, yaşa bağlı maküler dejenerasyon (AMD), glokom ve retina damar tıkanıklığı, dünya genelinde görme kaybının başlıca nedenleri arasındadır. Bu hastalıkların erken teşhisi ve doğru sınıflandırılması, görme kaybını önlemek adına kritik bir öneme sahiptir. Derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar, insan faktörüne bağlı teşhis hatalarını azaltarak yüksek doğruluk oranları sunmakta ve retina görüntüleme yöntemlerinin etkinliğini artırmaktadır.

Çalışmada, evrimsel sinir ağları (CNN) ve transfer öğrenme teknikleri kullanılarak retina hastalıklarının sınıflandırılmasının karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Fundus ve optik koherens tomografi (OCT) görüntüleri üzerinde yapılan analizler, yüksek doğruluk oranlarıyla bu yöntemlerin etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Ağlar, doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru gibi metriklerle değerlendirilmiş ve klinik uygulamalardaki potansiyelleri irdelenmiştir.

Araştırma sonuçları, derin öğrenme yöntemlerinin, retina hastalıklarının erken teşhisinde hız ve doğruluk gibi konularda katkı sunduğunu göstermektedir. Özellikle CNN tabanlı ağların performansı, uzman teşhis süreçlerini destekleyerek görme kaybını önlemeye yönelik önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu çalışma, tıbbi görüntüleme teknolojilerinde derin öğrenmenin kullanımına dair yeni bir perspektif sunmakta ve sağlık profesyonellerinin iş yükünü azaltacak çözüm önerileri ortaya koymaktadır.

Abstract

This study aims to complete the automatic classification and diagnosis processes of retinal diseases using deep learning technics. Retinal diseases, especially diabetic retinopathy, age-related macular degeneration (AMD), glaucoma and retinal vascular fragments, are among the main causes of vision loss worldwide. Early diagnosis and correct classification of this disease is critical for preventing vision loss. Deep learning-based technics offer high accuracy rates in calculating diagnostic errors due to human factors and the procedures of retinal imaging methods are increased.

In the study, the classification of retinal diseases was carried out using convolutional neural networks (CNN) and transfer learning technics. Analyses performed on fundus and optical coherence tomography (OCT) images reveal that these methods are effective with high accuracy rates. The obtained networks were evaluated with metrics such as accuracy, precision, recall and F1 score and their potential in clinical applications was examined.

The research results show that deep learning technics can provide contributions such as accuracy, precision and reproducibility in the early diagnosis of retinal diseases. In particular, the performance of CNN-based technics provides a significant contribution to increasing their losses by supporting expert diagnosis processes. This study presents a new perspective on the use of deep learning in treatment imaging technologies and suggests solutions that will reduce the workflow of healthcare professionals.

Anahtar Kelime: derin öğrenme, retina hastalıkları, fundus görüntüleme, transfer öğrenme, CNN

Keywords: deep learning, retinal diseases, fundus imaging, transfer learning, CNN

¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, fatmaoztanir@gmail.com, orcid.org/0009-0009-9750-5788

^{2,*} Sorumlu Yazar: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, soydan.serttas@dpu.edu.tr, orcid.org/0000-0001-8887-8675

1. GİRİŞ

Retina, gözün iç yüzeyinde yer alan ve ışığı algılayarak görme işlemini başlatan hayati bir dokudur. Retina hastalıkları, bu dokunun yapısında ve işlevinde bozulmalara yol açarak ciddi görme kaybına neden olabilir. Özellikle diyabetik retinopati, yaşa bağlı maküler dejenerasyon, glokom ve retina damar tıkanıklığı gibi hastalıklar, retina kaynaklı görme kaybının başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) raporlarına göre, dünya genelinde yaklaşık 2,2 milyar insan bir tür görme bozukluğundan etkilenmekte olup, bu vakaların büyük bir kısmı önlenabilir veya tedavi edilebilir durumdadır (World Health Organization, 2019).

Retina hastalıkları genellikle erken dönemde belirgin semptomlar göstermediğinden, teşhis ve tedavide gecikmeler yaşanabilmektedir. Bu nedenle, erken tanı ve doğru sınıflandırma, görme kaybını önlemek adına büyük önem taşımaktadır. Gelişen teknolojilerle birlikte optik koherens tomografi, fundus fotoğrafçılığı ve fluorescein anjiyografi gibi görüntüleme yöntemleri retina hastalıklarının teşhisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Retina görüntülerinin analizinde insan uzmanlara bağlı teşhislerde çeşitli faktörler nedeniyle hata oranları gözlemlenmektedir. Örneğin, araştırmalar retina hastalıklarının teşhisinde göz uzmanları arasında önemli ölçüde değişkenlik bulunduğunu ve bazı durumlarda teşhis doğruluğunun %65 ile %85 arasında değişebildiğini göstermiştir (Ting et al., 2017). Bu hataların başlıca nedenleri arasında görüntüleme kalitesindeki farklılıklar, uzmanların deneyim düzeyindeki çeşitlilik ve yorgunluk gibi insan faktörleri yer almaktadır. Bu bağlamda, yapay zeka ve derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar, hata oranlarını azaltarak tutarlı ve hızlı teşhisler sağlamada önemli bir çözüm sunmaktadır. Bununla birlikte, retina görüntülerindeki karmaşıklık ve insan faktörüne bağlı teşhis hatalarını azaltmak amacıyla yapay zeka ve derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Gulshan et al., 2016). Bu kapsamda, retina hastalıklarının sınıflandırılmasında kullanılan derin öğrenme yöntemleri, görme kaybını önlemeye yönelik tedavi süreçlerini hızlandırmakta ve göz sağlığı alanında yeni ufuklar açmaktadır.

Son yıllarda, yapay zeka ve özellikle derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar, retina hastalıklarının sınıflandırılmasında büyük bir ilerleme sağlamıştır. Özellikle evrimsel sinir ağları gibi derin öğrenme yöntemleri, retina görüntülerini otomatik olarak analiz ederek hastalıkları yüksek doğruluk oranlarıyla sınıflandırabilmektedir (Leibig et al., 2017). Bu yöntemler, retina hastalıklarının farklı evrelerini tanımlamak için hem tanı koyma sürecini hızlandırmakta hem de uzmanlar arasındaki teşhis farklılıklarını minimize etmektedir.

Derin öğrenme, makine öğrenmesi alanının bir alt dalı olarak çok katmanlı sinir ağları kullanarak büyük miktarda veriden öğrenme yeteneğine sahiptir. CNN'ler, görüntü işleme alanında yüksek doğruluk oranlarına ulaşmasıyla bilinir ve tıbbi görüntüleme gibi karmaşık uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Litjens et al., 2017). Bu bağlamda, derin öğrenme tabanlı sistemler, doktorların karar verme süreçlerini destekleyen güçlü bir araç haline gelmektedir (Gulshan et al., 2016; Esteva et al., 2017).

2. RETİNA HASTALIKLARININ SINIFLANDIRILMASINDA DERİN ÖĞRENME YAKLAŞIMLARI

Son yıllarda, yapay zeka ve derin öğrenme tabanlı yöntemler, retina görüntülerinin analizinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemler, fundus fotoğrafları ve OCT görüntüleri gibi verilerden otomatik olarak öğrenerek hastalıkların sınıflandırılmasında yüksek doğruluk oranları sunmaktadır (Gulshan et al., 2016). Derin öğrenme tabanlı algoritmalar, diyabetik retinopatinin farklı evrelerini ayırt etmek ve AMD'nin kuru ve ıslak formlarını sınıflandırmak için de kullanılmaktadır (Ting et al., 2017).

Retina hastalıkları sınıflandırma süreçleri, retina görüntülerinden elde edilen verilerin analizine dayanır. Fundus fotoğrafları, mikroanevrizmalar, kanamalar, eksüdalar ve diğer patolojik özelliklerin tanımlanmasında kullanılırken OCT retina tabakasının mikroskopik düzeyde incelenmesini sağlar (Gulshan et al., 2016; Ting et al., 2017). Özellikle OCT görüntüleri, yaşa bağlı maküler dejenerasyon gibi hastalıklarda kuru ve ıslak tiplerin ayrımında kritik bilgiler sunar (Spaide et al., 2008). Ayrıca, fundus autofloresans görüntüleme, retinal pigment epiteli (RPE) hastalıklarını tespit etmek için önemlidir. Görme alanı testleri,

hastaların görsel fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılır. (Brown et al., 2019; Wong et al., 2020). Diabetik retinopati, yaşa bağlı AMD ve retinal damar tıkanıklığı gibi hastalıkların erken tespiti için CNN'ler, görüntü işleme ve sınıflandırma alanında büyük başarılar elde etmiştir (Gulshan et al., 2016). Bunun yanı sıra, derin öğrenme ağları arasında U-Net gibi mimariler, segmentasyon görevlerinde kullanılarak, retina yapılarını doğru bir şekilde ayırmada etkili olmuştur (Ronneberger et al., 2015).

Gulshan ve arkadaşları (2016), diabetik retinopatiyi sınıflandırmak için bir CNN yapısı kullanmış ve ağın doğruluğunu %90'ın üzerinde bir başarıyla doğrulamıştır. Çalışmada kullanılan yöntem, fundus görüntülerini analiz ederek, hastalığın erken aşamalarını tespit etmeye yönelik oldukça etkili bir araç sunmuştur.

Ronneberger ve arkadaşları (2015), U-Net'in biyomedikal görüntü segmentasyonundaki başarısını göstererek, retina hastalıklarının daha hassas bir şekilde tanımlanmasını sağlamıştır. U-Net tabanlı yöntem, özellikle damar yapılarının ve lezyonların doğru bir şekilde segment edilmesi konusunda yüksek başarı oranları elde etmiştir. Ayrıca, Lee ve arkadaşları (2017), yaşa bağlı AMD gibi retinal hastalıkları sınıflandırırken, CNN'lerin yanı sıra transfer öğrenmeyi de kullanmış ve %94 doğruluk oranı sağlamıştır.

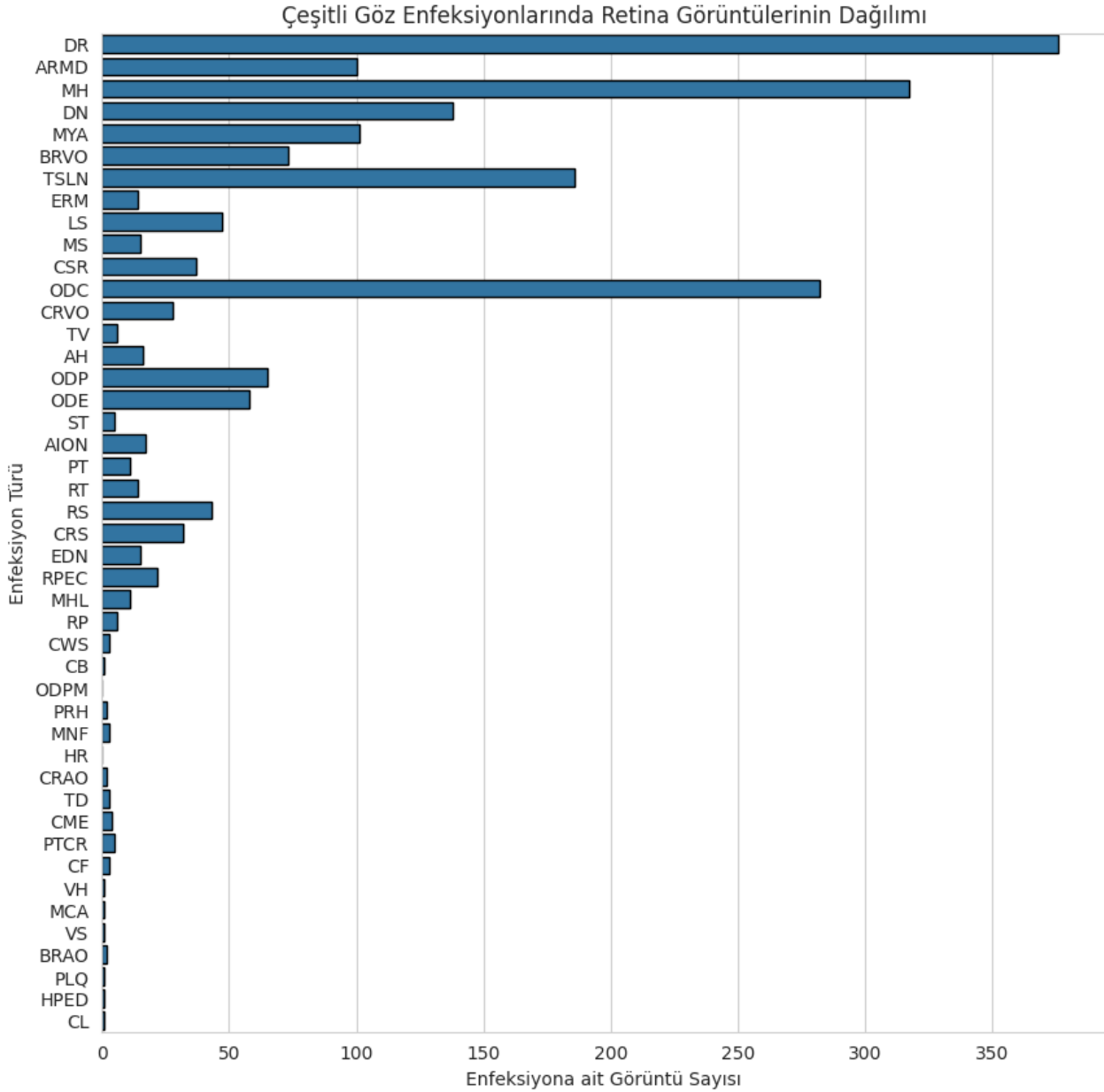
Deye ve arkadaşları (2020), çeşitli görüntüleme tekniklerinden (fundus fotoğrafları, OCT ve fluorescein anjiyografi) elde edilen verileri birleştirerek, derin öğrenme ağlarının doğruluğunu %92 oranına çıkarmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Veri Seti

RFMID (Retinal Fundus and Multimodal Imaging Database), retina hastalıklarının sınıflandırılması ve tespiti için kullanılan önemli bir tıbbi görüntü veri setidir. Bu veri seti, fundus görüntüleri, OCT, fluorescein anjiyografi ve diğer multimodal görüntüleme verilerini içeren bir koleksiyondur. Bu veri setinin kullanılması, retina hastalıklarının otomatik tespiti ve sınıflandırılmasında önemli bir adımdır ve klinik ortamda uygulama için büyük potansiyel taşır (Zhang et al., 2021). RFMID, retinal fundus görüntülerinden oluşan ve 45 farklı hastalık veya patolojiyi içeren kapsamlı bir veri setidir. Veri seti, toplamda 3.200 renkli fundus görüntüsünden oluşmakta olup, eğitim, doğrulama ve test setlerine ayrılmıştır. Her görüntü, normal veya anormal (hastalık) durumlarını belirten etiketlere sahiptir. Veri seti içerisinde sıra numarası, hastalık olup olmadığı, hastalığın cinsini belirten 47 sütundan oluşmaktadır. RFMID veri setine "RIADD (ISBI-2021) Grand Challenge" platformu üzerinden erişilebilmektedir. Bu veri seti, retinal fundus görüntüleri üzerinde çoklu hastalık tespiti çalışmaları gerçekleştirmek isteyen araştırmacılar için önemli bir kaynak sunmaktadır (RIADD, 2021).

Şekil 1 RFMID veri seti içindeki hastalık dağılımını göstermektedir. Veri setinde belirgin bir sınıf dengesizliği olması sebebiyle örnek sayısı 300 ve üzerindeki hastalıklar seçilip bunun altındaki sınıflar "Diğer" kategorisinde gruplanmıştır. Çok etiketli sınıflandırma için yalnızca en yaygın görülen iki hastalık Diabetic Retinopathy ve Macular Hole (DR-MH) dikkate alınmıştır.



Şekil 1: RFMID Veri Seti İçindeki Hastalık Dağılımı.

Bu veri seti kullanılarak, öncelikle hastalık varlığı ve yokluğu arasında bir sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma işlemi, veri setindeki "Disease_Risk" sütunundaki değerlere dayanarak, hastalık varlığı ve yokluğu arasındaki dağılım inceleyerek gerçekleştirilmiştir. Bu makalede toplamda üç farklı ağ oluşturulmuştur. Oluşturulan iki ağ yalnızca hasta/hasta değil sınıflandırması yaparken üçüncü ağ veri setinde en çok örnek içeren iki hastalığı (DR ve MH) esas alarak bu ikisini tespit etmiştir (Multilabel Classification).

Veri seti eğitim için %60, doğrulama için %20, test için %20 olarak ayrılmıştır. Eğitim için ayrılan kısımda 1920 veri, doğrulama için ayrılan kısımda 640 veri, test için ayrılan kısımda ise 640 veri bulunmaktadır.

3.2. Performans Parametreleri

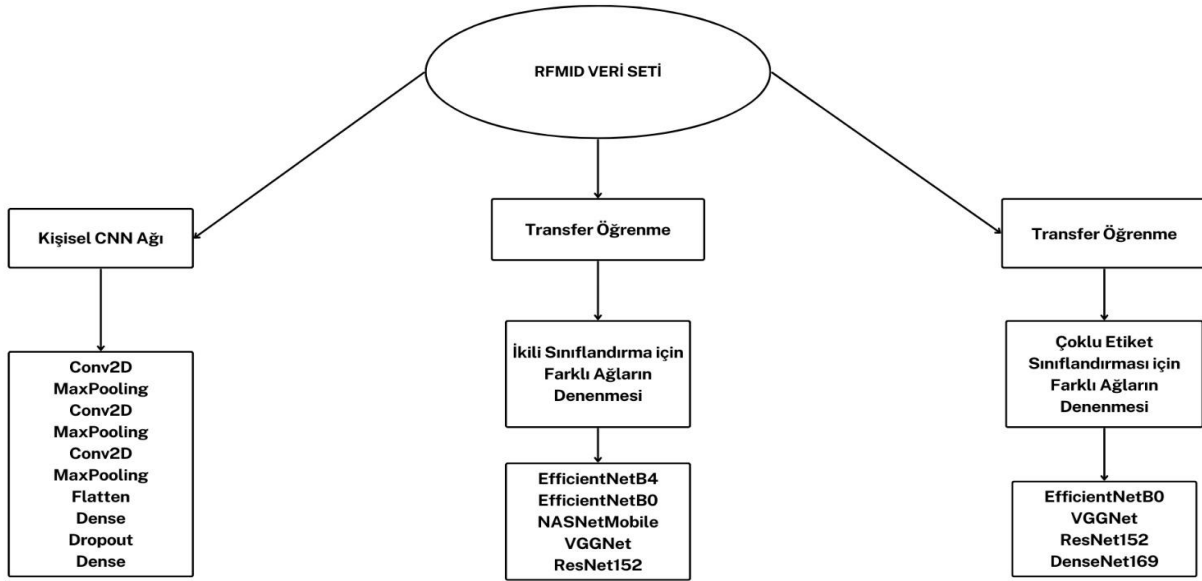
- Kesinlik (Precision): Gerçek Pozitiflerin, toplam pozitif tahminlere oranıdır. Bu metrik, ağın yanlış pozitif (false positive) tahminlerini ne kadar iyi kontrol edebildiğini göstermektedir (Denklem 1).
- Duyarlılık (Recall): Gerçek Pozitiflerin, toplam pozitif gerçek değerlere oranıdır. Duyarlılık, yanlış negatif (false negative) tahminlerin etkisini değerlendirmek için önemli bir metriktir (Denklem 2).
- F1-skoru (F1-Score), duyarlılık ve kesinlik değerlerinin harmonik ortalamasıdır (Denklem 3).

$$F1 \text{ Skor} = \frac{(2 \times \text{Kesinlik} \times \text{Duyarlılık})}{(\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık})} \quad \text{Denklem (1)}$$

$$\text{Kesinlik} = \frac{\text{Gerçek Pozitifler}}{(\text{Gerçek Pozitifler} + \text{Yanlış Pozitifler})} \quad \text{Denklem (2)}$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{\text{Gerçek Pozitifler}}{(\text{Gerçek Pozitifler} + \text{Yanlış Negatifler})} \quad \text{Denklem (3)}$$

3.3. Kullanılacak Ağ Tasarımı



Şekil 2: Veri Seti Üzerinde Çalışılan Ağ ve Tekniklerin Akış Diyagramı.

Şekil 2 RFMID veri kümesi kullanılarak gerçekleştirilen derin öğrenme çalışmasının genel yapısını göstermektedir. Çalışma, iki ana yaklaşımı içermektedir: kişisel bir CNN ağı geliştirme ve transfer öğrenimi kullanımı. Kişisel CNN Ağı başlığında, temel bileşenler sırasıyla Conv2D, MaxPooling, Flatten, Dense ve Dropout katmanları ile modellenmiştir. Bu yaklaşım, özel bir derin öğrenme ağı tasarımı ve eğitimi üzerine odaklanmaktadır. Transfer Öğrenimi yaklaşımı ise iki alt gruba ayrılmaktadır: ikili sınıflandırma ve çoklu etiket sınıflandırma. Her iki sınıflandırma türü için EfficientNet (B4 ve B0), NASNetMobile, VGGNet, ResNet152 ve DenseNet169 gibi çeşitli önceden eğitilmiş ağ yapıları kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, farklı ağ yapısı performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

3.4. Kullanılan Transfer Öğrenme Teknikleri

Transfer öğrenimi (transfer learning), bir ağı bir görevde öğrendiği bilgileri başka bir göreve uyarlamasını sağlayan makine öğrenimi tekniğidir. Bu teknik, özellikle büyük veri setlerine ve hesaplama kaynaklarına erişimin sınırlı olduğu durumlarda, daha küçük veri setleriyle etkili ağlar oluşturmak için kullanılır. Transfer öğreniminde genellikle, önceden büyük ve genel bir veri seti üzerinde eğitilmiş bir ağ yapısı alınır ve bu ağ, hedef görev için yeniden eğitilir (fine-tuning) veya doğrudan kullanılır. Bu yaklaşım, derin öğrenme ağlarının eğitim süresini kısaltırken performansı artırır ve bilgisayarla görüden doğal dil işleme kadar geniş bir alanda başarıyla uygulanmaktadır (Pan ve Yang, 2010). Bu makalede de bu yöntemden faydalanılarak EfficientNetB4, EfficientNetB0, NASNetMobile, VGGNet, ResNet152, DenseNet169 ağları kullanılmıştır.

EfficientNet (B0 ve B4) ağları, Tan ve Le (2019) tarafından geliştirilen ve derin öğrenme tekniği

ölçeklendirmesi için "Compound Scaling" yöntemini kullanan bir ağ mimari ailesidir. Bu teknik, ağın genişliğini, derinliğini ve çözünürlüğünü birlikte optimize ederek daha verimli bir ağ yapısı sunar. EfficientNet-B0, ağ ailesinin temel versiyonu olup daha küçük hesaplama kaynaklarıyla çalışabilirken, EfficientNet-B4 daha karmaşık bir yapıya sahiptir ve doğruluk açısından daha yüksek potansiyel sunmaktadır. Bu ağ yapıları, sınıflandırma problemlerinde yüksek performansı ve düşük hesaplama maliyetleri ile öne çıkmaktadır (Tan & Le, 2019).

NASNetMobile, sınırlı kaynaklara sahip cihazlarda verimli çalışacak şekilde optimize edilmiş bir ağ yapısıdır. Google tarafından geliştirilen bu yapı, "Neural Architecture Search (NAS)" mimarisi kullanılarak tasarlanmıştır. NASNetMobile, mobil cihazlar gibi düşük hesaplama gücüne sahip ortamlar için ideal bir seçimdir ve parametre verimliliği ile dikkat çekmektedir (Zoph et al., 2018).

VGGNet, Simonyan ve Zisserman (2014) tarafından derin yapı bir sinir ağı olarak geliştirilmiştir. 16 veya 19 katmanlı versiyonlarıyla (örneğin VGG16 ve VGG19) bilinen bu ağ yapısı, ardışık küçük (3×3) filtreler kullanarak basit ancak etkili bir mimariye sahiptir. VGGNet, sınıflandırma problemlerinde sağlam performansı ve genelleme yeteneğiyle tanınır (Simonyan & Zisserman, 2014).

ResNet (152 katmanlı), He ve arkadaşları (2015) tarafından geliştirilen ve "residual connections" kullanarak derin ağlardaki kaybolan gradyan problemini çözen bir yapıdır. ResNet-152, 152 katmanlı yapısıyla derin öğrenme teknikleri arasında öne çıkar ve yüksek doğruluk gerektiren görevlerde etkili sonuçlar sağlar. ResNet'in başarısı, gradyanların daha verimli şekilde yayılmasını sağlaması ve derin ağları eğitilebilir hale getirmesinden kaynaklanmaktadır (He et al., 2016).

DenseNet (DenseNet169), Huang ve arkadaşları (2017) tarafından önerilen ve her katmanın tüm önceki katmanlarla bağlantılı olduğu bir CNN yapısıdır. Bu yoğun bağlantılar, parametre verimliliğini artırırken bilgi ve gradyanların daha iyi iletilmesine olanak tanır. DenseNet169, özellikle veri yetersizliği olan durumlarda etkili sonuçlar üretmek için uygundur ve yüksek doğruluk gerektiren görevlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Huang et al., 2017).

4. BULGULAR

4.1. Oluşturulan CNN Ağ Yapısının Performansının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada sınıflandırma, iki sınıflı bir veri kümesinde test edilmiştir. Ağ başarımını değerlendirmek için kesinlik, duyarlılık, F1 skor ve doğruluk gibi temel performans metrikleri kullanılmıştır. Aşağıda, bu metrikler ve sonuçların yorumları detaylı bir şekilde ele alınmaktadır:

Tablo 1: Oluşturulan CNN ağı performans değerlendirilmesi.

Sınıflandırma	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skor	Veri Sayısı
0 (y_test)	0,85	0,38	0,53	134
1 (y_pred)	0,86	0,98	0,92	506
Doğruluk	-	-	0,86	640
Makro ortalama	0,85	0,68	0,72	640
Ağırlıklı ortalama	0,86	0,86	0,83	640

Tablo 1'e bakıldığında duyarlılık değerleri 0,38 ve 0,98'dir. Bu, sınıf 1'e ait örneklerin %98'inin doğru bir şekilde sınıflandırıldığını göstermektedir. Ağ, sınıf 1 için oldukça başarılı bir performans sergilemektedir. F1 skor değerleri 0,53 ve 0,92 olarak bulunmuştur. Bu değerler, ağın sınıf 1 üzerindeki tahminlerinde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.

Makro ortalama (Macro Average), her bir sınıfın metriklerinin eşit ağırlıkta ortalamasını alır (Kesinlik: 0,85, Duyarlılık: 0,68, F1 skor: 0,72). Bu değerler, sınıflar arasında performans dengesizliklerinin olduğunu

göstermektedir.

Ağırlıklı ortalama (Weighted Average), sınıfların veri sayısı değerleriyle ağırlıklandırılmış metrik ortalamalarını ifade eder (Kesinlik: 0,86, Duyarlılık: 0,86, F1 skor: 0,83). Ağırlıklı ortalama, veri kümesindeki sınıf dengesizliklerini dikkate alarak daha genel bir başarı değerlendirmesi sunar. Bu metrikler, ağın genel olarak iyi bir performans sergilediğini göstermektedir.

Bu sonuçlar, ağın sınıf 1'i tespit etmede oldukça başarılı olduğunu ancak sınıf 0 üzerinde geliştirilmesi gereken yönleri bulunduğunu göstermektedir. Özellikle sınıf 0 için duyarlılık değerinin düşük olması, ağ yapısının bu sınıfta yanlış negatif sonuçlar üretmeye daha yatkın olduğunu ortaya koymaktadır. Veri kümesindeki sınıf dengesizliği, bu performans farkının ana nedenlerinden biridir.

4.2. İkili Sınıflandırmada Transfer Öğrenme Performans Değerlendirmesi

4.2.1. EfficientNetB4 ağı

Tablo 2: EfficientNetB4 ağı performans değerlendirmesi.

Sınıflandırma	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skor	Veri Sayısı
Sağlıklı	0,85	0,38	0,53	134
Hasta	0,86	0,98	0,92	506
Doğruluk	-	-	0,86	640
Makro ortalama	0,85	0,68	0,72	640
Ağırlıklı ortalama	0,86	0,86	0,83	640

Tablo 2'ye bakıldığında sınıflar arasındaki veri dağılımına göre ağırlıklandırılmış ortalamalar kesinlik, duyarlılık ve F1 skor için sırasıyla 0,87, 0,85 ve 0,85'tir. Ağırlıklı ortalamalar, ağın genel performansını daha iyi yansıttığı için makro ortalamalardan daha anlamlıdır. Ağ genel olarak iyi bir performans sergilemiş olsa da, "Sağlıklı" sınıfındaki performansın artırılması daha dengeli bir sınıflandırma için gereklidir.

4.2.2. EfficientNetB0 ağı

Tablo 3: EfficientNetB0 ağı performans değerlendirmesi.

Sınıflandırma	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skor	Veri Sayısı
Sağlıklı	0,68	0,43	0,52	134
Hasta	0,86	0,95	0,90	506
Doğruluk	-	-	0,84	640
Makro ortalama	0,77	0,69	0,71	640
Ağırlıklı ortalama	0,82	0,84	0,82	640

Tablo 3'e bakıldığında ağın duyarlılık değerine bakıldığında "Hasta" olanların %95'ini doğru bir şekilde tespit etmiştir. Bu, enfekte olanları tespit etme oranının oldukça yüksek olduğunu gösterir. Makro ortalama bakıldığında duyarlılık (0,69) düşük olduğundan, "Sağlıklı" sınıfındaki zayıf performansı yansıtmaktadır. Sınıflar arasındaki veri dağılımına göre ağırlıklandırılmış ortalamalar kesinlik, duyarlılık ve F1 skor için sırasıyla 0,82, 0,84 ve 0,82'dir.

4.2.3. NASNetMobile ağı

Tablo 4: NASNetMobile ağı performans değerlendirmesi.

Sınıflandırma	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skor	Veri Sayısı
Sağlıklı	0,00	0,00	0,00	134
Hasta	0,79	1,00	0,88	506
Doğruluk	-	-	0,79	640
Makro ortalama	0,40	0,50	0,44	640
Ağırlıklı ortalama	0,63	0,79	0,70	640

Tablo 4'e bakıldığında ağın genel doğruluk oranı %79'tur. Bu doğruluk tek başına çok fazla bilgi vermez çünkü "Sağlıklı" sınıfının örnek sayısı "Hasta" sınıfına göre çok daha az olmuştur. Bu durum, ağın çoğunlukla "Hasta" sınıfını tahmin ettiğini ve bu sınıf üzerinde yüksek performans gösterdiğini düşündürmektedir. "Sağlıklı" sınıfı üzerinde sıfır performans gösterildiği için, doğruluk oranı yanıltıcı olabilir. Makro ortalama, her iki sınıfın performansını eşit bir şekilde değerlendirdiğinden, ağın genel başarısının düşük olduğu görülmektedir. Özellikle "Sağlıklı" sınıfının kötü performansı, bu ortalamaları olumsuz etkilemiştir.

4.2.4.VGGNet ağı

Tablo 5: VGGNet ağı performans değerlendirmesi.

Sınıflandırma	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skor	Veri Sayısı
Sağlıklı	0,66	0,54	0,60	134
Hasta	0,88	0,93	0,91	506
Doğruluk	-	-	0,85	640
Makro ortalama	0,77	0,74	0,75	640
Ağırlıklı ortalama	0,84	0,85	0,84	640

Tablo 5'e bakıldığında ağın genel doğruluk oranı %79'tur, bu doğruluk tek başına çok fazla bilgi vermez çünkü "Sağlıklı" sınıfının örnek sayısı "Hasta" sınıfına göre çok daha az olmuştur. Bu durum, ağın çoğunlukla "Hasta" sınıfını tahmin ettiğini ve bu sınıf üzerinde yüksek performans gösterdiğini düşündürmektedir.

4.2.5.Değerlendirme

En başarılı ağlar EfficientNetB4 ve VGGNet olmuştur, ancak VGGNet daha dengeli bir performans sergilemiştir. VGGNet her iki sınıfı da daha dengeli bir şekilde tanımlamış ve F1 skoru açısından tatmin edici bir değer sunmuştur.

EfficientNetB4'de "Hasta" sınıfındaki yüksek kesinlik ve duyarlılık değerleri dikkat çekici olmuştur. Ancak "Sağlıklı" sınıfındaki düşük kesinlik (0,60) bu ağın biraz dengesiz olduğunu göstermiştir. VGGNet'te her iki sınıf için de daha dengeli bir başarı oluşmuştur. "Sağlıklı" sınıfı için duyarlılık daha düşük olsa da, kesinlik ve F1 skoru daha yüksek çıkmıştır. "Hasta" sınıfı için de iyi bir performans sergilemiştir.

4.3. Diabetic Retinopathy ve Macular Hole Hastalıkları İçin Multilabel Transfer Öğrenme Değerlendirmesi

4.3.1.EfficientNetB0 ağı

Tablo 6: EfficientNetB0 ağı performans değerlendirmesi.

Sınıflandırma	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skor	Veri Sayısı
Sağlıklı	0,93	0,94	0,94	508
Hasta	0,76	0,73	0,75	132
Doğruluk	-	-	0,90	640
Makro ortalama	0,85	0,84	0,84	640
Ağırlıklı ortalama	0,90	0,90	0,90	640

Tablo 6'ya bakıldığında ağ, "Sağlıklı" sınıfında iyi bir performans sergilemiştir. Kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru 0,94 civarında çıkmış olup bu sınıfın doğru sınıflandırılması için önemli bir artı olmuştur. "Hasta" sınıfında kesinlik ve duyarlılık değerleri biraz daha düşük olmasına rağmen 0,75 F1 skoru, ağın bu sınıfı başarılı bir şekilde sınıflandırdığını göstermiştir.

4.3.2.VGG16 ağı

Tablo 7: VGG16 ağı performans değerlendirmesi.

Sınıflandırma	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skor	Veri Sayısı
---------------	----------	------------	---------	-------------

Sağlıklı	0,92	0,93	0,92	508
Hasta	0,71	0,68	0,70	132
Doğruluk	-	-	0,88	640
Makro ortalama	0,82	0,81	0,81	640
Ağırlıklı ortalama	0,88	0,88	0,88	640

Tablo 7'ye bakıldığında ağ "Sağlıklı" sınıfında sınıfta iyi bir performans sergilemiştir. Kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru 0,92 civarında çıkmış olup bu sınıfın doğru sınıflandırılması için iyi bir değerdir. "Hasta" sınıfı için kesinlik (0,71), duyarlılık (0,68) ve F1 skoru (0,70) ile daha düşük değerlere sahip olmuştur. Bu, ağın bu sınıfı doğru tanımda bazı eksiklikler olduğunu göstermektedir. Özellikle duyarlılık değerinin düşük olması ağın bazı "Hasta" örneklerini yanlış sınıflandırdığını veya gözden kaçırdığını göstermektedir.

4.3.3.DenseNet169 ağı

Tablo 8: DenseNet169 ağı performans değerlendirmesi.

Sınıflandırma	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skor	Veri Sayısı
Sağlıklı	0,94	0,93	0,94	508
Hasta	0,75	0,78	0,76	132
Doğruluk	-	-	0,90	640
Makro ortalama	0,84	0,86	0,85	640
Ağırlıklı ortalama	0,90	0,90	0,90	640

Tablo 8'e bakıldığında ağ "Sağlıklı" sınıfında sınıfta iyi bir performans sergilemiştir. Kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru 0,94 civarında çıkmış olup bu sınıfın doğru sınıflandırılması için iyi bir değer olmuştur. Ağ, "Hasta" sınıfı için kesinlik (0,75), duyarlılık (0,78) ve F1 skoru (0,76) ile daha düşük değerlere sahip olmuştur. Bu, ağın "Hasta" sınıfını doğru tanıma konusunda bazı eksiklikler yaşadığını göstermekle birlikte yine de iyi bir performans olarak kabul edilebilir.

4.3.4.ResNet152 ağı

Tablo 9: ResNet152 ağı performans değerlendirmesi.

Sınıflandırma	Kesinlik	Duyarlılık	F1 skor	Veri Sayısı
Sağlıklı	0,93	0,91	0,92	508
Hasta	0,69	0,73	0,71	132
Doğruluk	-	-	0,88	640
Makro ortalama	0,81	0,82	0,81	640
Ağırlıklı ortalama	0,88	0,88	0,88	640

Tablo 9'a bakıldığında ağ "Sağlıklı" sınıfında sınıfta iyi bir performans sergilemiştir. Kesinlik, duyarlılık ve F1 skoru 0,92 civarında çıkmış olup bu sınıfın doğru sınıflandırılması için iyi bir değer olmuştur. Ağ "Hasta" sınıfı için kesinlik (0,69), duyarlılık (0,73) ve F1 skoru (0,71) ile daha düşük değerlere sahip olmuştur. Bu, ağın "Hasta" sınıfını doğru tanıma konusunda bazı eksiklikler yaşadığını göstermekle birlikte yine de bu değer yeterli bir performans olarak kabul edilebilir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada tasarlanan CNN yapısında, iki sınıflı bir veri seti üzerinde sınıflandırma ağının performansı değerlendirilmiştir. Ağ, genel olarak %86 doğruluk oranı ile başarılı bir sonuç elde etmiş, ancak sınıflar arasında performans dengesizlikleri gözlemlenmiştir. Ağın, sınıf 1 üzerinde oldukça yüksek bir başarı sergilediği görülmektedir. Sınıf 1 için elde edilen kesinlik (%86), duyarlılık (%98) ve F1 skor (%92) değerleri, ağın bu sınıfta doğru pozitif tahminler yapma ve gerçek örnekleri yakalama yeteneğinin oldukça güçlü olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, sınıf 0 için duyarlılık (%38) ve F1 skor (%53) değerleri

düşüktür, bu da ağın sınıf 0'a ait örneklerin bir kısmını doğru şekilde tespit edemediğini göstermektedir.

Makro ortalama değerlendirmesi, sınıflar arasında performans farklarını daha net bir şekilde yansıtmaktadır. Kesinlik (%85) makul bir seviyede olsa da duyarlılık (%68) ve F1 skor (%72) değerleri, ağın sınıf 0 üzerindeki düşük performansından etkilenmiştir. Ağırlıklı ortalama metrikleri ise sınıfların destek oranlarını göz önüne aldığından, ağın genel performansını daha tutarlı bir şekilde yansıtmaktadır (Kesinlik: %86, duyarlılık: %86, F1 skor: %83).

Veri setindeki sınıf dengesizliği, performans farklılıklarının temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Sınıf 1'in toplam test örneklerinin büyük bir kısmını (%79) oluşturması, ağın bu sınıfta daha yüksek başarı göstermesine yol açmıştır. Bu durum, sınıflar arasında daha dengeli bir veri dağılımı sağlanmadığında, ağın azınlık sınıfları (sınıf 0) yeterince iyi öğrenemediğini göstermektedir.

Transfer öğrenme kullanarak yapılan ikili sınıflandırmada, EfficientNetB4 ve VGGNet ağları, genel başarı açısından en yüksek performansı sergileyen ağlar olarak öne çıkmıştır. Bununla birlikte, VGGNet biraz daha dengeli bir performans göstermiştir. EfficientNetB4 ağı, "Hasta" sınıfında iyi bir kesinlik ve duyarlılık değerlerine sahip olmuştur. Ancak, "Sağlıklı" sınıfındaki düşük kesinlik (0,60), ağın dengesiz olduğunu ve bu sınıfta doğru tahminlerde bazen eksiklikler yaşandığını göstermektedir. VGGNet, her iki sınıf için de daha dengeli bir performans sergilemektedir. "Sağlıklı" sınıfı için duyarlılık değeri düşük olsa da, kesinlik ve F1 skoru daha yüksek çıkarak ağın bu sınıfı daha başarılı bir şekilde tanıdığını göstermektedir. "Hasta" sınıfı için de başarılı değerler çıkmıştır.

NASNetMobile, diğer ağlara nazaran düşük performans değerleri göstermiştir. EfficientNetB0 ağı ise genel olarak iyi bir performans göstermektedir. Ancak, "Sağlıklı" sınıfındaki düşük duyarlılık değeri, ağın bu sınıfı tanımda bazı eksiklikler yaşadığını ortaya koymaktadır. EfficientNetB0 ağı, "Sağlıklı" sınıfında yüksek bir kesinlik (0,93) ve duyarlılık (0,91) değerine sahip olup, bu da ağın bu sınıfı doğru bir şekilde sınıflandırma konusunda güçlü bir performans gösterdiğini işaret etmektedir. F1 skoru da oldukça yüksek (0,92) olup, bu da kesinlik ve duyarlılık arasında iyi bir denge sağlandığını göstermektedir. Ancak, "Hasta" sınıfında kesinlik ve duyarlılık oranları sırasıyla 0,69 ve 0,73 ile daha düşük kalmaktadır. Bu, ağın "Hasta" sınıfındaki örnekleri tanımda bazı eksiklikler yaşadığını ve daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. Ağın genel doğruluk oranı %88, makro ortalama ve ağırlıklı ortalama değerleri ise sırasıyla 0,81 ve 0,88'dir ve bu da genel olarak dengeli bir performans sergilediğini ifade etmektedir.

VGG16 ağı, "Sağlıklı" sınıfında çok yüksek bir kesinlik (0,92) ve duyarlılık (0,93) ile başarılı bir performans göstermektedir, ancak "Hasta" sınıfında kesinlik 0,71, duyarlılık ise 0,68 gibi daha düşük değerlere sahiptir. "Hasta" sınıfındaki düşük F1 skoru (0,70), ağın bu sınıfta bazı hatalar yaptığını ve "Hasta" örneklerini daha iyi sınıflandırmak için iyileştirme gerektiğini göstermiştir. Genel doğruluk oranı %88, makro ortalama ve ağırlıklı ortalama değerleri sırasıyla 0,82 ve 0,88 ile güçlü bir performansı işaret etmektedir. Ancak "Hasta" sınıfındaki daha düşük performans bu oranları kısmen etkileyebilir. DenseNet169 ağında, "Sağlıklı" sınıfı için kesinlik 0,60, duyarlılık ise 0,80 olarak ölçülmüş, bu da ağın bu sınıftaki örnekleri doğru tanımda zayıf olduğunu göstermiştir. Özellikle, kesinlik değerinin düşük olması ağın yanlış pozitif tahminler yapma olasılığının yüksek olduğunu ve "Sağlıklı" sınıfındaki örnekleri doğru şekilde tanımda eksiklikler yaşadığını göstermiştir. Diğer yandan, "Hasta" sınıfında oldukça yüksek bir kesinlik (0,94) ve duyarlılık (0,86) değeri elde edilmiştir ki bu da ağın "Hasta" sınıfındaki örnekleri doğru şekilde tanıdığını işaret etmektedir. Bu ağın genel doğruluk oranı %85, makro ortalama ve ağırlıklı ortalama değerleri ise sırasıyla 0,77 ve 0,87'dir. "Sağlıklı" sınıfındaki düşük kesinlik değeri, ağın dengesiz olduğunu ve iyileştirilmeye ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. ResNet152 ağı "Sağlıklı" sınıfında oldukça yüksek bir kesinlik (0,94) ve duyarlılık (0,93) elde ederken, "Hasta" sınıfında daha düşük kesinlik (0,75) ve duyarlılık (0,78) değerlerine sahiptir. "Sağlıklı" sınıfındaki yüksek F1 skoru (0,94) ağın bu sınıfı iyi tanıdığını göstermiştir. "Hasta" sınıfındaki düşük F1 skoru (0,76) ise ağın bu sınıftaki örnekleri doğru tanımda bazı eksiklikler yaşadığını işaret etmektedir. Genel doğruluk oranı %90, makro ortalama ve ağırlıklı ortalama değerleri sırasıyla 0,84 ve 0,90 ile güçlü bir performans sergilemiştir. Bu ağ, özellikle "Sağlıklı" sınıfında başarılı iken, "Hasta" sınıfında iyileştirilmeye ihtiyaç duyan bir performans sergilemektedir.

- En Başarılı Ağ Yapısı: EfficientNetB0, VGG16 ve ResNet152'nin genelde yüksek doğruluk oranları ve dengeli performansları, bu ağların en başarılı ağ yapıları olduğunu göstermektedir. Ancak, ResNet152, "Sağlıklı" sınıfında iyi bir performans sergilerken, "Hasta" sınıfında bazı eksiklikler yaşamakta ve iyileştirilmeye ihtiyaç duymaktadır.
- Dengeli Performans: VGG16 ve EfficientNetB0, her iki sınıfı da daha dengeli bir şekilde tanımakta ve F1 skoru açısından tatmin edici sonuçlar elde etmektedir. Bu ağlar, her iki sınıfın da doğru şekilde sınıflandırılmasında başarılıdır.
- Başarılı Performans: Ağların genel başarıları değerlerine bakıldığında, EfficientNetB0, VGG16 ve ResNet152 güçlü performans sergileyen ağ yapıları olarak öne çıkmıştır. DenseNet169 ise "Sağlıklı" sınıfındaki başarısızlık nedeniyle düşük performans göstermiştir.
- Genel Sonuç: Yine ağların genel başarıları göz önünde bulundurulduğunda derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar uzman doktorların verimliliğini artıracak karar destek mekanizmaları olarak konumlandırılabilir.

6. KAYNAKÇA

- Brown, G. C., et al. (2019). Retina. Elsevier.
- Deye, J., et al. (2020). Multimodal deep learning for retinal disease diagnosis using fundus images and OCT. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 39(6), 2060–2072. <https://doi.org/10.1109/TMI.2019.2952127>
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), 115–118. <https://doi.org/10.1038/nature21056>
- Gulshan, V., Peng, L., Coram, M., Stumpe, M. C., Wu, D., Narayanaswamy, A., ... & Webster, D. R. (2016). Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA*, 316(22), 2402–2410. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.17216>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 770–778). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
- Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.243>
- Lee, C. H., et al. (2017). Deep learning in retinal disease diagnosis: A review of current applications. *Ophthalmology*, 124(4), 593–604. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.10.048>
- Leibig, C., Allken, V., Ayhan, M. S., Berens, P., & Wahl, S. (2017). Leveraging uncertainty information from deep neural networks for disease detection. *Scientific Reports*, 7(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17876-z>
- Litjens, G., Kooi, T., Bejnordi, B. E., Setio, A. A. A., Ciompi, F., Ghafoorian, M., ... & van der Laak, J. (2017). A survey on deep learning in medical image analysis. *Medical Image Analysis*, 42, 60–88. <https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>
- Pan, S. J., & Yang, Q. (2010). A survey on transfer learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 22(10), 1345–1359. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2009.191>
- RIADD (2021). Retinal Fundus Multi-disease Image Dataset. Erişim adresi: <https://riadd.grand-challenge.org/download-all-classes/>
- Ronneberger, O., et al. (2015). U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In

- Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (pp. 234–241). https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/1409.1556>
- Tan, M., & Le, Q. V. (2019). EfficientNet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks. In Proceedings of the International Conference on Machine Learning (ICML). <https://proceedings.mlr.press/v97/tan19a.html>
- Ting, D. S. W., Pasquale, L. R., Peng, L., Campbell, J. P., Lee, A. Y., Raman, R., ... & Wong, T. Y. (2017). Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. The British Journal of Ophthalmology, 103(2), 167-175. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2018-313173>
- Ting, D. S. W., Pasquale, L. R., Peng, L., Campbell, J. P., Lee, A. Y., Raman, R., ... & Schmetterer, L. (2017). Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology. The British Journal of Ophthalmology, 101(2), 184-190. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2017-311307>
- Wong, T. Y., et al. (2020). Retinal Imaging. Springer.
- World Health Organization. (2019). World report on vision. WHO Press. Retrieved from <https://www.who.int/publications-detail/world-report-on-vision>
- Zhang, J., Liu, Y., Mitsuhashi, T., & Matsuo, T. (2021). Accuracy of Deep Learning Algorithms for the Diagnosis of Retinopathy of Prematurity by Fundus Images: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of ophthalmology, 2021, 8883946. <https://doi.org/10.1155/2021/8883946>
- Zoph, B., Vasudevan, V., Shlens, J., & Le, Q. V. (2018). Learning transferable architectures for scalable image recognition. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00916>



KULLANICI ARAYÜZLERİNİN KULLANICILARA OLAN ETKİSİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

A STUDY ON THE IMPACT OF USER INTERFACES ON USERS

DOI: 10.20854/bujse.1702766

Hafız Mehdiyev¹, Talat Fırlar^{2,*}

Öz

Kullanıcı deneyimi (UX) ve kullanıcı arayüzü (UI) tasarımı, dijital ürünlerin başarısını doğrudan etkileyen kritik unsurlardır. Bir web sitesinin ya da mobil uygulamanın kullanıcı dostu bir arayüze sahip olması, kullanıcıların sistemi etkin bir şekilde kullanabilmesini sağlar ve genel memnuniyeti artırır. UI tasarımı, görsel unsurların düzenlenmesi ve kullanıcıya sunulma biçimini içerirken UX tasarımı, kullanıcının deneyimini optimize etmeyi hedefler.

Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte, kullanıcıların dijital platformlardan beklentileri de değişmekte ve artmaktadır. Modern UI ve UX tasarımlarının temel amacı, kullanıcıların hızlı, verimli ve keyifli bir deneyim yaşamasını sağlamaktır. Bu bağlamda; renk psikolojisi, ısı haritası analizleri, mikro animasyonlar ve kullanılabilirlik testleri gibi farklı kriterler, kullanıcı deneyimini ölçmek ve geliştirmek adına önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, kullanıcı arayüzü ve kullanıcı deneyimi tasarımına yönelik analiz gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, masaüstü platformlardaki farklılıklar göz önünde bulundurularak kullanılabilirlik açısından en ideal tasarım kriterleri belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler, kullanıcıların arayüz tasarımlarına yönelik algılarını anlamaya yardımcı olacak ve geliştiricilere yol gösterecek öneriler sunacaktır.

Yapılan analizler sonucunda, kullanıcıların en çok etkileşime geçtiği UI öğeleri, renk seçimlerinin psikolojik etkileri, mikro animasyonların kullanıcı deneyimine katkısı gibi önemli konular ele alınacaktır. Böylece, dijital ürün geliştiricilerine ve tasarımcılara rehber niteliğinde bir çalışma sunulması hedeflenmektedir.

Abstract

User experience (UX) and user interface (UI) design are critical elements that directly impact the success of digital products. A website or mobile application with a user-friendly interface enables users to interact with the system effectively and enhances overall satisfaction. While UI design focuses on the arrangement of visual elements and how they are presented to the user, UX design aims to optimize the overall user experience.

With the rapid advancement of technology, user expectations from digital platforms are continuously evolving and increasing. The primary goal of modern UI and UX design is to provide users with a fast, efficient, and enjoyable experience. In this context, elements such as color psychology, heatmap analysis, micro-animations, and usability testing play a significant role in measuring and improving user experience.

This study presents an analysis of user interface and user experience design. Additionally, usability differences across desktop platforms were considered to identify the most ideal design criteria. The data collected will help to better understand users' perceptions of interface designs and provide valuable suggestions for developers.

The analysis addresses important aspects such as the most interacted UI elements, the psychological effects of color choices, and the contribution of micro-animations to the user experience. Thus, this study aims to serve as a guiding resource for digital product developers and designers.

Anahtar Kelime: Kullanıcı Arayüzleri, Web Sitesi Arayüzleri, Arayüz Tasarımı.

Keywords: User interfaces, User Interfaces of Eebites, Design of User Interfaces.

¹İstanbul Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Doktora Öğrencisi, hafizmehdiyev333@gmail.com, orcid.com/ 0009-0002-7338-2858

^{2,*}Sorumlu Yazar: İstanbul Beykent Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, talatfirlar@beykent.edu.tr.orcid.com/0000-000200399-3955

6. GİRİŞ

Dijital dünyada kullanıcı deneyimi (UX) ve kullanıcı arayüzü (UI) tasarımı, kullanıcıların bir ürünle olan etkileşimini doğrudan etkileyen temel unsurlardır. Başarılı bir arayüz tasarımı, kullanıcıların ürünü daha kolay anlamasını ve verimli bir şekilde kullanmasını sağlarken, iyi bir kullanıcı deneyimi tasarımı onların memnuniyetini artırır. Günümüzde teknoloji hızla ilerledikçe, kullanıcı beklentileri de giderek yükselmekte ve tasarım süreçlerinin daha analitik bir yaklaşımla ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Kullanıcıların bir web sitesi veya mobil uygulama üzerindeki davranışlarını anlamak, onların ihtiyaçlarına uygun çözümler geliştirmek için kritik bir süreçtir. Isı haritaları, renk psikolojisi analizleri, mikro animasyonlar ve kullanılabilirlik testleri gibi yöntemler, kullanıcı deneyimini değerlendirmek ve geliştirmek adına önemli veriler sağlar. Bu bağlamda, modern UX ve UI tasarım süreçleri, kullanıcı alışkanlıklarını anlamak ve onların beklentilerine en uygun arayüzleri oluşturmak için veri odaklı bir yaklaşımla ilerlemektedir.

Bu araştırma, kullanıcı deneyimini en üst düzeye çıkaracak tasarım stratejilerini belirlemeyi ve geliştiricilere rehber niteliğinde öneriler sunmayı amaçlamaktadır. Çalışma boyunca elde edilen bulgular, UI ve UX tasarımına dair güncel eğilimleri anlamaya yardımcı olacak ve kullanıcıların dijital ortamda daha etkili ve memnuniyet verici deneyimler yaşamasına katkıda bulunacaktır.

6.1. İnsan-Bilgisayar Etkileşiminde Kullanıcı Kontrolü

İnsan-bilgisayar etkileşimi (Human-Computer Interaction - HCI), insanların bilgisayar sistemleriyle olan iletişimlerini inceleyen multidisipliner bir araştırma alanıdır. Bu etkileşim sürecinde kullanıcıların kontrol sahibi olması, kullanıcıların sistemle olan etkileşimini önemli ölçüde iyileştiren ve kullanıcının sistemden duyduğu memnuniyeti artıran kritik bir prensiptir.

Kullanıcı kontrolü, kullanıcının bir sistemle etkileşime girerken sahip olduğu hakimiyet ve özgürlük seviyesini ifade eder. Kullanıcı, sistem üzerinde ne kadar fazla kontrol sahibi olursa sistemle etkileşime geçerken o kadar rahat ve güvende hisseder. Bu durum, kullanıcının sistemle olan etkileşiminde verimliliği ve etkinliği artıran temel unsurlardan biridir.

Bir kullanıcı, sistem üzerinde yaptığı herhangi bir işlem sonrasında net ve anlaşılır geri bildirim almalıdır. Örneğin, kullanıcı bir butona tıkladığında butonun görsel olarak değişmesi ya da küçük bir animasyon göstermesi, kullanıcının sistemin davranışlarını anlamasını sağlar ve kullanıcının kendini kontrol altında hissetmesini sağlar.

Kullanıcılar yanlışlıkla gerçekleştirdikleri işlemleri geri alabilme (undo) ve geri alınmış bir işlemi tekrar uygulayabilme (redo) imkânına sahip olmalıdır. Bu özellikler, kullanıcıların hata yapmaktan korkmadan sistemle etkileşim kurmasını sağlar. Kullanıcıların hata korkusunu azaltan bu yöntem, kullanıcıların daha özgür hissetmelerine katkı sağlar. Kullanıcıların sistem içerisinde esnek bir biçimde gezinebilmesi, kullanıcı kontrolünün temel prensiplerindendir. Kullanıcıların istedikleri içeriğe hızlıca erişebilmeleri, sistem içindeki kontrollerini artırır. Bu nedenle arayüzlerde navigasyon menülerinin açık, basit ve sezgisel olması önemlidir.

Kullanıcılar farklı tercihlere ve ihtiyaçlara sahiptir. Sistemlerin, kullanıcıların kendi ihtiyaçları doğrultusunda arayüzleri kişiselleştirmesine izin vermesi, kullanıcıların kontrolünü artırır. Örneğin; renk temalarını değiştirme, font boyutlarını ayarlama ve içerik düzenini kendi tercihlerine göre yapılandırma gibi seçenekler kullanıcı deneyimini güçlendirmektedir.

Bir sistem hata verdiğinde kullanıcıyı suçlamayan, kullanıcıya neyin yanlış gittiğini açıkça anlatan ve problemi çözme yollarını gösteren hata mesajları kullanılmalıdır. Bu şekilde kullanıcılar,

karşılaştıkları sorunları kolayca anlayarak kontrol hissini kaybetmezler. Sistemlerin kullanıcılara gereksiz karmaşıklık yüklememesi gerekir. Arayüzlerin basit ve anlaşılır olması, kullanıcının bilişsel yükünü azaltarak sistem üzerinde kontrol hissini güçlendirecektir. Kullanıcının karşılaştığı seçeneklerin ve kontrollerin açık ve net olması, kullanıcıların daha rahat hareket etmelerine olanak sağlar.

Bu prensiplerin doğru bir şekilde uygulanması, kullanıcının etkileşim sürecindeki özgürlüğünü ve sistem üzerinde sahip olduğu kontrolü maksimize ederek kullanıcı deneyimini önemli ölçüde iyileştirecektir.

6.2. Kullanıcı Arayüzü Psikolojisi

Kullanıcı arayüzlerinde renk kullanımı, kullanıcıların duygusal ve bilişsel tepkileri üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Renk psikolojisi, kullanıcıların dijital ürünlerle olan etkileşimlerini anlamada ve yönlendirmede kritik bir role sahiptir. Örneğin, mavi renk güven ve profesyonellik hissini pekiştirirken yeşil tonlar doğallık ve rahatlık algısını artırabilir. Kırmızı ise genellikle dikkat çekmek, kullanıcıları harekete geçirmek ve aciliyet yaratmak için kullanılır.

Kullanıcı arayüzünde seçilen renk paleti, kullanıcının uygulamayı ya da web sitesini kullanma süresini, güvenini ve genel deneyimini doğrudan etkiler. Özellikle kullanıcıların ilk izlenimlerinin oluşmasında renklerin büyük önemi vardır. Yapılan çalışmalar, doğru renk kombinasyonlarının kullanıcıların bir arayüze olan güvenini ve bağlılığını artırdığını göstermektedir. Bu nedenle, kullanıcı arayüzü tasarımcılarının renk seçimlerini yaparken, hedef kitlenin kültürel arka planını, yaş grubunu ve psikolojik beklentilerini göz önünde bulundurmaları gerekmektedir.

Isı haritaları (heatmaps), kullanıcıların dijital platformlar üzerinde sergiledikleri etkileşimleri görsel olarak ortaya koyan analiz araçlarıdır. Kullanıcıların fare hareketleri, tıklamaları, ekran üzerinde en çok baktıkları ya da zaman geçirdikleri alanlar ısı haritaları aracılığıyla net biçimde gözlemlenebilir. Bu veriler, kullanıcıların en çok ilgi duydukları alanları belirleyerek, kullanıcı deneyimini geliştirmek ve optimize etmek için kritik bir yol haritası sunmaktadır.

Isı haritaları sayesinde, kullanıcıların arayüz üzerindeki hangi öğelere daha fazla odaklandığı, hangi bölümlerin görmezden gelindiği ve kullanıcıların içerikle nasıl etkileşim kurduğu tespit edilir. Bu analizler sonucunda, kullanıcılar tarafından fazla ilgi görmeyen alanlar yeniden tasarlanabilir, kritik bilgilerin bulunduğu bölgeler ise daha belirgin hâle getirilebilir. Isı haritası analizleri, böylelikle kullanıcı deneyiminin geliştirilmesine doğrudan katkı sağlar ve arayüz tasarımının kullanıcı odaklı şekillenmesine olanak tanır.

Mikro animasyonlar, kullanıcı arayüzünde küçük ancak etkili animasyonlar olarak kullanıcı deneyimine katkıda bulunur. Bir butonun üzerine gelindiğinde değişmesi, menülerin akıcı bir şekilde açılıp kapanması veya yükleme esnasındaki görsel hareketler, mikro animasyonların yaygın örnekleridir. Bu animasyonlar, kullanıcıların sistemle etkileşimini artırmakla kalmaz, aynı zamanda kullanıcıların arayüzü daha sezgisel ve anlaşılır bulmalarına yardımcı olur.

Mikro animasyonların kullanıcılar üzerindeki etkisi psikolojik açıdan da oldukça önemlidir. Doğru tasarlanmış animasyonlar, kullanıcılarda güven duygusu oluşturur ve sistemin kullanıcıya verdiği geri bildirimi kuvvetlendirir. Örneğin, bir kullanıcının formu başarıyla gönderdiğini belirten küçük bir animasyon, işlemin başarıyla gerçekleştiğine dair görsel ve güven verici bir ipucu sağlar. Ancak animasyonların aşırı kullanımı dikkat dağınıcı olabilir ve kullanıcıyı yavaşlatabilir. Bu nedenle mikro animasyonların tasarımında, kullanıcı odaklılık ve dengeyi korumak önemlidir.

7. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, kullanıcı arayüzlerinde renk psikolojisi, ısı haritaları ve mikro animasyonlar üzerine yapılmış akademik çalışmalardan bahsedeceğim. İlgili literatür, bu çalışmanın temelini oluşturmuş ve araştırmamın tasarımına yön vermiştir. Konu hakkında literatürde çeşitli akademik çalışmalar yer almaktadır.

Renk psikolojisinin kullanıcı arayüzü tasarımlarında önemli bir unsur olduğu, kullanıcıların dijital ürünlerle kurdukları duygusal bağ üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu çeşitli araştırmalarda ortaya koyulmuştur. Örneğin, renklerin kullanıcıların bir ürüne duydukları güven ve genel memnuniyet üzerindeki etkisinin belirgin olduğu görülmektedir (Swasty,2017, s. 17-24). Benzer şekilde, renklerin kullanıcı deneyimindeki duygusal ve bilişsel tepkileri şekillendirmede kritik rol oynadığı, özellikle doğru renk seçimlerinin kullanıcı davranışları üzerinde olumlu etkiler yarattığı farklı çalışmalar tarafından da desteklenmektedir (Pavlo,2023).

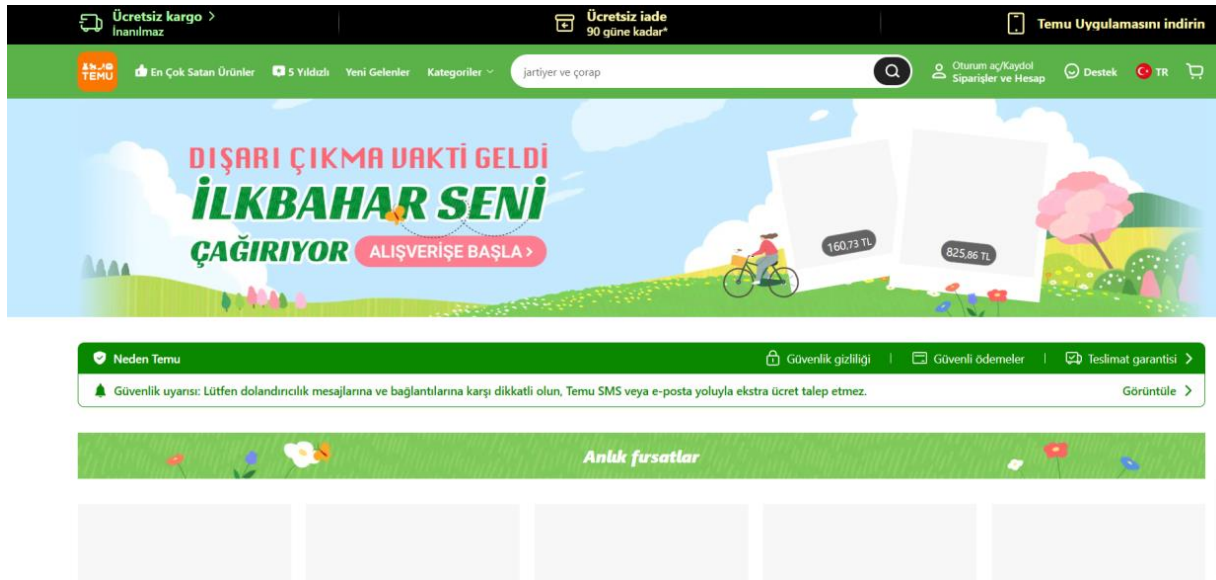
Kullanıcıların dijital platformlarla etkileşimlerinin analiz edilmesinde önemli bir araç olan ısı haritaları üzerine yapılan araştırmalar, bu yöntemin kullanıcı deneyiminin ölçülmesinde ve arayüz tasarımlarının optimize edilmesinde etkin biçimde kullanılabileceğini göstermektedir. Kullanıcıların arayüz üzerindeki dikkat dağılımlarının, fare hareketleri ve tıklamalarının görsel olarak sunulduğu ısı haritalarının, kullanılabilirlik testlerinde kullanıcıların gerçek davranışlarını yansıtmak açısından güvenilir ve faydalı olduğu birçok çalışmada ifade edilmiştir (Georges vd. 2016). Ayrıca ısı haritalarının kullanıcıların en çok etkileşim kurdukları alanları belirleyerek, bu alanların daha iyi anlaşılmasına ve kullanıcı dostu hâle getirilmesine katkıda bulunduğu belirtilmektedir (Joonas,2024).

Son yıllarda kullanıcı arayüzlerinde sıklıkla kullanılan mikro animasyonlar konusunda yapılan araştırmalar ise mikro animasyonların kullanıcıların uygulamaları kullanırken algıladıkları kullanılabilirliği ve genel memnuniyeti artırdığı yönündedir (Boyd,2021). Mikro animasyonların kullanıcı deneyimini zenginleştirme potansiyeline sahip olduğu, özellikle kullanıcıların dikkatini yönlendirme, sistemle etkileşimi daha sezgisel hâle getirme ve kullanıcıya olumlu geri bildirim sağlama açısından önemli olduğu ifade edilmektedir(Hannah,2023). Mikro animasyonların kullanıcıların bir arayüzü daha hızlı anlamalarını ve işlemlerini daha güvenli şekilde tamamlamalarını sağladığı, bu nedenle modern UI tasarımlarının vazgeçilmez unsurlarından biri hâline geldiği görülmektedir.

Sonuç olarak, kullanıcı arayüzlerinde renklerin psikolojik etkileri, ısı haritalarının kullanıcı davranışlarını analiz etmedeki rolü ve mikro animasyonların kullanıcı deneyimine katkısı üzerine yapılan bu çalışmalar, bu araştırmanın teorik altyapısını oluşturmaktadır. Literatürde yer alan bulgular, kullanıcı odaklı tasarımların geliştirilmesinde büyük önem taşımakta ve dijital ürünlerin başarısını artırmada kritik bir rol oynamaktadır.

8. ARAŞTIRMA TEKNİKLERİ

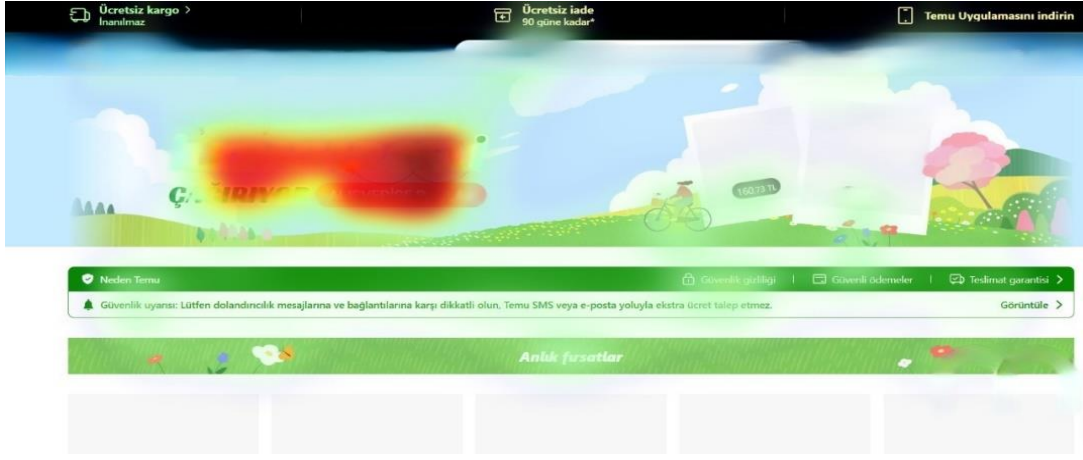
Bu çalışmada, bazı web siteleri üzerinden kullanıcı arayüzleri etüt edilmiştir. İlk web sitesi, global pazarda yer alan ünlü e-ticaret sitesi olan “Temu” alışveriş sitesidir. İnternette erişilen bu platform kullanıcıların alışveriş yapması için tasarlanmıştır.



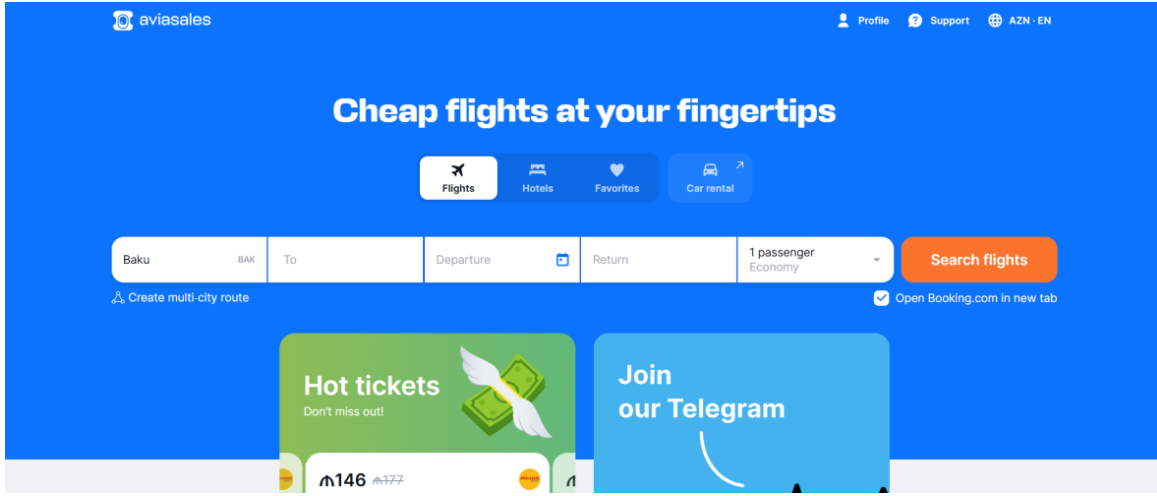
Şekil 1: Web sitesinin ana sayfası.

E-ticaret platformunun ana sayfası üzerinden kullanıcı arayüzü (UI) tasarımı; renk kullanımı, obje yerleşimi, navigasyon ve mikro etkileşimler açısından değerlendirilmiştir. Analiz, kullanıcı deneyimini etkileyen temel görsel ve psikolojik faktörler göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

Ana sayfasındaki renk paleti, stratejik bir şekilde seçilmiştir. Ana renk olarak yeşil kullanılmıştır. Yeşil; kullanıcıda doğallık, tazelik ve güven hissi uyandırır. Sayfanın üst kısmında Temu logosu, ücretsiz kargo ve iade garantisi gibi kullanıcı güvenini hedefleyen unsurlar yer almaktadır. Hemen altında, arama çubuğu ve kategori menüsü dikkat çekici biçimde yerleştirilmiştir. Bu alanlar, kullanıcının yönünü kolayca bulmasını sağlayarak kullanılabilirliği artırmaktadır. Ana sayfanın ortasında büyük bir görsel banner yer almakta ve bu banner üzerinde yer alan slogan "İLKBAHAR SENİ ÇAĞIRIYOR" ve "ALIŞVERİŞE BAŞLA" butonu oldukça görsel baskınlığa sahiptir. Bu butonun tam ortada ve çevresinin boş bırakılması, kullanıcıların ilk bakışta bu alana odaklanmasını sağlar. Ekran açıldığında odak noktası olarak bu alan belirlenmiş ve kullanıcının dikkatini yönlendirme stratejisi başarılı şekilde uygulanmıştır. Banner üzerine yerleştirilmiş olan fiyat kutucukları (örneğin 160,73 TL ve 825,86 TL) kullanıcıya ürün algısı sunarken satın alma niyetini de tetikleyici bir rol üstlenmektedir. Kullanıcı deneyimi açısından önemli bir unsur olan arama çubuğu, sayfanın üst bölümünde kolay erişilebilir bir konumda yer almaktadır. Menü çubuğunda bulunan "En çok satanlar", "Yeni gelenler" ve "Kategoriler" gibi kısayollar, kullanıcıların farklı ihtiyaçlarına hızlıca ulaşabilmesini sağlamaktadır. Bu sade ama fonksiyonel yapı, kullanıcıya yol gösterici bir deneyim sunar. Özellikle e-ticaret sitelerinde alışveriş sürecinin akıcı olması açısından bu yapılandırma oldukça başarılıdır. Görselde doğrudan görünmese de, Temu gibi büyük platformlarda yaygın olarak mikro animasyonlar kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin: Butonlar üzerine gelindiğinde renk geçişleri (hover efekti), Menülerin yumuşak geçişlerle açılması, Slider alanlarının geçiş animasyonları gibi detaylar, kullanıcının sisteme olan güvenini pekiştirir ve sezgisel bir kullanım sunar. Bu tür mikro etkileşimler, kullanıcıya anlık geri bildirim verir, sayfanın "canlı" ve "etkileşimli" olduğunu hissettirir. Temu'nun ana sayfası, kullanıcı arayüzü açısından oldukça başarılı bir yapı sergilemektedir. Renklerin psikolojik etkileri dikkatlice seçilmiş, obje yerleşimleri görsel hiyerarşiye uygun yapılmış ve kullanıcıyı yönlendiren merkezî içerik başarılı biçimde öne çıkarılmıştır. Şekil 2'de "Temu" web sitesinin ısı haritası gösterilmiştir.



Şekil 2. Temu web sitesinin ısı haritası.

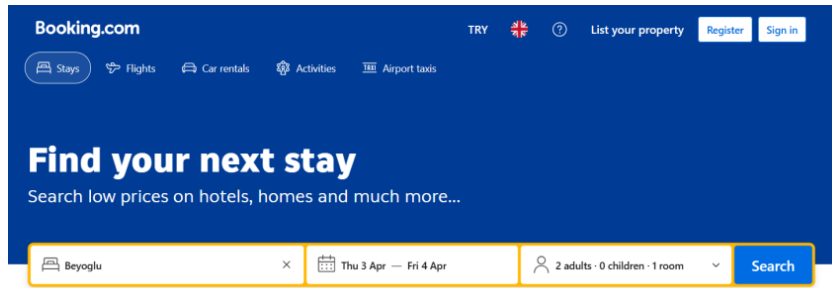


Şekil 3. Aviasales web sitesinin ana sayfası.

Aviasales web sitesinin ana sayfası üzerinden kullanıcı arayüzü (UI) tasarımı; renk kullanımı, obje yerleşimi, navigasyon ve mikro etkileşimler açısından detaylı bir şekilde incelenmiştir. Web sitesinin temel amacı kullanıcıya hızlı ve güvenli bir uçuş arama deneyimi sunmaktır. Sayfanın genel tasarımı bu hedef doğrultusunda sade, işlevsel ve aksiyon odaklı biçimde kurgulanmıştır. Web sitesinin arka planında kullanılan parlak mavi renk, güven ve sadelik hissi uyandırır. Mavi tonları dijital platformlarda yaygın olarak güven oluşturmak için tercih edilir ve bu tema Aviasales'in uçuş gibi önemli bir konuda güven vermek isteyen mesajıyla uyumludur. Turuncu renkle vurgulanan "Search flights" butonu, kullanıcıyı doğrudan eyleme çağıran başarılı bir kontrast unsuru olarak öne çıkar. Beyaz renkli metinler arka planla kontrast oluşturarak okunabilirliği artırır. Fakat bu renk bazı kullanıcıları yorabilir.

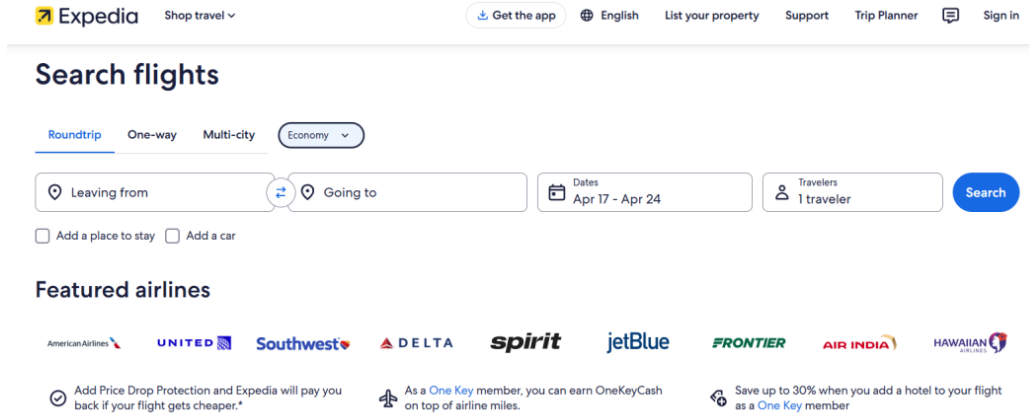
Ekranın ortasında gerekli olan her şeyi yerleştirerek kullanıcının dikkatini istediği şeye yönlendiriyor. Bu ise sitenin arayüzünü daha sade yapıyor.

Aynı bunun gibi örneği booking web sitesinde de görebiliriz (Şekil 4).



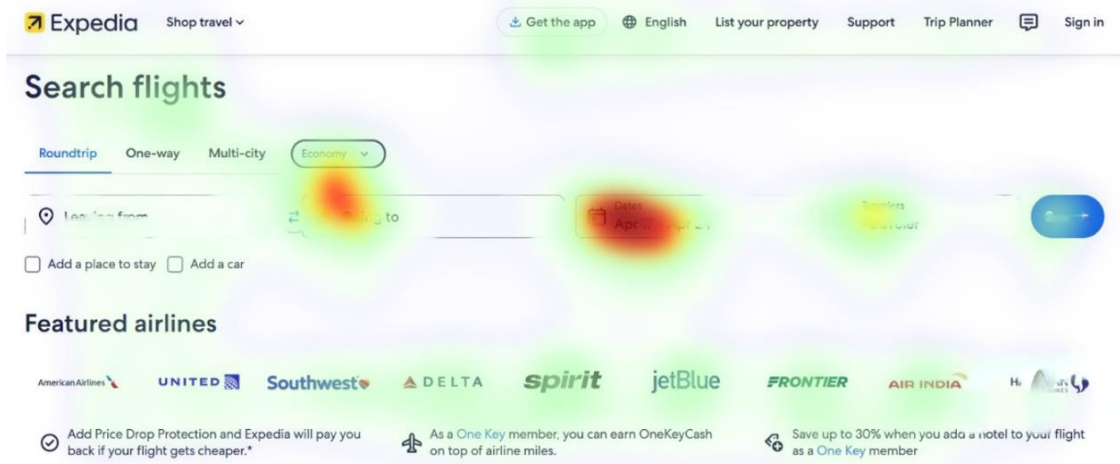
Şekil 4. Booking web sitesinin ana sayfası.

Fakat arayüzde Şekil 4’teki gibi kullanıcının dikkatini dağıtan başka arayüz elementleri de olabilir.



Şekil 5. Expedia sitesinin ana sayfası.

Sayfa ilk açıldığında kullanıcıyı karşılayan ana unsur arama modülü olsa da, bu modülün çevresinde çok sayıda alternatif bilgi ve promosyon alanı yer almakta. “Featured airlines” başlığı altında 9 farklı havayolu markasının renkli logoları bulunuyor. Bu logolar, sayfanın sade ve kurumsal tasarım çizgisini kesintiye uğrattırıyor. Ayrıca kullanıcıyı uçuş arama gibi temel eylemden uzaklaştırma riski taşıyor.



Şekil 6. Expedia web sitesinin ısı haritası.

Şekil 5’te görüldüğü üzere ana sayfanın ısı haritasına bakıldığında kullanıcı arayüzünde kullanıcıların baktığı farklı elementler mevcut ve bu elementler kullanıcıların dikkatini dağıtabilir.

Kullanıcı gideceği şehri, gidiş ve dönüş tarihini seçebilir. Kullanıcı uçuş bilgilerinin olduğu sayfayı kontrol edip onayladıkları takdirde uçak biletlerinin olduğu listenin sayfasına yönlendirilirler. Kullanıcıyı isteğine göre filtrelenmiş ve uygun olan tüm uçuşların olduğu arayüz karşılar (Şekil 7).

The screenshot shows a flight search interface with the following elements:

- Search Bar:** Roundtrip, 1 traveler, Economy. Flying from Istanbul (IST) to Ankara (ESB-Esenboga). Departing Jul 11, Returning Aug 5. Search button.
- Price Tracking:** Watch prices. Get email notifications if prices go up or down. (X) button.
- Choose departing flight:** Tue, Jul 8 (\$536), Wed, Jul 9 (\$536), Thu, Jul 10 (\$536), **Fri, Jul 11 (\$118)**, Sat, Jul 12 (\$536), Sun, Jul 13 (\$536), Mon, Jul 14 (\$536).
- Sort by:** Recommended.
- Filter by:**
 - Stops:** Nonstop (24).
 - Airlines:** Turkish Airlines (15), Pegasus Airlines (9).
 - Travel and baggage:**
 - Seat choice included (\$827)
 - Carry-on bag included (\$118)
 - No cancel fee (\$344)
 - Changes included (\$344)
- Recommended departing flights:**
 - 6:55am - 8:00am:** Istanbul (SAW) - Ankara (ESB) Pegasus Airlines. 1h 5m • Nonstop. \$118. Roundtrip per traveler. Carry-on included.
 - 2:20pm - 3:25pm:** Istanbul (SAW) - Ankara (ESB) Pegasus Airlines. 1h 5m • Nonstop. \$134. Roundtrip per traveler.

Şekil 7. Kullanıcının isteğine göre sıralanmış tüm uçuşlar.

Bir diğer uçak biletleri arama motorunda ise bu arayüz daha sade ve daha renklidir (Şekil 8).

The screenshot shows the Aviasales web site flight search interface with the following elements:

- Search Bar:** Istanbul (IST) to Ankara (ANK). Sun 6 Apr to Thu 8 May. 1 passenger Economy.
- Filters:** Airports in Istanbul, Airports in Ankara, Price, Agencies, Payment methods, Aircraft types, Sort by.
- Cheapest:** \$128. Baggage + \$5. Select ticket button.
- May be of interest:** \$151. Baggage included. Only 7 seats left at this price. Select ticket button.
- Flight Options:**
 - 01:30 - 02:35:** Istanbul (SAW) to Ankara (ESB) Pegasus Airlines. Travel time: 1hr 5min. Sun 6 Apr.
 - 22:05 - 23:15:** Ankara (ESB) to Istanbul (SAW) Pegasus Airlines. Travel time: 1hr 10min. Thu 8 May.
 - 07:20 - 08:25:** Istanbul (SAW) to Ankara (ESB) Pegasus Airlines. Travel time: 1hr 5min. Sun 6 Apr.
 - 19:15 - 20:25:** Ankara (ESB) to Istanbul (SAW) Pegasus Airlines. Travel time: 1hr 10min. Thu 8 May.

Şekil 8. Aviasales web sitesindeki “uçak biletleri” arayüzü.

9. KATILIMCILAR/KULLANICILAR

Bu çalışmada kullanıcı deneyiminin kalitatif olarak ölçülebilmesi ve kullanıcı arayüzü tasarımının etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi adına, kullanıcılarla etkileşimli bir değerlendirme süreci yürütülmüştür. Gerçek kullanıcı deneyimini daha derinlemesine anlamak amacıyla, katılımcılara açık uçlu sorular yöneltilmiştir. Bu yöntem, katılımcıların bireysel görüşlerini, karşılaştıkları

sorunları ve beğeni nedenlerini kendi kelimeleriyle ifade etmelerine olanak tanıyarak, sayısal verilerin ötesinde anlamlı bulgular elde edilmesini sağlamaktadır.

Açık uçlu sorular, evet/hayır veya çoktan seçmeli gibi sınırlı yanıtlar içeren klasik anketlerden farklı olarak, katılımcının deneyimini daha özgür ve detaylı bir şekilde aktarmasına imkân tanır. Bu sayede hem kullanıcıların sistemle olan etkileşimleri hem de arayüzün kullanışlılık, yönlendirme, memnuniyet ve hata yönetimi gibi temel UI ilkeleri bağlamında nasıl algılandığı hakkında daha geniş ve nitelikli bilgiler toplanmaktadır.

Tablo 1’de, kullanıcı arayüzü (UI) ve kullanıcı deneyimi (UX) tasarımında etkili olan belirli kriterlerin kullanıcılar tarafından hangi düzeyde önemli bulunduğu değerlendirilmektedir. Kriterler, yapılan araştırmanın odak noktaları olan renk psikolojisi, mikro animasyonlar, obje yerleşimi, sezgisellik, hata yönetimi, estetik algı ve mobil uyum gibi kullanıcı deneyimini doğrudan etkileyen başlıklardan seçilmiştir.

Katılımcılardan, her bir kriterin kendileri için ne derece önemli olduğunu “Çok Fazla”dan “Hiç”e kadar olan beşli derecelendirme ölçeğine göre işaretlemeleri istenmiştir. Elde edilen veriler, tasarımın hangi yönlerinin kullanıcılar için daha kritik olduğunu anlamaya ve arayüz tasarımında hangi unsurlara öncelik verilmesi gerektiğini belirlemeye yardımcı olacaktır.

Tablo 1: UX/UI Bileşenlerinin önemi – Değerlendirme Tablosu.

Kriterler	Çok Fazla	Fazla	Orta	Biraz	Hiç
Renklerin Psikolojik Etkisi			X		
Mikro Animasyonların Yönlendirme Gücü			X		
Arayüzdeki Obje Yerleşimlerinin Sezgiselliği		X			
Kullanıcıyı İlk Yönlendirme Başarısı (İlk Bakışta Anlaşılabilirlik)		X			
Isı Haritasına Göre Dikkat Toplayan Alanlar				X	
Kullanıcı Hatalarına Sistem Tepkisi (Hata Geri Bildirimi)			X		
Tasarımın Göze Hitap Etmesi (Estetik)			X		
Okunabilirlik ve Metin Yerleşimi		X			
Sayfa Hızı ve Performans Algısı			X		
Mobil Uyum ve Cihazlara Göre Davranış				X	

10. SONUÇ

Yapılan kullanıcı testleri ve açık uçlu soru analizleri sonucunda kullanıcı deneyimi açısından dikkat çeken birçok bulgu elde edilmiştir. Katılımcıların yorumları, hem mevcut dijital arayüzlerin güçlü yönlerini ortaya koymakta hem de iyileştirilmesi gereken noktalara ışık tutmaktadır. Kullanıcılar

arayüz tasarımıyla ilgili olarak özellikle renk uyumu, görsel hiyerarşi, yönlendirme netliği ve mikro animasyonların etkililiği gibi konulara değinmiştir.

Çalışmada kullanılan görseller üzerinden yapılan ısı haritası analizleri, kullanıcıların ilk odaklandığı alanların genellikle ekranın merkezinde yer alan butonlar ve kontrast renkli öğeler olduğunu göstermektedir. Bu durum, kullanıcı arayüzü tasarımında renklerin psikolojik etkisi ve yerleşim stratejilerinin ne denli önemli olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur.

Aşağıda, kullanıcıların verdiği bazı örnek yorumlara yer verilmiştir:

“Temu uygulamasında renkler çok canlı ve dikkat çekici. Sayfayı açar açmaz alışveriş butonunu fark ettim. Renk seçimi ve yazı büyüklüğü çok dengeliydi.” (Kadın, Grafik Tasarımcı, 28).

“Booking’in giriş ekranı oldukça sade ve yönlendiriciydi. Mikro animasyonlar sayfa geçişlerini daha sezgisel hâle getirmiş. Nerede ne yapacağımı kolayca anladım.” (Erkek, Öğrenci, 24).

Kullanıcıların bir diğer sıklıkla değindiği konu hata anındaki sistem tepkileridir. Özellikle hata mesajlarının açık olması, kullanıcıyı yönlendirmesi açısından pozitif olarak değerlendirilmiştir:

“Aviasales’te rezervasyon sırasında yaptığım eksik girişten sonra sistemin verdiği uyarı çok açık ve yönlendiriciydi. Hemen sorunu anlayıp düzelttim.” (Kadın, Mimar, 31).

“Expedia’da bir bilgi eksikliği nedeniyle işlemi tamamlayamadım; ama ekranda beliren mesaj hata kaynağını net şekilde gösterdi. Kırmızı ile vurgulanan alan da dikkatimi çekti.” (Erkek, Endüstri Mühendisi, 34).

Son olarak, kullanıcılar ekran öğelerinin yerleşimi ve arayüzdeki görsel denge konularına da değinmiştir. Bu bağlamda ekran boşlukları, yazı büyüklüğü ve ikon düzeni gibi detaylar kullanıcı deneyimini doğrudan etkileyen unsurlar olarak değerlendirilmiştir.

“Arayüz çok kalabalık olsaydı muhtemelen işlem yapmazdım. Expedia’nın ilk ekranı biraz yoğun; ama Booking ve Aviasales’te sadelik hoşuma gitti.” (Kadın, Yazılımcı, 26).

Bu çalışmanın devamı niteliğinde, farklı yaş gruplarından ve mesleklerden daha geniş kullanıcı kitlesiyle yeni testler yapılması planlanmaktadır. Ayrıca mobil cihazlar ile masaüstü arasında kullanıcı deneyimi farklılıklarının daha detaylı karşılaştırılması da gelecek çalışmalar arasında yer almaktadır. Geliştiricilere yönelik daha uygulamalı öneriler sunmak adına, kullanıcı etkileşimi sırasında canlı kayıt ve göz izleme teknolojilerinin dahil edilmesi hedeflenmektedir.

11. KAYNAKÇA

- Boyd, K. (2021). Can micro interactions in user Interfaces affect their perceived usability?. *ACM.European Conference on Cognitive Ergonomics*, Siena,Italy. <https://doi.org/10.1145/3452853.3452865>.
- Davila, F. vd. (2023). Usage and application of heatmap visualizations on usability user testing: A systematic literature review.*Lecture Notes in Computer Science*. ResearchGate .DOI:10.1007/978-3-031-35702-2_1 In book: Design, User Experience, and Usability (pp.3-17).
- Fialkowski, B. (2024). Applying psychology to improve the use of color in digital interfaces. Schofield, *Art and Design Review*, 12, 306-329..<https://www.scirp.org/journal/adr>.
- Georges, V. vd. (2016). *UX heatmaps: Mapping user experience on visual interfaces*, ACM, CHI '16: Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Pages 4850 – 4860. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858271>.
- Hannah,J. (2023). UX design institute, impact of microinteractions on UI design. *UX Design Institute, Digital Court,Rainsford Street, Dublin* .

- Joonas J. (2024). *Visual heatmaps in user experience design*, School of Technology and Innovations Master's thesis in economic and Business Administration, Vaasa Technical Communication
- Pavlo K. (2023). *The impact of colour psychology in user experience*. Haaga-Helia University of Applied Sciences Haaga-Helia Bachelor's Degrees.
- Swasty,W. ve Rio Adriyanto,A. (2017). Does Color Matter on Web User Interface Design. *CommIT (Communication and Information Technology) Journal*, 11(1),17-24. DOI: 10.21512/commit.v11i1.2088.

YAYIN KURALLARI

(<https://dergipark.org.tr/tr/pub/bujse/writing-rules>)

Yazarlara Not: TÜBİTAK-ULAKBİM Fen Bilimler Veri Tabanı Komitesi, bu yayın kurallarına %100 uyulmasını istemektedir. Lütfen makaleleri bu kurallara uygun olarak hazırlayıp gönderiniz.

Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, yılda iki kez (altı ayda bir) yayınlanır.

Hakemli ve özgün çalışmaları amaçlayan bir dergidir. Makalelerin, hakem değerlendirilmesine girmek üzere, yayın kurulu sekreterliğine yazar adı, e-postası, cep /telefonu ile gönderilmesi gerekmektedir. Yazarlar makalelerinde hakemlerin de değerlendirmelerinde dikkate alacağı aşağıdaki kriterleri de gözden uzak tutmamalıdır:

- Makalelerindeki eksen, dayandığı temel fikri, ikincil kaynak incelemesi ve bunlara göre yeniliği, Fen ve Mühendislik Bilimleri ve uygulama alanına katkısını,
- Araştırmalarının makalenin ana eksenine katkısını, hipotez ve metodolojisi, istatistiksel analiz tekniğinin yeterliliğini,
- Makalenin mantıksal bütünlüğü ve kendilerini tatmin edip etmediğini,
- Makalenin başlığa uygunluğu ve anahtar kelimelerin makaleyi yansıtabilmesini,
- İyi kalitede bir model, şekil, tablo vb. ile öğretime katkı seviyesini değerlendirmelidirler.

Tüm makale türleri için MS Office Word şablonu mevcuttur ve yazarların makaleleri gönderilmek üzere hazırlarken MS Office Word şablonunu kullanmaları önerilir. Makalenin toplam uzunluğu 25 sayfayı geçmemelidir. Makale, MS Office Word dosyası (MS DOC, MS DOCX) olarak yüklenmelidir. Farklı formatlarda yüklenmiş dosyalar değerlendirmeye alınmayacaktır.

Genel olarak, makaledeki bölümlerin sırası aşağıda belirtilen şekilde olmalıdır.

Başlık – Yazar(lar) – Yazar Bilgileri – Anahtar Sözcükler – Özet — Ana Metin [Şekiller ve Tablolar dahil] – Teşekkür – Kaynakça

Başlık: Calibri (14 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılmalı ve bütün harfler büyük yazılmalıdır (Mikroorganizma, bitki ve hayvan türleri için Latince adları gibi küçük olması gereken kelimeler hariç). Satır aralığı 1 punto ve paragraf aralığı öncesi ve sonrası 6 nk olmalıdır. Başlık toplamda 25 kelimeyi geçmemelidir.

Yazar(lar): Yazar bilgileri başlık sayfasında, makale metninden ayrı bir şekilde yazılmalıdır. Calibri (14 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Satır aralığı 1 punto olmalıdır. Paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır.

Yazar Bilgileri: Bütün yazarların bağlı bulundukları güncel kurum bilgileri başlık sayfasında verilmelidir. Yazar bilgileri “Kurum Adı, Fakülte/Yüksekokul/MYO Adı, Bölüm Adı, E-mail, ORCID” bilgilerini içerecek şekilde olmalıdır. Calibri (9 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır. Sorumlu yazar için bir e-posta adresi verilmelidir.

Anahtar Sözcükler: Anahtar kelime sayısı en az 3, en fazla 5 olmalıdır. Calibri (9 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Satır aralığı 1 punto olmalıdır. Paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır.

Öz/Abstract: Öz ve Abstract metinleri en fazla 300 kelime olmak üzere hazırlanmalıdır. Calibri (9 punto, Normal yazı tipi) kullanılmalıdır. Öz ve Abstract başlıkları kalın (bold) olmalıdır. Öz ve Abstract metinlerinde, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk, satır aralığı 1 punto olmalıdır. Paragraf başında girinti kullanılmamalı ve metinler tek paragraf olarak yazılmalıdır. Öz/Abstract, araştırmanın amacı, yöntemi, bulguları, sınırlılıkları ve özgün değerini ifade edecek şekilde yazılmalıdır.

Ana Metin: Ana metin yazıları Calibri (12 punto, Normal yazı tipi) kullanılarak ve iki yana yaslı şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto ve paragraf aralığı öncesi ve sonrası 6 nk olmalıdır. Yunanca harfler ve matematiksel karakterler simge olarak metne eklenmelidir. Denklemler ardışık sayılarla etiketlenmeli ve metin içinde atıf yapılmalıdır (Örn: Denklem (1)). Denklemler düzenlenebilir formatta verilmeli, resim olarak eklenmemelidir.

Üst, alt ve sol ve sağ kenar boşlukları 2,5 cm olarak ayarlanmalıdır. Kaynaklar dahil tüm sayfalar ardışık olarak numaralandırılmalıdır.

Ana metin Giriş, Materyal & Metot (gerekli ise) ve Sonuç bölümlerinden oluşmalıdır. Tüm birincil başlıklar Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak bütün harfleri büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 18 nk ve sonrası 12 nk olmalıdır. İkincil başlıklar, (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 12 nk ve sonrası 6 nk olmalıdır. Üçüncül başlıklar, Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak sadece ilk harf büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 6 nk olmalıdır.

Ana metin içerisinde gerektiği yerlerde tablo ve şekiller kullanılmalıdır.

Tablolar ile birlikte tablonun üst kısmında başlık ve kısa bir açıklama metni verilmelidir. Yalnızca bir veya iki sütunlu tablolardan ve yalnızca bir veya iki girişli sütunlardan kaçınılmalıdır. Tablo açıklaması Calibri (11 punto, Normal yazı tipi) kullanılarak ve ortalanmış şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 12 nk ve sonrası 6 nk olmalıdır. Tablolardaki dipnotların numaralandırılmasında üst indis Latin harfleri kullanılmalıdır. Dipnotlar Calibri (8 punto, Normal yazı tipi) ile yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi ve sonrası 0 nk olmalıdır. Tüm tablolar metinde atıfta bulunulan sıraya göre Arap rakamları ile numaralandırılmalıdır (Örn: Tablo 1, Tablo 2, vb.). Metin içinde tablolara atıfta bulunulurken kısaltma yapılmadan “Tablo” sözcüğü kullanılmalıdır.

Makalede kullanılan şekil ve şemanın açıklayıcı bir başlığı olmalı ve şekil ve şema başlıklarına şeklin alt kısmında yer verilmelidir. Tüm şekiller ve şemalar metin içinde numara sırasına göre belirtilmelidir ve Arap rakamları kullanılmalıdır (Örn: Şekil 1, Şekil 2, vb.). Şekil ve şema açıklaması Calibri (11 punto, Normal yazı tipi) kullanılarak ve ortalanmış şekilde yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 6 nk ve sonrası 12 nk olmalıdır. Şekillere atıfta bulunulurken, makalenin tüm bölümlerinde “Şekil” kelimesinin tamamı kullanılmalıdır.

Teşekkür: Raporlanan çalışma ile ilgili tüm finansman kaynakları, hibe numaraları ve finansman kuruluşlarının adları da dahil olmak üzere Teşekkür başlığı altında belirtilmelidir. Yazarlık kriterlerini karşılamayan herkesin katkıları, katkıda bulunanın izniyle Teşekkür bölümünde listelenmelidir. “Teşekkür” başlığı Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 18 nk, sonrası 12 nk olmalıdır.

Kaynakça: Makalede kullanılan kaynaklar, kaynakça başlığı altında listelenmelidir. Ana metin içinde atıf yapılmayan kaynaklar Kaynakça listesinde yer almamalıdır. Yararlanılan kaynaklar nitelik (tez, kitap, makale, rapor vb.) ayrımı yapılmaksızın alfabetik olarak sıralanmalıdır. Kaynaklar APA 7 stiline göre yazılmalıdır. Kaynakça düzenlenirken Mendeley, EndNote veya Zotero benzeri yazılımların kullanılması önerilir. Kaynakça başlığı Calibri (12 punto, Kalın/Bold yazı tipi) kullanılarak yazılmalıdır. Satır aralığı 1 punto, paragraf aralığı öncesi 18 nk, sonrası 12 nk olmalıdır.



İLETİŞİM

İstanbul Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sıraselviler Cd, 34437 Beyoğlu-İstanbul

Tel: 0212 444 1997

Faks: 0212 867 51 72

bujse@beykent.edu.tr

