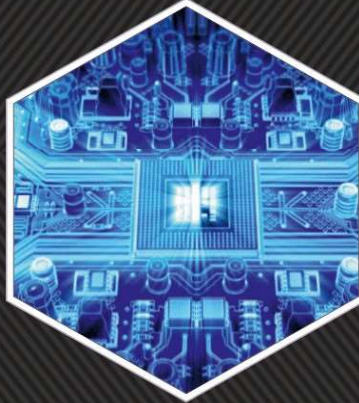
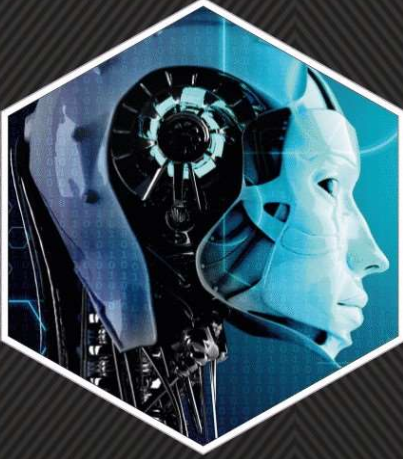




# BİLGİSAYAR BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ

JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGIES



EDİTÖR: DOÇ. DR. Erdiñç AVAROĞLU  
ISSN 2717 - 8579



*Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi*

# **BİLGİSAYAR BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ DERGİSİ**

**CİLT 3, SAYI 2**

**ISSN: 2717-8579**

**ARALIK 2022**



Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

## Dergi Hakkında

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak bilgisayar bilimleri ve teknolojileri alanında yeni gelişmelerle ilgili yapılan çalışmaları yayınlayan bir dergidir.

## Amaç & Kapsam

BIBTED Dergisi,

✚ Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisinin amacı bilgisayar alanında yapılan özgün çalışmaları yayınlamaktır. Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan eser, dergi editörlüğünce değerlendirme için hakemlere gönderilir. Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisinde **KÖR HAKEMLİK** uygulaması mevcuttur. Yayımlanmasına, hakemlerin görüşü doğrultusunda Dergi Editör ve Yayın Kurulu karar verir. Gönderilen makaleler yayımlansın veya yayımlanmasın iade edilmez. Dergimizde yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu (bilimsel, mesleki, hukuki, etik vb.) yazarlara aittir. Yayımlanan yazıların telif hakkı dergiye aittir ve referans gösterilmeden aktarılamaz. Araştırmacılar arasındaki bilimsel iletişimi oluşturmak amacıyla aşağıda nitelikleri açıklanan, başka bir yerde yayımlanmamış makaleler Türkçe ve İngilizce olarak kabul edilmekte ancak Türkçe Kabul edilen makalenin özetinin İngilizce de basılması zorunluluğu vardır.

Aşağıdaki türlerdeki makaleler dergide yayına kabul edilmektedir:

- ✚ **Araştırma makalesi:** Özgün bir araştırmayı sonuçlarıyla birlikte sunan makale,
- ✚ **Derleme makale:** Bilgisayar Mühendisliği alanında belli bir konuda yeterli sayıda bilimsel makaleyi tarayıp, özetleyen, değerlendirme yapan ve bulguları yorumlayan makale,
- ✚ **Endüstriyel makale:** Bu alanda endüstride yapılan araştırma ve geliştirilen yeni ürün veya teknolojilerin açıklandığı makale,
- ✚ **Tez çalışması:** Lisansüstü düzeyde yapılan özgün bir tez çalışmasının genişletilmiş özetini içeren yazı,
- ✚ **Kitap yorumu:** Bilgisayar mühendisliği alanında yayımlanmış yeni bir kitabın tanıtılması ve değerlendirilmesi.
- ✚ **Kısa Bildiri:** Yapılan bir araştırmanın önemli bulgularını açıklayan yeni bir yöntem veya teknik tanımlayan yazılar.

Bütün yazıların Telif Hakkı Devri, yazarlarına bir form gönderilmek suretiyle alınır. Telif Hakkı Devir Formu göndermeyen yazarların yayımları işleme konmaz. Yayımlanmasına karar verilen yazılar üzerine yazarlarınca hiçbir eklenti yapılamaz.

Her yazı konusu ile ilgili en az iki hakeme gönderilerek şekil ve içerik bakımından incelenir. Dergide yayımlanabilecek nitelikteki yazılar dizgisi yapıldıktan sonra, yazarlarına gönderilerek baskı öncesi gözden istenir. Makale içinde, dergide basıldığı haliyle gözükken hataların sorumluluğu yazarlarına aittir. Hata, editörlük ofisinden kaynaklandığı takdirde düzeltme yayımlanabilir.

## Derginin Kapsamı;

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisinin kapsamı, akıllı sistemler, algoritmalar, benzetim, bilgisayar ağları, bilgisayar grafiği, bilgisayarla görme, bilgisayar mimarisi, bilgiye erişim, bilimsel hesaplama, bilişim güvenliği, biyoenformatik, kriptografi, paralel işleme, doğal dil işleme donanım, görüntü işleme, hesaplama kuramı, işaret işleme, işletim sistemleri, makine öğrenmesi, mobil sistemler, modelleme, tıbbi bilişim, veri madenciliği, veri tabanı sistemleri, yazılım mühendisliği, siber güvenlik, yapay zeka dahil olmak üzere bilgisayar bilimleri ve teknolojilerin tüm alanları içerir.

## Yayımlanma Sıklığı

Yılda 2 sayı

## ISSN

2717-8579

## WEB

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

## İletişim

[eavaroglu@mersin.edu.tr](mailto:eavaroglu@mersin.edu.tr) / [ttuncer@firat.edu.tr](mailto:ttuncer@firat.edu.tr) / [kemaladem@gmail.com](mailto:kemaladem@gmail.com)



Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

---

#### EDİTÖR

**Doç. Dr. Erdiç AVAROĞLU**

Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi / Bilgisayar Mühendisliği, Mersin

---

#### EDİTÖR YARDIMCILARI

**Doç. Dr. Taner TUNCER**

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi / Bilgisayar Mühendisliği, Elâzığ

**Dr. Öğr. Üyesi. Kemal ADEM**

Aksaray Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi / Yönetim Bilişim Sistemleri, Aksaray

---

#### EDİTÖR KURULU

- **Prof. Dr. Zeki YETKİN, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Doç. Dr. İsmail KOYUNCU, AYFON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Murat TUNA, KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Abdullah ELEWİ, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Erhan AKKAYA, İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Lütfiye KUŞAK, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Fatma Bünyal ÜNEL, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem ACI, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Soner KIZILOLUK, TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Selman YAKUT, TURGUT ÖZAL ÜNİVERSİTESİ**

---

#### DANIŞMA KURULU

- **Prof. Dr. Ahmet Bedri ÖZER, FIRAT ÜNİVERSİTESİ**
- **Prof. Dr. Murat YAKAR, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Doç. Dr. Fatih ÖZKAYNAK, FIRAT ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ACI, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Murat TUNA, KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ**
- **Doç. Dr. İsmail KOYUNCU, AYFON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**

---

#### DİL EDİTÖRLERİ

- **Dr. Öğr. Üyesi Abdullah ELEWİ, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Erhan AKKAYA, İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**
- **Arş. Gör. Dr. Dilek SABANCI, GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ**

---

#### MİZANPAJ

- **Arş. Gör. Semih KAHVECİ, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**
- **Arş. Gör. Ramazan AKKURT, MERSİN ÜNİVERSİTESİ**



Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

# İçindekiler

## Contents

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ; RESEARCH ARTICLES;

#### S.No

- 
- 46-55 *Yeni Bir FPGA Geliştirme Kartı Tasarımı ve Uygulaması*  
*Design and Application Of A New FPGA Development Board*  
**Adem KESKİN, İsmail KOYUNCU**
- 56-64 *Sanal Gerçeklik (VR) Yaklaşımı ile Geliştirilen Dijital Oyun Uygulamasının Doğruluk Analizi*  
*Accuracy Analysis of Digital Game Application Developed with Virtual Reality (VR)*  
*Approach*  
**Doğukan DURGUT, Yüksel BAL, Hakan AYDIN**
- 65-71 *BIST 100 Firmalarının Hisse Senetlerinin Zaman Serisi Analitiği*  
*Time Series Analytics of BIST 100 Companies' Stocks*  
**Hüseyin AKKAŞ, Hamza EROL**
- 72-85 *Elektrik Güç Dağıtımında Akıllı Sayaç Verileri için Anomali Tespiti ve Tahminleme*  
*Anomaly Detection and Prediction for Smart Meter Data in Electrical Power Distribution*  
**Serhat YARAT, Zeynep ORMAN**

### DERLEME MAKALELERİ; REVIEW ARTICLES;

#### S.No

- 
- 38-45 *Yönetim Bilgi Sistemlerinde (YBS) Siber Güvenliğin Önemi*  
*The Importance of Cyber Security in Management Information Systems (MIS)*  
**Hakan AYDIN**



Derleme Makalesi

## Yönetim Bilgi Sistemlerinde (YBS) Siber Güvenliğin Önemi

Hakan Aydın\*

\*İstanbul Topkapı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul / Türkiye

### ÖZ

**Anahtar Kelimeler:**  
Siber Güvenlik  
Yönetim Bilişim Sistemleri  
Bilgi Güvenliği

İçinde bulunduğumuz Bilgi Çağında işletmelerin faaliyetlerini gerçekleştirirken Yönetim Bilişim Sistemlerini (YBS) yoğun olarak kullanmaları YBS için Siber Güvenliği (SG) bir zorunluluk getirmiştir. Siber tehdit ve saldırılar neticesinde YBS sistemlerinde oluşabilecek siber güvenlik olayları işletmelerde kullanılan YBS sistemlerinin hizmet dışı kalmasına, işletmelerde ekonomik zararın oluşmasına, işletmelere ait kurumsal, kişisel, sağlık, fikri mülkiyet gibi farklı verilerin zarar görmesine neden olabilecektir. Hatta bu SG olayları ulusal güvenliğin ihlaline kadar etki gösterebilecektir. Bu çalışmada, öncelikle SG ile ilgili kavramların genel çerçevesi çizilmiş, siber güvenlik kapsamında YBS güvenliği araştırılmış, bu çerçevede YBS siber güvenliğinin mevcut farkındalığın artırılmasına ilişkin öneriler getirilmesi amaçlanmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlar, bilgi güvenliği kural ve tedbirlerini almayan işletmelerin siber tehdit ve saldırıları riskleri ile karşı karşıya olduklarını, bu nedenle YBS sistemlerinde bilgi güvenliğine ilişkin kural ve tedbirlerinin dikkate alınarak uygulanmasının hayati derecede öneme sahip bir konu olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma neticesinde ayrıca YBS sistemlerinin bilgi güvenliğinin sağlanmasında yerli ve milli bilişim teknolojilerinin kullanımının önemi vurgulanmıştır.

## The Importance of Cyber Security in Management Information Systems (MIS)

**Keywords:**  
Cyber security  
Management Information  
Systems  
Information Security

### ABSTRACT

In the Information Age we are in, the intensive use of Management Information Systems (MIS) while carrying out their activities has made Cyber Security (SG) a necessity for MIS. Cyber security incidents that may occur in MIS systems as a result of cyber threats and attacks may cause the MIS systems used in enterprises to be out of service, economic damage to enterprises, and damage to different data such as corporate, personal, health, intellectual property belonging to enterprises. In fact, these SG incidents can have an effect as much as a violation of national security. In this study, first of all, the general framework of the concepts related to SG was drawn, MIS security was researched within the scope of cyber security, and it was aimed to make suggestions for increasing current awareness of MIS cyber security in this framework. The results obtained in the research reveal that the implementation of the rules and measures regarding information security in MIS systems is a vital issue. As a result of the study, the importance of the use of domestic and national information technologies in ensuring the information security of MIS systems was emphasized.

\*Sorumlu Yazar  
\*(hakanaydin@topkapi.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-0122-85:

## 1. GİRİŞ

Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS) küçük, orta ve büyük ölçekli kurum, kuruluş, organizasyon ve şirketler için doğru verinin toplanarak anlamlı bilgiler haline getirilmesinde, planlanmasında, ilgili birimler ile güvenli olarak paylaşılmasında ve koordine edilmesinde ve nihai olarak da etkin kararlar alınmasında yönetim, yöneylem, bilişim, bilgisayar, yazılım gibi bilim dallarını içeren disiplinler arası bir alandır. YBS alanı küçük, orta ve büyük ölçekli kurum, kuruluş, organizasyon ve şirketler için doğru verinin toplanarak anlamlı bilgiler haline getirilmesinde, planlanmasında, ilgili birimler ile güvenli olarak paylaşılmasında ve koordine edilmesinde ve nihai olarak da etkin kararlar alınmasında hayatın hemen her alanında kullanılmaktadır.

YBS, bir organizasyonun operasyonlarının omurgasını oluşturan donanım ve yazılımdan oluşan bilgisayar sistemleridir (Tecim, 2020). Organizasyonlar için YBS'yi karar verme sürecinin en önemli bileşenlerinden birisi olup gerekli süre ve deneysel çabaların azaltılarak karar verme sürecinin daha güvenli, doğru ve kolay olmasını sağlar (Wassef Hijazeen ve diğ., 2022). Siber Güvenlik (SG), bilgi veya verilerin gizliliğini, bütünlüğünü ve erişilebilirliğini sağlayan bir dizi faaliyettir (2020-2023 Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planı). SG alanı, bilişim sistemlerinin siber tehdit, saldırı ve olaylardan korunmasını hedefleyen bir disiplindir.

Günümüzde YBS teknolojilerinin giderek artan oranlarda ve yoğun olarak kullanılması bilgi güvenliğini bir zorunluluk haline getirmiştir. Bilgi güvenliği, en değerli kaynaklarından biri olan veri ve bilginin gizliliği, mahremiyeti, bütünlüğü ve kullanılabilirliği ile ilgilendiğinden, kuruluşların yönetiminde kilit bir rol oynar (Antunes ve diğ., 2021). Siber tehditler içinde bulunduğumuz dijital çağda her işletmenin bir gerçeğidir (Akhtar ve diğ., 2021). İşletmeler için siber olaylardan zarar görebilecek varlıklar arasında kişisel veya kurumsal olarak tanımlanabilir bilgiler, sağlık bilgileri, fikri mülkiyet, çok farklı veriler, hükümet ve özel sektör verileri gibi daha pek çok varlık sayılabilir. İşletmeler bilgi güvenliğine ilişkin tehditlere yönelik olarak gerekli tedbirleri almak ve bu tehditler ile başa çıkma için gayret göstermektedirler. Siber tehdit ve saldırıları karşısında YBS sistemlerinde oluşabilecek bilgi güvenliği zafiyetleri YBS sistemlerinin hizmet dışı kalmasına, ekonomik zararın oluşmasına ve hatta kamu düzeninin bozularak ulusal güvenlik zafiyetlerine kadar etkilere neden olabilecektir. Siber güvenlik konusu özellikle son yıllarda iş dünyasında ticari anlamda bilgi yönetimi için öok önemli bir etmen haline gelmiştir (Chan ve diğ., 2019). Artan sayıda siber güvenlik olayıyla birlikte işletmeler, özellikle de küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) giderek daha fazla ekonomik zayıflama riskiyle karşı karşıyadır (Schwieger ve Ladwig, 2022). Küçük işletmeler özellikle siber suçlular için çekici hedefler

haline geliyor, ancak büyük işletmelerin rutin olarak uyguladığı siber güvenlik önlemlerini uygulamakta zorlanıyor ve bu nedenle iş gücünün önemli bir bölümünü istihdam eden küçük işletmeler için etkili ve uygun siber güvenlik çözümlerine acilen ihtiyaç duyulmaktadır (Tam ve diğ., 2021). Küçük ve orta ölçekli işletmeler (KOBİ'ler) birçok ülke ekonomisinin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır, ancak literatüre göre KOBİ'ler siber güvenliği yeterince uygulamıyor ve bu da onları siber saldırılara açık hale getiriyor (Chidukwani ve diğ., 2022). Bu çalışmada, öncelikle SG ile ilgili kavramların genel çerçevesi çizilmiş, siber güvenlik kapsamında YBS güvenliği araştırılmış, bu çerçevede YBS siber güvenliğinin mevcut farkındalığın artırılmasına ilişkin öneriler getirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde araştırmanın metodolojisi açıklanmıştır. Üçüncü bölümünde YBS ve dördüncü bölümünde ise SG konularına yer verilmiştir. Beşinci bölümde YBS için SG'in önemi araştırılmıştır. Altıncı bölümde YBS'ye yönelik olası siber saldırı türü ve yöntemleri araştırılmıştır. Yedinci bölümde YBS sistemlerinde bilgi güvenliği araçları araştırılmıştır. Çalışmanın yedinci ve son bölümünde araştırmada elde edilen bilgiler doğrultusunda sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

## 2. YÖNTEM

Betimleme Yöntemi, olayların, grupların, kurumların vb. çeşitli alanların ne olduğu ve bu sırada gerçekleşen eylemleri daha iyi anlayabilme, aktarabilme adına aralarındaki ilişkinin açıklandığı bir unsurdur (Kaptan, 1995). Araştırmada betimleme yöntemi kullanılmıştır. Araştırma soruları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- YBS bağlamında hangi temel siber güvenlik kavramlarından söz edilebilir?
- İşletmelerde kullanılmakta olan YBS sistemlerine yönelik siber tehdit ve saldırılar nelerdir?
- İşletmeler için YBS'nin siber güvenliğinin sağlanmasının önemi nedir?
- Araştırma neticesinde elde edilen bilgiler kapsamında hangi sonuç ve öneriler getirilebilir?

## 3. YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ (YBS)

YBS, kurum, kuruluş, organizasyon ve şirketlerin operasyonlarının belkemiği olarak işlev gören, verinin toplanarak anlamlı bilgiler haline getirilmesinde, planlanmasında, ilgili birimler ile güvenli olarak paylaşılmasında ve koordine edilmesinde ve nihai olarak da etkin kararlar alınmasında teknik ve davranışsal yaklaşımları içeren, donanım ve yazılımdan oluşan bilgisayar sistemleridir. YBS ile herhangi bir organizasyonun işleyişi, yönetimi ve karar vermesi için bu bilgi sistemlerinden bilgi desteği alınır. YBS bilgisayar donanımı, yazılımı, yapay zekâ, karar modeli ve veri

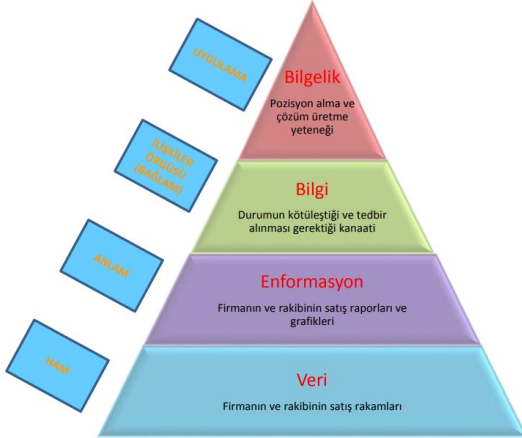
tabanı gibi bilişim teknolojilerini içerir. YBS, işletme ve bilgisayarın kesiştiği bir yerdir (Damar ve Coşkun, 2017). YBS için bilgi doğru ve etkin karar vermenin temel öğesidir. Disiplinler arası bir alan olan YBS birçok bilim dalının entegre olarak kullanıldığı bir alandır. Bu bağlamda YBS'ye ilişkin yaklaşımlar Şekil 1'de gösterilmektedir.



**Şekil 1.** YBS'de Davranışsal ve Teknik Yaklaşımlar. Kaynak: (Tecim, 2020)

YBS'nin temel özellikleri arasında ilişkisel veri tabanlarının kullanılması, yöneticilerin bilgiye kolay ve zamanında erişebilmeleri, esneklik, sistem güvenliği, Günlük operasyonlarla ilgilenmemesi, yapısal kararlara yönelik olması, ihtiyaç duyulan raporların üretilmesi ve organizasyon içi işlemlere yönelik olması sayılabilir (Özen, 2014).

Şekil 2'de yer alan bilgi piramidinde en altta veri vardır. Bunu sırasıyla yukarıya doğru enformasyon izlemektedir. Bir sonraki adım bilgidir. Piramidin en tepesinde ise bilgelik kavramı bulunmaktadır.



**Şekil 2.** Bilgi Piramidi. Kaynak: (Özen, 2014)

YBS bilgi sistemlerini doğası gereği etkin olarak kullanır. YBS'de kullanım alanı bulan bilişim sistemleri teknoloji tabanlı bilgi sistemleridir. YBS sistemlerini kullanan işletmeler bu sistemlerin sahip oldukları yetenekleri kullanmak suretiyle işlevlerini bilgi çağının gereklerine ve kullanıcıların elektronik bilgi hizmetleri beklentilerine uygun olarak işlevlerini yerine getirmek istemektedirler. Gizliliği, bütünlüğü ve erişilebilirliği sağlamayan veri/bilginin bilgi güvenliğinden söz edilemez. Dolayısıyla bu tür verinin işletmeler içinde bir önemi olmayacaktır.

Bilgi güvenliğinde bilginin gizliliğini, bütünlüğünü ve erişilebilirliğini sağlamak esastır. Gizlilik, bütünlük ve erişilebilirlik ağ güvenlik sistemlerindeki üç önemli güvenlik hizmetidir (Simmonds ve diğerleri, 2004). Gizlilik, bütünlük ve erişilebilirlik ilkeleri her ağ güvenlik sisteminin sağlaması gereken hizmetlerdir (Stallings ve Brown, 2008). Tablo 1'de YBS'ye ilişkin olarak gizlilik/bütünlük ve erişilebilirlik sorularının cevapları yer almaktadır.

**Tablo 1.** YBS'de Gizlilik/Bütünlük ve Erişilebilirlik Kavramları

YBS açısından Gizlilik nedir?	YBS sistemlerinde gizlilik ilkesi, bilgiye siber uzayda YBS aktörlerinin ulaşması, yani başkaca hiç kimsenin ulaşamaması olarak tanımlanabilir.
YBS açısından "Bütünlük" nedir?	YBS sistemlerinde bütünlük ilkesi, bu sistemlerde üretilen her türlü YBS sistemlerine ait verinin/bilginin değiştirilememesi, bozulmaması ve yok edilememesi olarak tanımlanabilir.
YBS açısından "Erişilebilirlik" nedir?	YBS sistemlerindeki siber uzay aktörlerinin istedikleri anda, yetkilerine uygun olarak veri/bilgiye erişilebilmelerine ilişkin hususlar olarak tanımlanabilir.
YBS açısından "Gizlilik" nedir?	YBS sistemlerinde gizlilik ilkesi, bilgiye siber uzayda YBS aktörlerinin ulaşması, yani başkaca hiç kimsenin ulaşamaması olarak tanımlanabilir.

İşletmeler hem etkin olarak YBS'den yararlanmak ve hem de doğru veri/bilgilere erişmek istemektedirler. Böylelikle bilgi güvenliği sağlayarak doğru bilgilere ulaşabilecek ve işletmeleri için doğru ve etkin kararlar verebileceklerdir. Van Thuy (2022) tarafından yapılan çalışmada internet teknolojisi olmadan bankaların daha fazla pazar payı kazanmalarının ve pazarlama stratejilerini genişletmelerinin çok zor olduğu belirtilmektedir. İşletmelerde farklı problemlerin çözümünde doğru ve sağlıklı kararların alınmasında farklı seviyelerdeki yöneticiler için farklı bilişim sistemlerine ihtiyaç vardır. Bu durum Şekil 3'de sunulan YBS Bilgi Piramidi yapısında sunulmuştur.





**Şekil 3.** Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS) Piramidi.  
Kaynak: (Tecim, 2020)

#### 4. SİBER GÜVENLİĞİN TANIMI, TEMELLERİ VE İLKELERİ

Günümüzde bilişim teknolojilerinin ve özellikle de İnternetin işletmelerin hemen her alanında yoğun olarak kullanılması siber güvenliği zorunlu kılmıştır. İşletmelerin en değerli bilgi kaynaklarının elektronik ortamlara taşındığı, veri/bilgilerini bilgisayar ortamında kayıt ve muhafaza altına aldığı, bilgi hizmetlerini bilgisayar ağları üzerinde paylaştığı bir çağda yaşadığımız bir gerçektir. İşletmeler için her türlü bilgi hizmeti ve faaliyeti artık fizikî sınır ve kuralların bulunmadığı bir boyut olan siber uzayda gerçekleşmektedir. Bilgi güvenliği, bilişim güvenliği ve siber güvenlik gibi kavramlar günümüzde işletmeler en önemli ve öncelikli konuları hâline gelmiştir.

Siber güvenlik yazılımdan donanıma, ağlardan uygulamalara kadar pek çok bilgi teknolojileri varlıkları ile ilgilenir. Siber güvenlik, yalnızca bilgi kaynaklarının değil, diğer varlıkların da korunmasını kapsadığından, geleneksel bilgi güvenliğinin sınırlarının ötesine geçmiştir (Von Solms and Niekerk, 2013). Siber güvenlik konuları hakkında önemli sorular Tablo 23.1'de yer almaktadır.

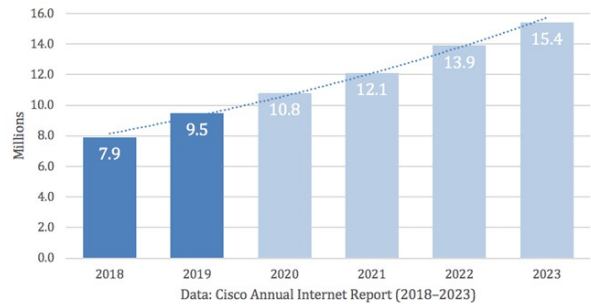
**Tablo 2.** Siber Güvenlik Kavramları

Siber Savaş	Elektronik ortamda gerçekleşen bir savaş şeklidir (Boyd, 2009; Johnson, 2015).
Siber Terörizm	Sanal ortamda gerçekleşen terörizm faaliyetleridir.
Siber Savunma	Siber ortamda gerçekleşen savaşlar, saldırılar, terörizm, zararlı yazılımlar gibi durumların olumsuz etkilerine karşı alınan tedbirler ve yürütülen faaliyetlerdir.
Gizlilik	Bilginin yetkisiz kişilerin eline geçmemesi.
Bütünlük	Bilginin/verinin doğruluğunu ve tamlığını koruma özelliğidir.
Erişilebilirlik	Bilginin ilgili ya da yetkili kişilerce ulaşılabilir ve kullanılabilir durumda olması.
Siber Uzay	Özellikle başta İnternet olmak üzere elektronik ortamlara bağlı sistem ve hizmetler.
Bilgi Varlığı	Bilginin/verinin taşındığı, saklandığı, aktarıldığı veya işlendiği her türlü sistemlerdir.
Siber Olay	Bilginin/verinin gizliliğinin, bütünlüğünün, erişilebilirlik durumunun ihlali.
Siber Risk	Bilgi varlıklarında zarar oluşturma potansiyelidir.

Siber Zafiyet	Siber tehdit ve saldırılara maruz kalabilecek olası zayıflıklardır.
Siber Suç	Bilişim teknoloji ve sistemleri ile gerçekleştirilen suçlardır.

Siber saldırılar bilginin gizlilik, bütünlük ve erişilebilirlik özelliklerini hedef alırlar. Siber saldırı amaçları arasında siber ortamda yer alan bilgilerin istismar edilmesi, bozulması, değiştirilmesi, sistemlere erişimin engellenmesi ya da zarar verilmesi sayılabilir. Siber saldırılar neticesinde bilişim sistemleri tarafından işlenen verilere zarar verilmesi durumu söz konusudur. Siber saldırılar bir ülkenin stratejik olarak büyük önem taşıyan haberleşme ve bilgisayar sistemlerini, enerji kaynaklarını, enerji ulaşım ağlarını, askeri komuta ve kontrol sistemlerini, ekonomik sistemlerini, kritik altyapılarını zarara uğratabilecek büyüklükte etkiye neden olabilirler. İşletmelerin bilgi sistemlerine yönelik siber saldırıların giderek arttığı bir gerçektir. Ancak tüm siber saldırılar başarılı olarak sonuçlanmayabilir. Bu saldırılar sadece çok gizli veya özel bilgileri değil, aynı zamanda diğer tüm bilgileri de hedef olarak seçebilirler.

Siber saldırılar veri gizliliği ve bütünlüğünde ciddi kayıplara neden olarak sistemlere erişimi engelleyebilir ve sistemleri hizmet veremez duruma getirebilir. Saldırının düzeyine, tekniğine ve elde edilen bilgilerin türü gibi çeşitli kriterlere göre siber saldırılar değişen önemde kayıplarla veya tamamen işlevsiz hale gelme ile sonuçlanabilirler. Siber saldırılardan sonra saldırıya uğrayan sistemlerin kurtarılma ve eski hallerine getirilme maliyetleri çok yüksek olabilir. Bilgi güvenliği kapsamında, bir bilgisayar sistemine veya ağ güvenliğine yapılan saldırı tipleri, en iyi şekilde, bilgisayar sisteminin bilgi sağlarken fonksiyonunu gözlemleyerek karakterize edilebilir. Siber saldırıların ulusal güvenliğe kadar uzanan sonuçları olabilir. Siber saldırılara örnek olarak DDoS saldırıları örnek olarak verilebilir. Cisco'nun raporunda toplam DDoS saldırı sayısının 2023 yılına kadar 7,9 milyondan (2018 verisi) 15 milyonun üzerine çıkacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4).



**Şekil 4.** DDoS toplam saldırı tahmini Kaynak: (Cisco Annual Internet Report, 2018–2023)

SG konusundaki bu tanımlarda öne çıkan önemli bir husus, siber savaşın devletlerarası cereyan eden bir faaliyet olduğudur. Söz konusu tanımlarda yer alan siber terörizmin ise kritik milli altyapıları devre dışı bırakmayı, bir devleti boyun eğdirmeyi veya sivil

toplumu korkutmayı amaçladığı görülmektedir. İnternet ve bilgisayar sistemleri aracılığıyla hedeflenen sistemleri bozmak siber terör saldırılarının amaçları arasında yer almaktadır (Zanini vd., 2001).

## 5. YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİNDE SİBER GÜVENLİĞİN ÖNEMİ

İçinde bulunduğumuz Bilgi Çağında işletmeler tarafından YBS'nin yoğun olarak kullanılması, YBS için SG konularının farkındalığını bir zorunluluk gelmiştir. Bilgi Sistemleri (IS) güvenliği, günümüzde çoğu organizasyonel faaliyet büyük ölçüde bilgi ve iletişim teknolojilerine bağlı olduğundan, modern işletmeler ve kuruluşlar için büyük bir endişe haline gelmiştir (Belsis ve diğ., 2005). Siber tehdit ve saldırıları karşısında YBS sistemlerinde oluşacak bilgi güvenliği zafiyetleri YBS sistemlerinin hizmet dışı kalmasına, ekonomik zararın oluşmasına ve hatta kamu düzeninin bozularak ulusal güvenlik zafiyetlerine kadar etkilere neden olabilir. Li ve diğ. (2021) tarafından yapılan çalışmada bilgi teknolojileri güvenlik yatırımlarının daha az dijitalleştirilmiş kuruluşlarda güvenlik ihlallerini azalttığı, ancak yüksek düzeyde dijitalleştirilmiş kuruluşlar için güvenlik ihlallerini artırdığı, bu bağlamda anti-virüs ve saldırı tespit sistemleri gibi teknik ağ kontrol güvenlik sistemlerine yatırım yapmanın harici güvenlik ihlallerini azalttığı belirtilmektedir. İşletmeler için bilginin güvenli bir şekilde oluşturulması ve bu bilginin yine güveni bir şekilde paylaşılması ve kullanılması yöneticilerin etkin ve anlamlı kararlar almalarında hayati öneme sahiptir. Bilişim sistemlerinin siber olay, savaş, terörizm, tehdit ve saldırılara karşı korunması için bu aktivitelerin tespit edilmesi, durdurulması ve önlenmesi gereklidir.

SG alanı YBS gibi çok paydaşlı ve disiplinler arası bir konudur. Bilişim sistemlerini hedefleyen siber tehdit ve saldırı çeşitliliği ve sayısında bir artış olduğu bir gerçektir. Bu durum YBS'de kullanılmakta olan bilişim sistemleri için de geçerlidir. Siber saldırılar veri gizliliği ve bütünlüğünde ciddi kayıplara neden olarak sistemlere erişimi engelleyebilir ve sistemleri hizmet veremez duruma getirebilir. Mevcut iş ortamında, bir firmanın bilgi sistemleri güvenliği artık endüstrinin daha geniş güvenlik ortamından bağımsız değildir (Jeong ve diğ., 2019). Saldırının düzeyine, tekniğine ve elde edilen bilgilerin türü gibi çeşitli kriterlere göre siber saldırılar değişen önemde kayıplara veya tamamen işlevsiz hale gelme ile sonuçlanabilirler. Siber saldırılardan sonra saldırıya uğrayan sistemlerin kurtarılma ve eski hallerine getirilme maliyetleri çok yüksek olabilir. Değerlendirme kontrolleri veri güvenliği açısından değerlendirme kontrolleri veritabanı sisteminin doğru yapılandırılıp yapılandırılmadığını, güncelliğini, doğru kullanımını, kullanıcı ayrıcalıklarının yönetimini, hassas verileri, verilere erişim yetki ve seviyeleri gibi kontrolleri içerir (Oracle, 2022).

YBS sistemlerinde Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin (BİT) ve özellikle İnternet'in yaygın ve yoğun kullanımı YBS sistemlerinde güvenlik risklerinin ve belirsizliklerinin oluşması durumunu beraberinde getirmektedir. YBS sistemlerinde gizlilik ilkesi, bilgiye yalnız ve yalnız bu bilgi sistemlerindeki YBS aktörlerinin ulaşabilmelerini ifade etmektedir. YBS sistemlerinde bütünlük ilkesi bu sistemlerde üretilen her türlü verinin/bilginin değiştirilememesi, bozulmaması ve yok edilememesi olarak tanımlanabilir. YBS sistemlerinde erişilebilirlik ilkesi bu sistemlerdeki siber uzay aktörlerinin istedikleri anda, sahip oldukları yetki hiyerarşisi içerisinde doğru bilgiye erişilebilmelerine ilişkin hususlar olarak tanımlanabilir.

## 6. YBS SİSTEMLERİNE YÖNELİK OLASI SİBER SALDIRI TÜRÜ VE YÖNTEMLERİ

YBS bilgi sistemlerine yönelik olası siber saldırı türü ve yöntemleri arasında aşağıda yer alan siber saldırı türü ve yöntemleri sayılabilir.

- **Virüsler:** Virüsler, diğer programları değiştirerek zarar veren kötücül programlardır. Kullanıcının bilgisi ve isteği olmadan bilgisayara yüklenir ve kendilerini kopyalamak suretiyle diğer sistemlere ve dosyalara yayılırlar.

- **Solucanlar:** Bunlarda aynı virüsler gibi kötücül programlardır. Ancak virüslerden farkları kendi başlarına kendini bir cihazdan başkasına kopyalamak üzere tasarlanmış olmalarıdır. Solucanlar bilgisayar ağlarını da kullanmak suretiyle bilgisayardan bilgisayara kopyalayarak kendilerini çoğaltabilirler.

- **Truva Atları:** Yapı itibari ile zararlı fonksiyonlar içeren ve bilişim güvenliğine zarar veren casus yazılımlardır. Bu programlar tarihte düşman kalelerini içeriden fethetmek için kılık değiştirerek kalelere gizlice sızan askerlere benzetilebilir.

- **Mantık Bombaları:** Belirli bir programın içerisine, genellikle de hedef alınan bilgisayar veya ağ sistemlerinde yer alan veri/bilgileri silmek ve değiştirmek amacıyla kasıtlı olarak zararlı ve kötücül bir kod yerleştirilmesi işlemi olarak tanımlanırlar. Aktif hale geldiklerinde kendilerine verilen kötücül görevi yerine getirirler.

- **İstem Dışı Elektronik Postalar:** Çoğunluğu reklam maksadıyla gönderilen ve genelde spam olarak da biline e-postalardır.

- **Klavye İşlem Kayıt Ediciler:** Kullanıcılar tarafından yapılan klavye işlemlerini kaydeden kötücül programlardır. En temel işlevleri arasında kullanıcıların klavye ile yaptıkları işlemleri yakalayarak bunları yetkisiz kişilere göndermek vardır.

- **Casus Yazılımlar:** Veri ve bilgileri kullanıcı bilgisi dışında kopyalayarak yetisiz kişilere transfer edilmesini sağlayan kötücül yazılımlardır. Genel

olarak programların bedava deneme sürümlerinin içerisine enjekte edilmektedirler.

• **DDoS Saldırıları:** Bu siber saldırıların amacı, ağ iletişimini engelleyerek veya hizmetlere erişimi engelleyerek kaynakları tüketmektir (Darwish vd., 2013). Bu saldırı türünde büyük miktarda karışık veya karşılanamaz verileri bilgisayar ağlarına veya İnternet'e bağlı sunucular gibi bilişim cihazlarına göndererek zarar vermek amaçlanır. Tıpkı virüslerde olduğu gibi yeni DoS siber saldırıları da sürekli olarak geliştirilmekte ve siber saldırganlar tarafından yenileri oluşturulmaktadır. Flooding saldırıları, protokol saldırıları ve uygulama katmanı saldırıları, DDoS saldırılarının üç tipik kategorisidir (Singh ve diğerleri, 2017). Flooding saldırıları, bulut sistemlerinin kullanılabilirliğini, gizliliğini ve bütünlüğünü etkileyen yaygın saldırılar arasındadır (Modi ve diğerleri, 2013). Bu saldırılar, en önemli güvenlik tehditleri arasında yer alan erişilebilirliğe dayalı saldırılardır (Fakeeh, 2016). DDoS saldırıları, COVID-19 döneminde ilk on siber güvenlik tehdidi arasındadır (Khan ve diğerleri, 2021).

• **Sosyal Mühendislik:** Sosyal mühendislik, özel ve gizli bilgilerin yetkisiz kişiler tarafından erişimi ve elde edilmesi için insan hatalarından yararlanan bir manipülasyon tekniğidir. Bu tür siber saldırıları çevrimiçi, yüz yüze ve diğer etkileşimler yoluyla gerçekleştirilebilir. Bilgisayar korsanları kullanıcıların bilgi eksikliğinden yararlanmaya çalışabilirler.

• **Diğer Saldırı Türleri:** Siber saldırganların kullandıkları diğer yöntemler yukarıda yer alan siber saldırı türlerinden çok daha fazladır. Ayrıca her geçen gün yeni siber tehdit ve saldırılarında gerçekleştirildiğini göz önünde bulundurmaya gerekir.

## 7. YBS SİSTEMLERİNDE BİLGİ GÜVENLİĞİ ARAÇLARI

YBS bilgi güvenliği kapsamında aşağıda açıklanan teknik ve yöntemler siber tehdit ve saldırılara karşı siber karşı koyma tedbir ve yöntemleri kullanılabilir.

• **Şifreleme:** Şifreleme, teknik anlamda, insan tarafından okunabilen düz metinlerin, şifreli metin olarak da bilinen anlaşılmasız metne dönüştürülmesi işlemidir. Şifreleme işlemi sonrasında yalnızca yetkili tarafların bilgiler anlaşılabilir. Şifreleme işlemlerinde genellikle bir şifreleme anahtarı kullanılır. Şifreleme işlemlerinde kullanılan anahtarlar şifreli bir mesajın hem göndericisinin hem de alıcısının ortak kararlaştırdığı bir dizi matematiksel değerdir.

• **Antivirüs Yazılımları:** Virüs ve virüs çeşitlerinin bilgisayar sistemlerine girmesini önleyerek, önceden bulaşmış olan virüsleri tespit etmeyi amaçlayan, virüsleri tespit işlemi eğer başarılı olursa virüsleri tanımlayarak tüm formlarını yok etmeyi amaçlayan, bu bağlamda virüs tehdidini karşı geliştirilmiş olan yazılımlardır.

• **Güvenlik Duvarı (Firewall):** Bilgisayar ağları arasına, ağların birbirlerinden izole edilmesi amacıyla yerleştirilen ve ağlardan gelen ve/veya giden geçişleri kontrol edip, ağları güvenlik politikalarına göre denetleyerek ağ trafiğinin bilinen protokollere göre aktığını garanti eden sistem ya da sistemlerdir.

• **Sayısal İmza:** Sayısal imzalar bir elektronik dokümanları gönderenleri ve alanları doğrular. Yani sayısal olarak imzalanmış olan bir belgeyi gönderen kişi, onu yolladığını, alıcı da onu aldığını inkâr edemez. Sayısal imzalar mesajdan mesaja değişiklik gösterirler. Böylelikle bir bilgisayar ağı üzerinde gönderilen ve alınan dokümanın orijinal olup olmadığı ile güvenilir olup olmadığı mümkün kılınmış olur.

• **Özel Sanal Ağlar:** Bu ağlar ya da diğer adıyla VPN'ler özel ağlar ve açık ağlar arasında bulunan geçit kapıları olup, İnternet üzerinden şifrelemeyi ve özel iletişimi sağlamak için kullanılan, kuruma ait bilgi ve verilerin, sanal bir ağ oluşturularak bilgisayar ağları üzerinden aktarılmasını sağlayan bir teknolojidir.

• **Vekil Sunucular (Proxy):** Vekil Sunucular ya da bilinen adıyla Proxy'ler, bir yardımcı geçiş sistemi olup İnternet üzerindeki bir makine ile iç ağdaki bir makine arasında direk alışverişe izin vermeyerek, bu alışverişin arasına giren bir servistir.

• **Saldırı Tespit Sistemleri:** Saldırı Tespit Sistemleri ya da bilinen genel anlamı ile IDS'ler, sistem üzerindeki aktiviteleri analiz ederek, güvenlik zaafı ve açıklıklarını tespit eden, sistem yöneticilerine alarm vererek durumu bildiren sistemlerdir. Bu sistemler her türlü siber saldırının tespiti ve bertaraf edilmesi için geliştirilmiş sistemlerdir. Bu sistemlerin kullanımı ile bilgisayar sistemine yönelik saldırılar veya saldırı hazırlıklarını belirlemek amaçlanır. Kaynaklara yönelik tehdit oluşturan eylemleri fark etmeyi hedefleyen sistemler olarak tanımlanabilirler.

• **Zayıflık İnceleme Araçları:** Zayıflık inceleme araçları, bilgi güvenliğini sağlamak amacıyla bir bilgisayar sistemi veya bir ağın savunma mekanizmasının zayıf ve hassas taraflarını, değişik analiz araçları kullanarak ortaya çıkarmayı amaç edinen araçlardır. Bu araçlar ile bir bilgisayar sistemi veya bir ağın güvenliğine metodolojik olarak bakılarak bu bilgisayar sistemi veya ağın potansiyel olarak zayıflıkları ortaya konur ve sınıflandırılır.

## 8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS), kurum, kuruluş, organizasyon ve şirketlerin operasyonlarının belkemiği olarak işlev gören, verinin toplanarak anlamlı bilgiler haline getirilmesinde, planlanmasında, ilgili birimler ile güvenli olarak paylaşılmasında ve koordine edilmesinde ve nihai olarak da etkin kararlar alınmasında teknik ve davranışsal yaklaşımları içeren, donanım ve yazılımdan oluşan bilgisayar

sistemleridir. Siber güvenlik faaliyetleri bilgi sistemlerinin siber tehdit, saldırı ve olaylardan korunmasını hedefleyen faaliyetler bütünüdür.

YBS sistemlerinde veri yönetiminde bilgi güvenliği konu, kural ve tedbirlerinin dikkate alınarak uygulanmasının özellikle yöneticilerin karar mekanizmalarında önemli rolü vardır. Bilgi güvenliği YBS için kritik öneme haiz bir konudur. Organizasyonlar için veri güvenliği iş sürekliliğini sağlamak, veri ihlallerinin önlemek ve yetkisiz erişimlerin önüne geçmek açısından önemlidir. Günümüzde iş dünyasının özellikle İnternetin de yaygın kullanımı ile büyük oranda dijitalleşmektedir. Bu anlamda veri güvenliği şirketlerin en mühim gündemlerinden birisi olmalıdır.

İşletmeler finansal kayıp yaşamamak, faaliyetlerini yürütmek ve güven oluşturabilmek için siber riskler karşısında doğru önlemler almak zorundadır. Herhangi bir organizasyon Veri güvenliği ile ilgili saldırı ve tehditleri en aza indirmek, veri ihlali riskini azaltmak ve yasal uyumluluğun sağlanmasına yardımcı olmak için siber güvenlik konularının farkında olmalıdır. Veriler, organizasyonlar için en önemli varlıklar olduklarından dolayı her türlü yetkisiz erişime karşı korunmaları önemlidir. Veri güvenliği problemleri ve ihlalleri, başarısız denetimler ve yasal gerekliliklere uyulmaması, organizasyonların işlevlerini yerine getirememelerine, itibarlarının zarar görmesine, marka değerlerinin kaybına ve hatta idari ve para cezaları almalarına neden olabilir. Bu nedenle YBS kapsamındaki tüm hassas veriler korunmalıdır.

YBS sistemleri için bilgi güvenliğinin sağlanmasında Ulusal SG testlerinden geçirilmiş, yerli ve milli bilişim teknolojilerinin kullanılması hayati öneme haiz bir konudur. YBS sistemlerinin siber tehdit ve saldırıların odağında olması durumu, YBS sistemlerine yönelik siber tehdit, saldırı ve olayların tespit edilerek durdurulmasını, önlenmesini ve karşı koyma tedbirlerinin alınmasını bir zorunluluk haline getirmektedir. Araştırılan istatistikler, İşletmelerin sürekli gelişen siber tehdit ve saldırı ortamlarına uyum sağlamalarının hayati öneme haiz olduğunu ortaya koymaktadır.

SG, siber varlıkların tehdit, saldırı ve olaylardan korunmasını, gizlilik, bütünlük ve erişilebilirliğin sağlanmasını kapsayan faaliyetler bütünüdür. Günümüzde küçük, orta ve büyük ölçekli dahil organizasyonlar karar alma, kâr payı vb. nedenler ile YBS'ni yoğun olarak kullanmaktadırlar. Ancak günümüzde YBS sistemlerinin bilişim teknolojilerini ve özellikle de İnternet teknolojilerini yoğun olarak kullanması bu sistemleri siber güvenlik endişelere ile karşı karşıya bırakmış ve YBS sistemlerinde bilgi güvenliğinin önemini arttırmıştır. YBS sistemlerini hedef alan siber saldırılar işletmelerin bilgi hizmetlerini durdurabilir, aksatabilir.

Araştırmamız kapsamında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- İşletmelerin YBS sistemlerinde giderek artan oranlarda bilişim teknolojileri ve özellikle de

İnternet kullanılmaktadır. Bu durum beraberinde hayati öneme haiz bilgi güvenliği risk ve tehditlerini de getirmektedir.

- İşletmeler tarafından kullanılan YBS, günümüzde siber tehdit ve saldırıların odağı haline gelmiştir.

- İşletmeler için YBS'nde bilgi güvenliğinin sağlanması işletmelerin faaliyetlerini yürütmesinde hayati derecede öneme sahiptir.

Ulaşılan bu sonuçlara dayanarak şu öneriler getirilebilir:

- İşletmeler YBS kullanımında bilgi güvenliğini bir güvenlik politikası olarak değerlendirmelidirler.

- İşletmeler YBS bilgi güvenliği konusunda farkındalığı artırmak için gerekli çalışmaları yapmalıdırlar.

- İşletmeler aktif kullandıkları YBS'ne yönelik olası siber tehdit ve saldırılara karşı proaktif davranış sergilemeli, bu konuda işletme çalışanlarını kapsayan eğitim, tatbikat vb. Faaliyetler planlanmalı ve icra etmelidirler.

- İşletmeler faydalandıkların farklı YBS'ni bütüncül bir güvenlik bakış açısıyla değerlendirmelidirler.

- İşletmeler kullandıkları YBS'nin yazılım kaynak kodlarını tedarikçi firmalardan temin edilmelidirler. Ayrıca bu sistemleri yetkilendirme seviyelerine göre farklı güvenlik seviyesine sahip ağırlar üzerinde ve bu sistemleri birbirinden ayırıştırarak çalıştırmalıdırlar.

- İşletmeler özellikle yerli ve milli olmayan YBS donanım ve yazılımlarını düzenli yazılım güvenliği testlerine tabi tutmalıdırlar.

- YBS sistemlerini kapsayan AR-GE çalışmaları teşvik edilmelidir.

- İşletmeler için yerli ve milli bir YBS ekosistemi oluşturulmalıdır. Bu kapsamda yerli ve milli YBS donanım ve yazılımlar kullanılmalıdır. Ayrıca bu durumu teşvik edecek işletmeye has politika ve stratejiler geliştirilmelidir.

## KAYNAKÇA

Antunes, M., Maximiano, M., Gomes, R., & Pinto, D. (2021). Information Security and Cybersecurity Management: A Case Study with SMEs in Portugal. *Journal of Cybersecurity and Privacy*, 1(2), 219-238.

Akhtar, S., Sheorey, P. A., & Bhattacharya, S. (2021). Cyber Security Solutions for Businesses in Financial Services: Challenges, Opportunities, and the Way Forward. *International Journal of Business Intelligence Research (IJBIR)*, 12(1), 82-97.

Belsis, P., Kokolakis, S., & Kiountouzis, E. (2005). Information systems security from a knowledge

- management perspective. Information Management & Computer Security.
- Boyd, B. L. (2009). Cyber warfare: Armageddon in a Teacup?. Army Command and General Staff Coll Fort Leavenworth KS.
- Chan, L., Morgan, I., Simon, H., Alshabanat, F., Ober, D., Gentry, J., Cao, R. (2019, June). Survey of AI in cybersecurity for information technology management. In 2019 IEEE technology & engineering management conference (TEMSCON) (pp. 1-8). IEEE.
- Chidukwani, A., Zander, S., & Koutsakis, P. (2022). A Survey on the Cyber Security of Small-to-Medium Businesses: Challenges, Research Focus and Recommendations. IEEE Access.
- Cisco Annual Internet Report, 2018–2023 (<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/colateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>) [Erişim Tarihi: 30.06.2022]
- Damar, M., & Coşkun, E. (2017). Üniversitelerde bilgi işlem den yönetim bilişim sistemlerine geçiş: Mevcut durum ve beklentiler. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10(1), 21.
- Darwish, M., Ouda, A., & Capretz, L. F. (2013, June). Cloud-based DDoS attacks and defenses. In International Conference on Information Society (i-Society 2013) (pp. 67-71). IEEE.
- Fakeeh, K. A. (2016). An overview of DDoS attacks detection and prevention in the cloud. International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS), 11(7).
- Jeong, C. Y., Lee, S. Y. T., & Lim, J. H. (2019). Information security breaches and IT security investments: Impacts on competitors. Information & Management, 56(5), 681-695.
- Johnson, T. A. (Ed.). (2015). Cybersecurity: Protecting critical infrastructures from cyber attack and cyber warfare. CRC Press.
- Khan, N. A., Brohi, S. N., & Zaman, N. (2020). Ten deadly cyber security threats amid COVID-19 pandemic.
- Li, H., Yoo, S., & Kettinger, W. J. (2021). The roles of IT strategies and security investments in reducing organizational security breaches. Journal of Management Information Systems, 38(1), 222-245.
- Modi, C., Patel, D., Borisaniya, B., Patel, H., Patel, A., & Rajarajan, M. (2013). A survey of intrusion detection techniques in cloud. Journal of network and computer applications, 36(1), 42-57.
- ORACLE. (2022). Veri Güvenliği Konuları, Erişim Tarihi: 27.04.2022, <https://www.oracle.com/tr/security/database>
- security/what-is-data-security/(Checkpoint, 2022) [Erişim Tarihi: 30.06.2022]
- Özen, Ü. (2014). Bilgi Sistemlerine Giriş: Temel Kavramlar. Atatürk Üniversitesi AOF Yayinevi.
- Singh, K., Singh, P., & Kumar, K. (2017). Application layer HTTP-GET flood DDoS attacks: Research landscape and challenges. Computers & security, 65, 344-372.
- Simmonds, A., Sandilands, P., & Van Ekert, L. (2004, October). An ontology for network security attacks. In Asian applied computing conference (pp. 317-323). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Schwieger, D., & Ladwig, C. (2022). Cyber Insurance Concepts for the MIS and Business Curriculum. Information Systems Education Journal, 20(5), 5.
- Stallings, W., & Brown, L. (2008). Computer Security Principles and Practices second edition.
- Tam, T., Rao, A., & Hall, J. (2021). The good, the bad and the missing: a narrative review of cybersecurity implications for Australian small businesses. Computers & Security, 109, 102385.
- Tecim, V. (2022). Yönetim Bilişim Sistemleri (YBS). Erişim Tarihi: 27.04.2022, <https://vahaptecim.com.tr/yonetim-bilisim-sistemleri/> [Erişim Tarihi: 30.06.2022]
- Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planı (2020-2023). Erişim Tarihi: 27.04.2022, <http://www.sp.gov.tr/tr/temel-belge/s/202/Ulusal+Siber+Guvencilik+Stratejisi+ve+Eylem+Plani+2020-2023> [Erişim Tarihi: 30.06.2022]
- Van Thuy, N. (2022). Applications of IOTS, Internet Data, and Artificial Intelligence in Building Better Management Information System (MIS) in Banking Activities in Vietnam. In Advances in Computational Intelligence and Communication Technology (pp. 195-201). Springer, Singapore.
- Von Solms, R., & Van Niekerk, J. (2013). From information security to cyber security. computers & security, 38, 97-102.
- Wassef Hijazeen, O., Ghazi Alshanty, A., & Abuhamdeh, M. (2022). Management Information System For Effective And Efficient Decision Making: Case Study Five-And Four-Stars Hotel In Jordan. Webology (ISSN: 1735-188X), 19(2).
- Zanini, M., & Edwards, S. J. (2001). The networking of terror in the information age. Networks and networks: The future of terror, crime, and militancy, 32.



Araştırma Makalesi

## Yeni Bir FPGA Geliştirme Kartı Tasarımı ve Uygulaması

Adem Keskin\*<sup>1</sup>, İsmail Koyuncu\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe University, Institute of Natural and Applied Sciences, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe University, Technology Faculty, Department of Electrical Electronics Engineering, Afyonkarahisar, Türkiye

### ÖZ

#### Anahtar Kelimeler:

FPGA  
VHDL  
JTAG  
Xilinx  
Geliştirme Kartı

Sunulan bu çalışmada, üzerinde mühendislik alanındaki temel sayısal uygulama ve tasarımların gerçek zamanlı FPGA tabanlı olarak gerçekleştirilebilmesi için gerekli donanım elemanlarına sahip yeni bir yerli FPGA devre kartı tasarlanmıştır. FPGA geliştirme kartının maliyetinin düşürülmesi amacı ile üzerindeki donanım minimum seviyede tutulmuştur. FPGA geliştirme kartının elektronik devre çizimlerinde Altium PCB Design Software & Tools programı kullanılmıştır. Tasarlanan FPGA geliştirme kartının test edilebilmesi amacı ile Xilinx ISE Design Tools programı ile VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language-Çok Yüksek Hızlı Tümlşik Devre Donanımı Tanımlama Dili) dilinde örnek sayısal sistem tasarımı projeleri kodlanmıştır. Örnek sayısal sistem tasarımı projelerinin Place-Route sürecinden elde edilen bitstream dosyaları JTAG (Joint Test Action Group (Ortak Test Eylem Grubu)) ara yüzü kullanılarak FPGA çipine yüklenmiştir. Yükleme işleminin ardından örnek sayısal sistem tasarımı projelerinin FPGA geliştirme kartı üzerinde başarılı bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada sunulan tasarım ile hali hazırda dışa bağımlı bir şekilde yurtdışından temin edilerek çok yüksek maliyetler ile kullanılan FPGA geliştirme kartlarına alternatif olarak daha düşük maliyet ile mühendislik eğitim ve uygulamalarında kullanılabilecek yerli bir FPGA geliştirme kartı başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

## Design and Application Of A New FPGA Development Board

### ABSTRACT

#### Keywords:

FPGA  
VHDL  
JTAG  
Xilinx  
Development Board

In this study, it is aimed to design a new native FPGA circuit board with the necessary hardware elements in order to realize the basic digital applications and designs in the field of engineering on a real-time FPGA-based basis. In order to reduce the cost of the FPGA development board, the hardware on it is kept to a minimum. Altium PCB Design Software & Tools program was used in the electronic circuit drawings of the FPGA development board. In order to test the designed FPGA development board, sample digital system design projects were coded in VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) language with Xilinx ISE Design Tools program. The bitstream files obtained after the Place-Route process of the sample digital system design projects were loaded onto the FPGA chip with the JTAG (Joint Test Action Group) interface. After the installation process, it has been observed that the sample digital system design projects work successfully on the FPGA development board. With the design presented in this study, a domestic FPGA development board that can be used in engineering education and applications with a lower cost as an alternative to the FPGA development boards that are currently used with very high costs by being imported from abroad has been successfully developed.

#### \*Sorumlu Yazar

\*(ademkeskin2004@gmail.com) ORCID ID 0000-0001-9781-4358  
(ismailkoyuncu@aku.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-4725-4879

e-ISSN: 2717-8579

Geliş Tarihi: 27/07/2022; Kabul Tarihi: 12/10/2022

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

## 1. GİRİŞ

FPGA (Field Programmable Gate Array-Saha(da)/Alan(da) Programlanabilir Kapı Dizileri) donanımları, silikon üretiminin tamamlanmasının ardından tasarımcının ihtiyaç duyduğu veya tasarlamak istediği sisteme bağlı olarak iç yapısının değiştirilerek programlanabilmesini sağlayan yarı iletken teknolojiye sahip tümleşik devre yapılarıdır (Karataş vd 2020). FPGA donanımları çok yüksek performans, paralel sinyal işleme ve tekrar tekrar programlanabilme gibi özellikleriyle ön plana çıkmaktadır (Yılmaz vd 2019). Bu gibi nedenlerden dolayı FPGA çipleri DSP (Digital Signal Processor), µP (Micro Processor) ve ASIC (Application Specific Integrated Circuit) gibi sayısal platformlara göre önemli avantajlar sunmaktadır (Rahul 2009).

Son yıllarda FPGA platformları yüksek kapasite ve çalışma frekansına sahip olmakla birlikte farklı alanlardaki uygulamaların gerçekleştirilebilmesi için yapısal özellikleri geliştirilerek daha fonksiyonel bir hale getirilmektedirler. FPGA donanımları tamamen tasarımcının ihtiyaç duyduğu nitelikte bir sistem tasarımına uygun olarak üretildiği için tasarlanan bir sistemin çip içerisinde birden fazla kopyası kolayca çalıştırılabilir şekilde sistem tasarlanarak çalıştırılabilmektedir.

FPGA çipleri başta savunma sanayi olmak üzere kriptoloji, yapay zekâ, uydu ve radar haberleşmesi, tüketici elektroniği, görüntü-ses işleme, tıp elektroniği gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Literatürde FPGA tabanlı olarak gerçekleştirilmiş birçok çalışma bulunmaktadır. Akkoyun yaptığı çalışmada, FPGA tabanlı bir platformda dokunmatik LCD ekranların kullanılması çalışmasını gerçekleştirmiştir. FPGA tabanlı platformun, maliyet açısından düşük ve performans bakımından hızlı olmasını hedeflemiştir. Yaptığı tasarımda, dokunmatik ekranlı kullanıcı ara yüzünün insan ile etkileşimini seri port kullanarak sağlamıştır. Çalışmanın sonunda FPGA tabanlı sistemlerde kolay ve hızlı çalışan yapıyı oluşturmayı başarmıştır. (Akkoyun 2011).

Az tarafından yapılan çalışmada, farklı konumlarda bulunan kullanıcılar arasında şifreli olarak mesaj, resim ve ses verisi gönderip alabilen güç tüketimi düşük ve maliyet açısından ekonomik FPGA tabanlı kablosuz haberleşme sisteminin tasarımını gerçekleştirmiştir. Ayrıca bu sistemde kullanıcılar, ara yüz programı üzerinden şifreli veya şifresiz iletişim kanallarından istediğini seçebilmektedir. Algoritmanın şifreleme ve şifre çözme adımlarının donanım gerçeklemesini FPGA üzerinde yapmıştır. Programlama dili olarak VHDL kullanmıştır. Önerilen sistemin var olan diğer sistemlere göre daha az güç tükettiği belirtilmiştir (Az 2014).

Özgür tarafından yapılan bir çalışmada, radar sinyal işleme algoritmaları ve bazı sayısal işlemler FPGA ve GPU (Graphics Processing Unit-Grafik

İşleme Birimi) platformlarını kullanarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yaptığı tasarımda benzetim modelinde sinyalin varış yönü, sinyalin menzili ve doppler frekansı tahmin edilebilmektedir. Çalışmanın sonunda tasarımda kullanılan FPGA çipinin GPU platformuna kıyasla çok avantajlı olduğu vurgulanmıştır (Özgür 2014).

Tengilimoğlu tarafından yapılan bir diğer çalışmada, yeniden yapılandırılabilir sistem mimarileri üzerinde işlemler gerçekleştirmiştir. Yaptığı örnek bir uygulamada, gerçek zamanlı bir hedef takip ve tespit sisteminde donanımsal hızlandırma amacıyla kullanılan FPGA çipinde kısmi yeniden yapılandırma tekniğini uygulamıştır. Önerilen sistemde FPGA kaynak kullanımı ve güç tüketimi azaltılmaya çalışılmıştır (Tengilimoğlu 2014).

Sinha ve Lotia tarafından yapılan çalışmada, sayısal modülasyon teknikleri FPGA donanımı kullanılarak tasarlanmış ve çalışmadan ortaya çıkan bit oranı hataları incelenerek sunulmuştur. Modülatörlerin tasarımını VHDL dili ile FPGA üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Sunulan çalışmada gerçekleştirilen uygulamaların en az FPGA sayısal kaynak kullanım oranı ve düşük hata oranı ile gerçekleştirilebildiğini göstermişlerdir (Sinha ve Lotia 2015).

Günümüzde ülkemizde hali hazırda kullanılan FPGA geliştirme kartları dışa bağımlı olarak yurtdışından temin edilmektedir. Bu nedenle ilgili FPGA geliştirme kartları çok yüksek maliyetler ile elde edilmekte ve bu alanda çalışmak isteyen mühendis ve araştırmacıların FPGA geliştirme kartlarına ulaşması oldukça zorlaşmaktadır. Ayrıca kullanımda olan geliştirme kartlarının üzerinde gerçekleştirmek istenilen uygulamalar için gereksiz donanımlar bulunabilmektedir. Bu iki durum maliyet açısından büyük bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Sunulan çalışma kapsamında hali hazırda yurt dışından hazır olarak yüksek maliyetler ile ithal edilen yüksek teknoloji içeren FPGA geliştirme kartlarına alternatif olarak dışa bağımlılığı azaltmak amacı ile düşük maliyete sahip yerli bir FPGA geliştirme kartı tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında geliştirilen yerli FPGA geliştirme kartı ile pazardaki bu ihtiyacın karşılanması amaçlanmıştır. Ayrıca yerli FPGA geliştirme kartı tasarımı ile Türkiye'de ilgili sektörün teknolojik olarak iyileştirilmesi ve dünya FPGA pazarında yer alınarak yerli üretimdeki sürdürülebilirliğin kazanılmasına katkı sunulması hedeflenmiştir. Çalışmanın İkinci bölümde FPGA çipleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde tasarlanan FPGA geliştirme kartı prototipi genel yapısı ve kart bileşenleri sunulmuştur. Dördüncü bölümde tasarlanan FPGA geliştirme kartı üzerinde yapılan örnek bir uygulamaya ait süreçler verilmiştir. Çalışmanın Son bölümde elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

## 2. FPGA ÇİPLERİ

FPGA çipleri ilk silikon üretiminin ardından tasarımcının istediği sistem veya tasarıma göre donanım yapısı değişebilen tümleşik devre donanımlarıdır. FPGA çipleri tekrar tekrar programlanabilme özelliği ile ASIC çiplerine göre daha esnek bir yapıya sahip sayısal işlemcilerdir (Tuna vd 2018). ASIC donanımlarının ise tasarlandıktan sonraki içyapısı sabit kalmaktadır. Diğer bir deyişle tasarım aşaması veya sürecinde gerçekleşen herhangi bir hatadan dolayı bir daha ASIC çipleri kullanılamaz hale gelmektedir (Alçın vd 2019). Şekil 1'de Xilinx firmasına ait Artix-7 FPGA kartı gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Xilinx Artix-7 çipi içeren FPGA geliştirme kartı

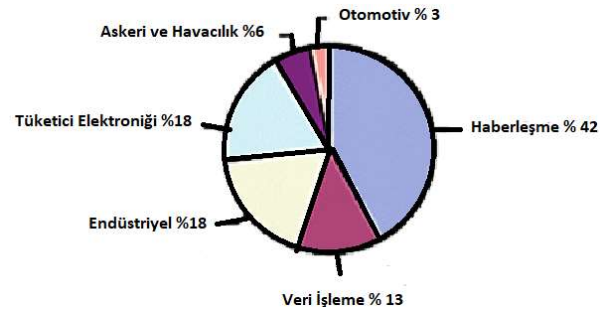
FPGA çipleri "çip üzerinde sistem" (System On a Chip (SoC)) olarak da adlandırılmakta ve gerek duyulduğunda diğer çiplerle birlikte büyük sistemlerin bir parçası olarak da çalışabilmektedirler (Munden 2005).

Üretim aşamasının ardından tasarımcının istediği biçimde sisteme özel olarak programlanabilen FPGA platformları, GHz seviyesinde çalışma frekansına çıkabilmektedirler. FPGA çiplerinin çalışma frekansı, kişisel bilgisayarlardan daha düşük olmasına rağmen paralel çalışma ve sisteme özel tasarım yapılabilmesi gibi avantajlarından dolayı kişisel bilgisayarlardan çok daha hızlı çalışabilmektedirler (Şahin ve Koyuncu 2011).

FPGA-tabanlı sayısal tasarımların bir diğer önemli avantajı ise IP-Core yapıları oluşturulup; hazır kütüphane dosyaları kullanılarak hızlı bir tasarım sürecinin olmasıdır (Akçay vd 2020). Genel amaçlı bilgisayar ve buna bağlı çalışan üzerinde çok sayıda FPGA çipi barındıran FPGA tabanlı Özel Amaçlı Bilgisayarlar (FPGA-based Custom Computing Machines (F-CCMs)) ile çok yüksek hızlarda çalışabilen platformlar oluşturulabilmektedir (Şahin vd 2000).

FPGA çipleri günümüzde sinyal işleme (Diao vd. 2018), ses tanıma (Rodriguez-Orozco vd. 2018), kontrol (Özkan vd 2011), yapay sinir ağları (Libano vd. 2018), kaotik sistem tasarımı (Tuna vd 2019), uzay araçları (Schafer vd. 2009), kriptoloji (Ismail vd 2017), rasgele sayı üreteçleri (Bakiri vd. 2018), sözde rasgele sayı üreteçleri (Dong vd 2019), gerçek

rasgele sayı üreteçleri (Alçın vd 2019), kaotik osilatör tasarımları (Telo-Cuautle vd. 2019) (Rajagopal vd. 2018), görüntü işleme (Koyuncu vd 2015), modelleme (Tuntaş 2015), robotik (Bargsten ve Fernandez 2020), güvenli iletişim (Savran 2017), tıp (Abdullah ve Younis 2019), hidrojen üretim sistemleri (Yılmaz vd. 2019), bulanık mantık (Karataş vd. 2020), modülasyon (Mohammed ve Abdullah 2020), savunma sistemleri (Drozd and Kapulin 2018) gibi birçok alanda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. FPGA çiplerine birçok program yüklenerek çalıştırılabilmektedir (Yılmaz, 2008). Şekil 2'de FPGA çiplerinin kullanım alanlarının dağılımı gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi haberleşme alanında %42, endüstriyel alanında %18, tüketici elektroniği alanında %18, veri işleme alanında %13, askeri ve havacılık alanında %6, otomotiv alanında %3'lük kullanıma sahiptir.



**Şekil 2.** FPGA çiplerinin kullanım alanları ve oranları

Günümüzde FPGA çipleri üreten birçok firma bulunmaktadır. Bunların başlıcaları Xilinx, Altera, Atmel, SiliconBlue, Microsemi ve Lattice firmalarıdır. FPGA çipleri her firmada farklı isimler altında üretilmektedir. Örnek olarak Xilinx üretilen çiplere Virtex ve Kintex gibi isimler verirken, Altera ise ürettiği çiplere Cyclone ve Stratix gibi isimler vermektedir.

## 3. FPGA TABANLI GELİŞTİRME KARTI TASARIMI

Sunulan bu çalışmada, üzerinde mühendislik alanındaki temel sayısal uygulama ve tasarımların gerçek zamanlı FPGA tabanlı olarak gerçekleştirilebilmesi için gerekli donanım elemanlarına sahip yeni bir yerli FPGA devre kartı tasarlanmıştır. Tasarımda XILINX firmasının XC2C64A-7-VQ44 ailesine ait FPGA çipi seçilmiştir. XC2C64A çipi 33 adet I/O, 3 adet toprak, 4 adet Vcc, 4 adet JTAG (Joint Test Action Group) pini olmak üzere 44 adet pini bulundurmaktadır. Yüksek performans ve düşük güç gerektiren uygulamalar için ideal bir çiptir. Şekil 3'te XC2C64A-7-VQ44 FPGA çipi görülmektedir.





**Şekil 3.** Xilinx firmasına ait XC2C64A-7-VQ44 FPGA çipi

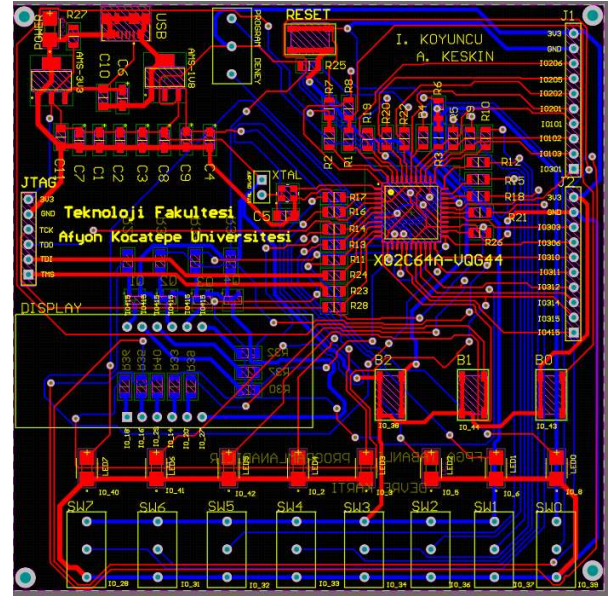
Tasarlanan FPGA geliştirme kartını oluşturan bileşenler tasarımda kullanım adedi ile birlikte Tablo 1’de görülmektedir.

**Tablo 1.** Tasarlanan FPGA geliştirme kartını oluşturan bileşenler ve kullanım adedi

Komponent Adı	Adedi
100 $\Omega$ SMD Direnç	13
330 $\Omega$ SMD Direnç	8
10 K $\Omega$ SMD Direnç	15
2.2 K $\Omega$ SMD Direnç	4
100 nF SMD Kondansatör	3
4.7 nF SMD Kondansatör	4
1 $\mu$ F SMD Kondansatör	2
22 $\mu$ F SMD Kondansatör	2
SMD LED Beyaz	8
SMD LED Mavi	1
48 MHz Kristal	1
SMD BC 807	4
Anahtar	9
Micro USB	1
Header	3
Display	1
AMS 1117 1.8 V	1
AMS 1117 3.3 V	1
Buton	4
FPGA Çipi	1
PCB	1

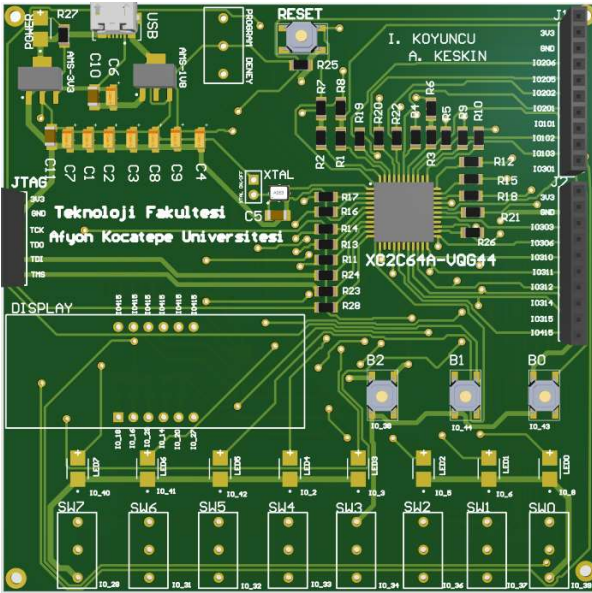
PCB (Printed Circuit Board-Baskılı Devre Kartı) tasarım programları, kullanıcıların elektronikte kendi donanım ürünlerini oluşturmalarına yardımcı olmaktadır. Uygulamalarda teknolojik gelişmelerle birlikte baskılı devre kartları da üretilmeye

başlanmıştır. Proteus ve Eagle gibi programların yanı sıra Altium Designer gibi birçok PCB tasarım yazılımları bulunmaktadır. Bu programların hepsi aynı görevi yapsalar da, bazı detay farkları bulunmaktadır. Bu farklılıklar, kullanıcının o programı tercihinde etkilidir. Bu farklılıklar, basit arayüz, geniş kütüphane, hata analizi, simülatöre sahip olma ve satın alma maliyeti olarak sıralanabilmektedir. Bu çalışmada FPGA kitleri gibi ayrıntılara sahip profesyonel devrelerin tasarımı için Altium Designer programının daha işlevsel olduğu değerlendirilmiştir. Bunun en önemli sebebi detaylı olarak hata analizi yapabilmesi ve üretimden sonra karşılaşılabilecek herhangi bir hatadan kaçınmayı sağlamasıdır. Kullanıcılar PCB çiziminden önce ayarlanabilen kurallar ile 3D arasında geçişler ve 2 boyutlu tasarım, devre elemanlarının grafik analizi vb. simülasyon işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Bu çalışmada üretilen devre kartının çizimi Altium Designer programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 4’te FPGA tabanlı devre kartının Altium Designer programı yardımıyla elde edilen çift yüzü bakır yollarının gösterimi verilmiştir.



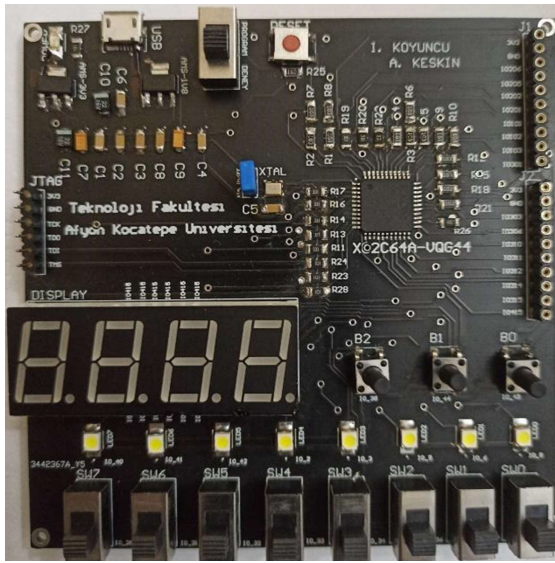
**Şekil 4.** FPGA tabanlı geliştirme kartının çift yüzü bakır yollarının gösterimi

Şekil 5’te FPGA geliştirme kartının Altium Designer programı yardımıyla alınan üç boyutlu gösterimi verilmiştir.



Şekil 5. FPGA tabanlı geliştirme kartının üstten üç boyutlu gösterimi

Şekil 6'da tasarımı gerçekleştirilen FPGA tabanlı geliştirme kartının üretim aşamasından sonraki üstten görünümü verilmiştir.



Şekil 6. FPGA geliştirme kartının üstten görünümü

Devrenin prototipin montaj işlemi yapıldıktan sonra tasarımlar için kullanıma hazır hale getirilmiştir. Uygulama ve geliştirme işlemlerine bundan sonra anakart üzerinde FPGA çipinin programlanması ile devam edilmiştir. Programlama işlemi, bilgisayar ve JTAG-programmer cihazı bağlantı portları ile gerçekleştirilmiştir. Tasarımımızda FPGA aygıtına yazılımı yüklemek için JTAG arabirimi kullanılmıştır. JTAG arabirimi IEEE 1149.1 Standardını kullandığı için Xilinx ISE programı ile uyumlu çalışmaktadır. Tasarımda JTAG bağlantı portu üzerindeki pinlerin uygun dizilimine dikkat edilmiştir. Böylelikle yanlış bir bağlantının önüne geçilmiştir.

Devre prototipinin program modu ve deney modu olmak üzere iki modu bulunmaktadır.

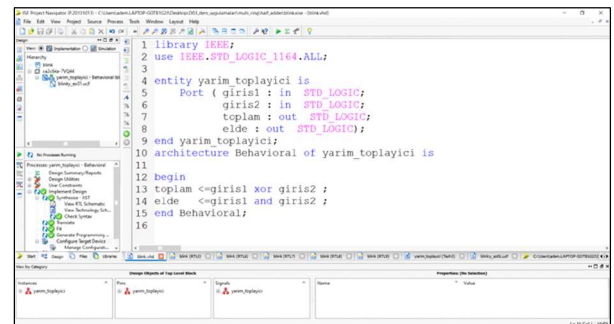
Öncelikle çıkışlar program modunda aktif halde değildir. FPGA çipinin programlanması bu moda gerçekleşmektedir. Programın kurulumu bitirildikten sonra deney moduna geçilmekte ve pinler etkinleştirilmektedir. Programlamada Xilinx ISE içerisinde bulunan ISE iMPACT arayüzü kullanılmıştır.

#### 4. FPGA GELİŞTİRME KARTI ÜZERİNDE ÖRNEK UYGULAMALAR

Çalışmanın bu bölümünde tasarlanan FPGA geliştirme kartı üzerinde örnek sayısal uygulama gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen tasarım öncelikle Xilinx ISE Design Tools programı kullanılarak VHDL dilinde kodlanmıştır. Ardından tasarımın RTL şeması ve teknoloji şeması çıkarılmıştır. Sonraki aşamada FPGA çipine ait pin atamaları gerçekleştirilmiş ve projeye ait .ucf dosyası oluşturulmuştur. Bu işlemten sonra projeye ait bitstream dosyası Generate Programming File aracı kullanılarak elde edilmiştir. Bu aşamada tasarımın çalışması için kullanılan Xilinx XC2C64A-7 çipine ait kaynak kullanım bilgileri elde edilmiş ve bu bilgiler sunulmuştur. Son aşamada ise ISE Impact aracı kullanılarak elde edilen bitstream dosyası FPGA çipine yüklenmiştir. Yükleme işleminin ardından tasarlanan FPGA geliştirme kartının beklendiği biçimde başarılı bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. Tasarlanan FPGA geliştirme kartı üzerinde gerçekleştirilen uygulamalara ait görüntüler sunulmuştur.

##### 4.1. Yarım toplayıcı Uygulaması

Çalışma kapsamında yerli olarak tasarlanan FPGA geliştirme kartının test edilebilmesi için kart üzerindeki anahtar (switch) ve ledler kullanılarak yarım toplayıcı sayısal uygulaması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen tasarım öncelikle Xilinx ISE Design Tools programı kullanılarak VHDL dilinde kodlanmıştır. Tasarıma ait VHDL kodu aşağıda Şekil 7'de verilmiştir.

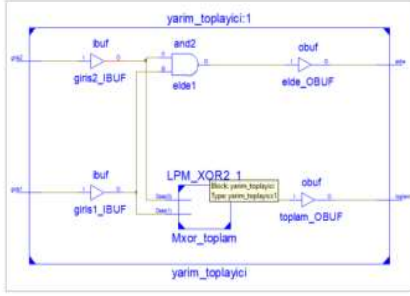


Şekil 7. Yarım Toplayıcı sayısal uygulamasına ait VHDL kodu

Şekil 8'de FPGA geliştirme kartında tasarlanan yarım toplayıcı uygulamasına ait RTL şeması ve Şekil 9'da teknoloji şeması verilmiştir.



**Şekil 8.** Yarım Toplayıcı uygulamasına ait RTL şeması



**Şekil 9.** Yarım Toplayıcı sayısal uygulamasına ait teknoloji şeması.

Sonraki aşamada FPGA çipine ait pin atamaları gerçekleştirilmiş ve yarım toplayıcı uygulamasına ait .ucf dosyası oluşturulmuştur. Şekil 10'da ucf dosyasının kodu görülmektedir.

```

1 #PACE: Start of Constraints generated by PACE
2
3 #PACE: Start of PACE I/O Pin Assignments
4 NET "giris1" LOC = "35" ;
5 NET "giris2" LOC = "39" ;
6 NET "toplam" LOC = "8" ;
7 NET "elde" LOC = "6" ;
8
9
10 #PACE: Start of PACE Area Constraints
11
12 #PACE: Start of PACE Prohibit Constraints
13
14 #PACE: End of Constraints generated by PACE
15

```

**Şekil 10.** Yarım toplayıcı sayısal uygulamasına ait ucf dosyası kodu.

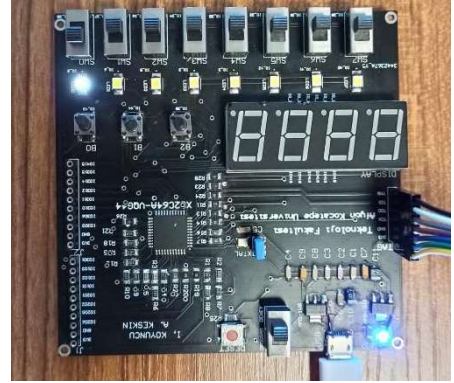
Şekil 11'de yarım toplayıcı devresinin Xilinx XC2C64A-7 çipi üzerinde gerçekleştirildiğinde FPGA çipine ait kaynak kullanım bilgileri verilmiştir.

XILINX CPLD Reports		CoolRunner-II			
Filter Report		Timing Report			
<b>Summary</b>					
Design Name	yarim_toplayici				
Fitting Status	Successful				
Software Version	P 20131013				
Device Used	XAC2C64A-7-VQ44				
Date	6-24-2022, 4:26PM				
<b>RESOURCES SUMMARY</b>					
Macrosells Used	Pins Used	Registers Used	Pin Used		
8/64 (13%)	3/224 (2%)	0/64 (0%)	10/33 (31%)		
<b>FUNCTION BLOCK INPUTS USED</b>					
Macrocell	Used				
2	26				
<b>PIN RESOURCES</b>					
Signal Type	Required	Mapped	Pin Type	Used	Total
Input	2	2	IO	10	26
Output	8	8	GCK/IO	0	3
Bidirectional	0	0	GTS/IO	0	4
GCK	0	0	GSR/IO	0	1
GTS	0	0	DGE/IO	0	-1
GSR	0	0			

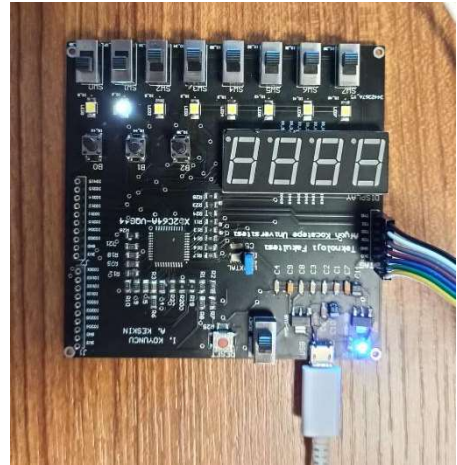
**Şekil 11.** Yarım toplayıcı devresinin Xilinx XC2C64A-7 FPGA çipi kaynak kullanım bilgileri.

Bu işlemten sonra yarım toplayıcı uygulamasına ait bitstream dosyası Generate Programming File aracı kullanılarak elde edilmiştir. ISE Impact aracı kullanılarak led yakma uygulamasında elde edilen bitstream dosyası FPGA çipine yüklenmiştir. Yükleme işleminin ardından tasarlanan FPGA geliştirme kartının beklendiği biçimde başarılı bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir.

Tasarlanan FPGA geliştirme kartı üzerinde gerçekleştirilen uygulamalara ait görüntü Şekil 12'de ve Şekil 13'de sunulmuştur.



**Şekil 12.** FPGA geliştirme kartı üzerinde gerçekleştirilen yarım toplayıcı uygulaması (giris1=1 giris2=0 durumu).



**Şekil 13.** FPGA geliştirme kartı üzerinde gerçekleştirilen yarım toplayıcı uygulaması (giris1=1 giris2=1 durumu).

## 4.2. Yukarı Sayıcı Uygulaması

Çalışma kapsamında yerli olarak tasarlanan FPGA geliştirme kartının test edilebilmesi için kart üzerindeki dörtlü yedi segment display kullanılarak yukarı sayıcı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen tasarım öncelikle Xilinx ISE Design Tools programı kullanılarak VHDL dilinde kodlanmıştır. Şekil 14'de tasarıma ait VHDL kodu verilmiştir.

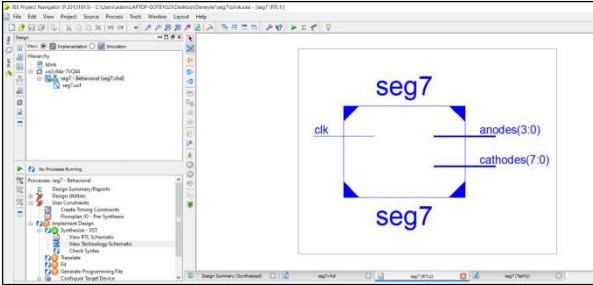
```

1 library IEEE;
2 use IEEE.STD_LOGIC_1164.ALL;
3 entity seg7 is
4     Port ( clk : in  STD_LOGIC;
5           anodes : out STD_LOGIC_VECTOR (3 downto 0);
6           cathodes,led : out STD_LOGIC_VECTOR (7 downto 0));
7 end seg7;
8 architecture Behavioral of seg7 is
9     signal clk_counter : natural range 0 to 48000000 :=0;
10    signal counter : natural range 0 to 10 :=0;
11 begin
12     process(clk)
13     begin
14         if rising_edge(clk) then
15             clk_counter <= clk_counter + 1;
16             if clk_counter >= 48000000 then
17                 clk_counter <= 0;
18                 counter <= counter +1;
19                 if counter>9 then
20                     counter <=0;
21                 end if; end if; end if; end process;
22     process(counter)
23     begin
24         case counter is
25             when 0 => cathodes <= "11000000"; --0
26             when 1 => cathodes <= "11111001"; --1
27             when 2 => cathodes <= "10100100"; --2
28             when 3 => cathodes <= "10110000"; --3
29             when 4 => cathodes <= "10011001"; --4
30             when 5 => cathodes <= "10010010"; --5
31             when 6 => cathodes <= "10000010"; --6
32             when 7 => cathodes <= "11111000"; --7
33             when 8 => cathodes <= "10000000"; --8
34             when 9 => cathodes <= "10010000"; --9
35             when others => cathodes <= "11111111";
36         end case; end process;
37     anodes <= "0000"; led<="00";
38 end Behavioral;

```

**Şekil 14.** Yukarı sayıcı uygulamasına ait VHDL kodu.

Şekil 15'de FPGA geliştirme kartında tasarlanan yukarı sayıcı uygulamasına ait RTL şeması verilmiştir.



**Şekil 15.** Yukarı sayıcı uygulamasına ait RTL şeması.

Sonraki aşamada FPGA çipine ait pin atamaları gerçekleştirilmiş ve yukarı sayıcı uygulamasına ait .ucf dosyası oluşturulmuştur. Şekil 16'da .ucf dosyasının kodu görülmektedir.

```

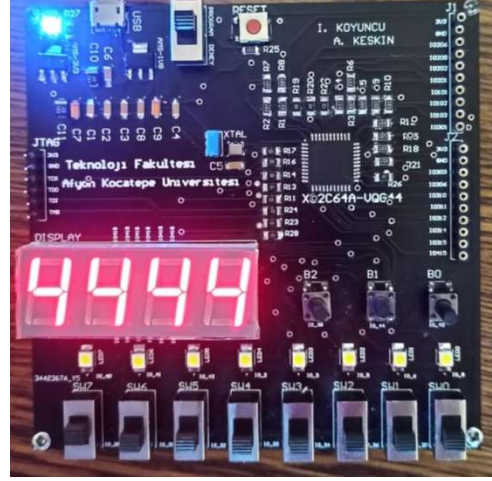
1 NET "anodes<0>" LOC = "27";
2 NET "anodes<1>" LOC = "23";
3 NET "anodes<2>" LOC = "22";
4 NET "anodes<3>" LOC = "21";
5
6 NET "clk" LOC = "1";
7
8 NET "cathodes<0>" LOC = "12";
9 NET "cathodes<1>" LOC = "13";
10 NET "cathodes<2>" LOC = "14";
11 NET "cathodes<3>" LOC = "16";
12 NET "cathodes<4>" LOC = "18";
13 NET "cathodes<5>" LOC = "19";
14 NET "cathodes<6>" LOC = "20";
15 NET "cathodes<7>" LOC = "29";
16

```

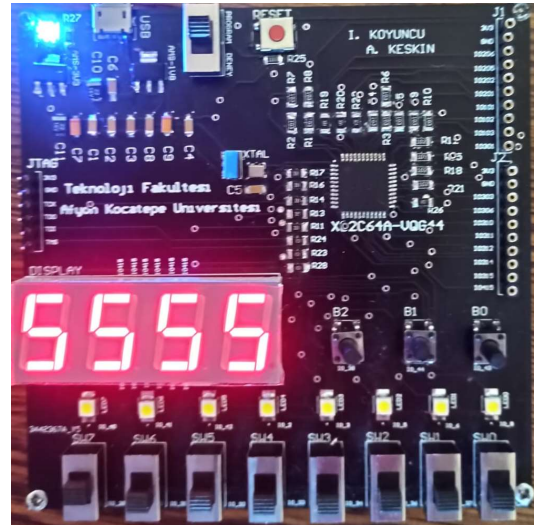
**Şekil 16.** Yukarı sayıcı uygulamasına ait .ucf dosyası kodu.

Bu işlemten sonra yukarı sayıcı uygulamasına ait bitstream dosyası Generate Programming File aracı kullanılarak elde edilmiştir. ISE Impact aracı kullanılarak yukarı sayıcı uygulamasında elde

edilen bitstream dosyası FPGA çipine yüklenmiştir. Yükleme işleminin ardından tasarlanan FPGA geliştirme kartının istenilen biçimde başarılı bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. Tasarlanan FPGA geliştirme kartı üzerinde gerçekleştirilen uygulamalara ait görüntü Şekil 17'de ve Şekil 18'de sunulmuştur.



**Şekil 17.** Tasarlanan FPGA devre kartı üzerinde gerçekleştirilen yukarı sayıcı uygulaması (örnek durum1).



**Şekil 18.** Tasarlanan FPGA devre kartı üzerinde gerçekleştirilen yukarı sayıcı uygulaması (örnek durum2).

## 5. FARKLI FPGA KARTLARI ARASINDA DONANIM VE FİYAT KARŞILAŞTIRMASI

Bu çalışma kapsamında sunulan yeni FPGA geliştirme kartı ile Digilent firmasına ait C-Mod C2 FPGA geliştirme kartı genel özellikler açısından birbirine yakın donanımlar içermektedir. Tablo 2'de farklı FPGA geliştirme kartlarına ait donanım özellikleri verilmiştir. Tablo üzerinde, geliştirme kartında bulunan FPGA çipleri, çiplerin maksimum saat frekansları ve kart üzerinde kullanılan genel donanımsal özellikler sunulmuştur.

**Tablo 2.** Farklı FPGA geliştirme kartlarına ait donanımsal özellikler.

FPGA Geliştirme Kartları	FPGA Çipi	Saat Frekansı	Kart Üzerindeki Donanımlar
Cmod C2	XC2C64A-7VQG44	159 Mhz	33 adet I/O pini
Cmod A7-35T	CX7A35T-1CPG236C	464 MHz	USB-JTAG port, 3 adet LED, 2 adet buton, 44 dijital I/O ve 2 analog input pini
Basys 3	XC7A35T1CPG236C	450 MHz	16 adet anahtar, 16 adet LED, 5 adet buton, 1 adet 4'lü 7-segment display, 4 adet Pmod port, 1 adet VGA çıkış, 1 adet Serial Flash, 1 adet USB-JTAG port
Arty Board A7-35T	XC7A35TI CSG324-1L	450 MHz	4 adet anahtar, 5 adet Buton, 8 adet LED, 4 adet Pmod port, 1 adet Ethernet portu, 1 adet USB-JTAG port
Zybo Z7-10	Xilinx Zynq™-7000	766 MHz	5 adet p-mod port, 8 adet buton, 4 adet anahtar, 3 adet ses portu, 2 adet HDMI portu, 1 adet Ethernet portu, 1 adet Serial flash, 1 adet micro USB, 1 adet sd micro portu

## 6. SONUÇLAR

Sunulan çalışmada mühendislik alanındaki temel sayısal uygulama ve tasarımların gerçek zamanlı FPGA tabanlı olarak gerçekleştirilebilmesi için gerekli donanım elemanlarına sahip yeni bir yerli FPGA devre kartı tasarlanmıştır. FPGA geliştirme kartının maliyetinin düşürülmesi amacı ile üzerindeki donanım minimum seviyede tutulmuştur. FPGA geliştirme kartına ait PCB'yi oluşturmak için Altium PCB Design Software & Tools programı kullanılmıştır. Tasarlanan FPGA geliştirme kartının test edilebilmesi amacı ile Xilinx ISE Design Tools programı ile VHDL dilinde örnek sayısal sistem tasarımı projeleri kodlanmıştır. Örnek sayısal sistem tasarımı projelerinin Place-Route işleminin ardından elde edilen bitstream

dosyaları JTAG ara yüzü ile FPGA çipine yüklenmiştir. Yükleme işleminin ardından örnek sayısal sistem tasarımı projelerinin FPGA geliştirme kartı üzerinde başarılı bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiş ve örnek uygulamaların sonuçları çalışmada sunulmuştur. Bu çalışmada sunulan yeni bir yerli FPGA geliştirme kartı tasarımı ile hali hazırda dışa bağımlı bir şekilde yurtdışından temin edilerek çok yüksek maliyetler ile kullanılan FPGA geliştirme kartlarına alternatif olarak daha düşük maliyet ile mühendislik eğitiminde temel uygulamalarda kullanılacak yerli bir FPGA geliştirme kartı başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Abdullah, H. T., Younis, B.M., (2019). FPGA Based Bone Fracture Detector, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 745, 012052.
- Akçay, M. Ş., Koyuncu, İ., Alçın, M., Tuna, M., (2020). Implementation of IQ-Math Based RadBas Activation Function on FPGA, International Asian Congress on Contemporary Sciences-IV, Baku, Azerbaijan, 599-607.
- Akkoyun, F., (2011). FPGA Tabanlı Dokunmatik Ekranlı Kullanıcı Arabirimi Tasarlanması ve Gerçekleştirilmesi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103s, Kocaeli.
- Alçın, M., Koyuncu, I., Tuna, M., Varan, M., Pehlivan, I., (2019). A novel high speed Artificial Neural Network-based chaotic True Random Number Generator on Field Programmable Gate Array. International Journal of Circuit Theory and Applications, 47(3): 365-378.
- Az, I., (2014). Fpga Tabanlı Şifreli Kablosuz Haberleşme Sistemi, Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bargsten, V., de Gea Fernández, J., (2020). Distributed computation and control of robot motion dynamics on FPGAs, International Journal of SN Applied Sciences, 2, Article number 1239.
- Diao, L., Tang, J., Loh, P. C., Yin, S., Wang, L., Liu, Z., (2018). An efficient DSP-FPGA-based implementation of hybrid PWM for electric rail traction induction motor control. IEEE Transactions on Power Electronics, 33(4): 3276-3288.
- Dong, E., Yuan, M., Du, S., Chen, Z. (2019). A new class of Hamiltonian conservative chaotic systems with multistability and design of

- pseudo-random number generator. Applied Mathematical Modelling, 73: 40-71.
- Drozd, O. V., Kapulin, D.V., (2018). The device of secure data transmission based on Magma crypto algorithm with implementation on FPGA. IEEE Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT), (pp. 1-5).
- İsmail, S. M., Said, L. A., Rezk, A. A., Radwan, A. G., Madian, A. H., Abu-Elyazeed, M. F., Soliman, A. M., (2017). Generalized fractional logistic map encryption system based on FPGA. AEU-International Journal of Electronics and Communications, 80: 114-126.
- Koyuncu, İ., Akçay, M. Ş., Tuna, M., Alçın, M., (2019). Implementation of IQ-Math-based Linear Activation Functions on FPGA. 1st International Congress of Multidisciplinary Studies and Research, Şanlıurfa, Türkiye, 114-124.
- Koyuncu, İ., Çetin, Ö., Katırcıoğlu, F., Tuna, M.,(2015). Edge dedection application with FPGA based Sobel operator. IEEE 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), (pp. 1829-1832).
- Libano, F., Rech, P., Tambara, L., Tonfat, J., Kastensmidt, F., (2018). On the reliability of linear regression and pattern recognition feedforward artificial neural networks in FPGAs. IEEE Transactions on Nuclear Science, 65(1): 288-295.
- Munden, R., (2005). ASIC and FPGA verification: a guide to component modeling. Morgan Kaufmann Publ., Elsevier, San Francisco, USA.
- Özgür, M., (2014). Radar sinyal işleme algoritmalarının FPGA ve GPU üzerinde uygulanmasının başarımlarını analiz, Master's thesis, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özkan, İ. A., Sarıtaş, İ., Herdem, S. (2011). Manyetik filtreler için FPGA tabanlı bulanık kontrolör tasarımı.
- Rahul, D., (2009). Introduction to Embedded System Design Using Field Programmable Gate Arrays.
- Rodríguez-Orozco, E., García-Guerrero, E., Inzunza-Gonzalez, E., López-Bonilla, O., Flores-Vergara, A., Cárdenas-Valdez, J., Tlelo-Cuautle, E., (2018). FPGA-based chaotic cryptosystem by using voice recognition as access key. Electronics, 7(12): 414.
- Savran, İ., (2017). Donanım Tanımlama Dili VHDL ve FPGA Uygulamaları, Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul.
- Schafer, B. C., Takenaka, T., Wakabayashi, K., (2009). Adaptive simulated annealer for high level synthesis design space exploration. IEEE International Symposium on VLSI Design, Automation and Test, (pp. 106-109).
- Sinha, A., Lotia, P., (2015). A study on FPGA based digital modulators. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 4(4), 1935-1942.
- STMicroelectronics. (2020), AN2867 Application Note, (Rev 12). Oscillator design guide for STM8AF/AL/S, STM32 MCUs and MPUs.
- Şahin, İ., Gloster, C., Doss, C., (2000). Feasibility of floating-point arithmetic in reconfigurable computing systems. Military and Aerospace Applications of Programmable Devices and Techn. Conf., Washington, DC.
- Şahin, İ., Koyuncu, İ., (2011). A new module design for 3D graphic transformations using generated floating-point core units. I. Rev. on Modelling and Sim., 4(2):691-698.
- Tengilimoğlu, B., Bazlamaççı, C. F., (2014). Partial reconfiguration on a real-time target detection and tracking system. IEEE 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 1130-1133).
- Tlelo-Cuautle, E., Guillén-Fernández, O., de Jesus Rangel-Magdaleno, J., Melendez-Cano, A., Nuñez-Perez, J. C., de la Fraga, L. G.,(2019). FPGA Implementation of Chaotic Oscillators, Their Synchronization, and Application to Secure Communications.
- Tuntas, R., (2015). The Modeling and Hardware Implementation of Semiconductor Circuit Elements by Using ANN and FPGA, Acta Physica Polonica Series a, 128(2B), pp. 78-81.
- Yılmaz, N., (2008). Alan Programlamalı Kapı Dizileri (FPGA) Üzerinde Bir YSA'nın Tasarlanması ve Donanım Olarak Gerçekleştirilmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Yılmaz, C., Koyuncu, İ., Alçın, M., Tuna, M., (2019). Artificial Neural Networks based thermodynamic and economic analysis of a hydrogen production system assisted by geothermal energy on Field Programmable

Gate Array, *International Journal of Hydrogen Energy*, 44, 17443-17459.

Alçın, M., Koyuncu, İ., Tuna, M., Varan, M., Pehlivan, İ., (2019). A novel high speed Artificial Neural Network-based chaotic True Random Number Generator on Field Programmable Gate Array. *International Journal of Circuit Theory and Applications*, 47(3), 365-378.

Karataş, F., Koyuncu, İ., Alçın, M., Tuna, M., (2020). FPGA based Implementation of membership functions for real time fuzzy logic applications, *International Asian congress on Contemporary Sciences-3*, Konya, Turkey, pp. 62-69.

Rajagopal, K., Tuna, M., Karthikeyan, A., Koyuncu, İ., Duraisamy, P., Akgul, A., (2019). Dynamical analysis, sliding mode synchronization of a fractional-order memristor Hopfield neural network with parameter uncertainties and its non-fractional-order FPGA implementation. *The European Physical Journal Special Topics*, 228(10), 2065-2080.

Tuna, M., Koyuncu, İ., Alçın, M., (2018). Fixed and Floating point-Based High-Speed Chaotic Oscillator Design with Different Numerical Algorithms on FPGA. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*. Vol 7, Issue 7.

Tuna, M., Alçın, M., Koyuncu, İ., Fidan, C. B., Pehlivan, İ., (2019). High speed FPGA-based chaotic oscillator design. *Microprocessors and Microsystems*, 66, 72-80.

Yılmaz, C., Koyuncu, İ., Alçın, M., Tuna, M., (2019). Artificial Neural Networks based thermodynamic and economic analysis of a hydrogen production system assisted by geothermal energy on Field Programmable Gate Array. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(33), 17443-17459.



Araştırma Makalesi

## Sanal Gerçeklik (VR) Yaklaşımı ile Geliştirilen Dijital Oyun Uygulamasının Doğruluk Analizi

Doğukan Durgut<sup>1</sup>, Yüksel Bal<sup>1</sup>, Hakan Aydın\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*İstanbul Topkapı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 34020, İstanbul/Türkiye*

### ÖZ

**Anahtar Kelimeler:**  
Sanal Gerçeklik  
Bilgisayar Oyunları  
Video Oyunları  
Unity 3D Oyun Simülatörü

Sanal Gerçeklik (SG) ortamı sanal dünyayı gerçek hayatta deneyimlemeyi çeşitli kurgular ile birleştirerek kurgulandığı ya da simüle edilmiş ortama kullanıcıların katılmasını sağlayan teknolojiler bütünüdür. Günümüzde SG teknolojisinin üç boyutlu ortamın da sunduğu gerçeklik sayesinde pek çok farklı alan yanında bilgisayar oyun sektöründe de giderek artan oranlarda kendine yer edindiği görülmektedir. Bilgisayar oyunları görsel geri bildirim oluşturmak için bir kullanıcı arayüzü ile insan etkileşimini içeren donanım ve yazılımlardan oluşan elektronik oyunlardır. Bu oyunlarında SG teknolojisinin tercih edilmesi ve kullanılması durumunun arkasında esasen bu teknolojinin dijital oyunların daha gerçekçi olmalarını sağlamaları ve böylelikle görsel açıdan bu oyunların eğlendirici yönünü arttırmaları yatmaktadır. Bu çalışmada Android ortamında UNITY 3D simülatöründe SG tabanlı olarak bir bilgisayar oyununun (VR-GAME) geliştirilerek doğruluk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında 7 (yedi) adet deney gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde oyuncular VR-GAME oyununu oynarken sanal ortamda gerçekleşen olayların SG teknoloji ile başarıyla gerçekleştirildiği doğrulanmıştır. Bu araştırmanın bilgisayar oyunlarındaki davranışın sanal ortamda ve SG teknolojisi ile simüle edilmesinin ortaya konulması ve yeni bilgisayar oyun modellerinin SG tabanlı olarak geliştirilmesi açısından SG çalışma alanına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

## Accuracy Analysis of Digital Game Application Developed with Virtual Reality (VR) Approach

**Keywords:**  
Virtual Reality  
Computer Games  
Video Games  
Unity 3D Game Simulator

### ABSTRACT

Virtual Reality (VR) environment is a set of technologies that enable users to participate in the fictional or simulated environment by combining the experience of the virtual world in real life with various fictions. Today, thanks to the reality offered by the three-dimensional environment of SG technology, it is seen that besides many different fields, it is increasingly gaining a place in the computer game industry. Computer games are electronic games consisting of hardware and software that involve human interaction with a user interface to generate visual feedback. The reason behind the preference and use of SG technology in these games is that this technology makes digital games more realistic and thus increases the entertaining aspect of these games visually. In this study, it is aimed to develop an SG-based computer game (VR-GAME) in the UNITY 3D simulator in Android environment and perform accuracy analysis. Within the scope of the study, 7 (seven) experiments were carried out. In these experiments, it has been verified that the events taking place in the virtual environment are successfully performed with SG technology while the players are playing the VR-GAME game. It is considered that this research will contribute to the field of VR study in terms of demonstrating the simulation of the behavior in computer games in the virtual environment and with VR technology and developing new computer game models based on VR.

\*Sorumlu Yazar  
(dogukandurgut@stu.topkapi.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-4671-0716  
(yuksebal@topkapi.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1816-8162  
(hakanaydin@topkapi.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-0122-8512



## 1. GİRİŞ

Sanal Gerçeklik (SG) teknolojisi gerçek dünyada sanal dünyayı deneyimlemeyi sağlayan, bu bağlamda kurgulanmış ya da simüle edilmiş ortama kullanıcıların katılmasını sağlayarak özellikle görüntüleri iki boyutlu ekranlardan algılamak yerine üç boyutlu gerçeklikte deneyimlemeye imkân veren ve günümüzün adından son zamanlarda sıklıkla söz ettiren bilişim teknolojilerinden birisidir. SG, simüle edilmiş bir ortam oluşturmak için bilgisayar teknolojisini kullanan, tıp, eğlence, spor, oyun ve simülasyon gibi farklı alanlarda gelecek vaat eden kapsamlı uygulamalarla büyüyen bir teknolojidir (Simón-Vicente vd., 2022). Bu teknolojinin temelini ilk olarak 1950'li yıllarda bir grup yeni girişimci mühendis tarafından sadece bir fikir olarak tasarlandığı görülmektedir. SG teknolojilerinin bilgisayar sektöründe 1990'lı yıllarda "Virtuality Şirketi" tarafından oyun salonlarında kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Güncel olarak bilenen ve bir kişisel bilgisayara bağlanarak kullanılmaya başlayan SG cihazlarının ilk olarak "Oculus Rift" cihazlarının ortaya çıkmasıyla birlikte 2010 yılında piyasaya sürüldüğü görülmektedir. Zamanla artan sistem gereksinimleri ve sanal gerçekliğe duyulan ihtiyacın artması ile birlikte büyük firmalar sanal gerçeklik için ilk adımlarını atarak konsol ve mobil bağlantı sağlayabilen "Samsung GearVR" ve "Google CardBoard" gibi ürünlerini seri olarak üretmeye başlamışlardır. Günümüzde kişisel bilgisayarlar, oyun konsolları, akıllı telefon veya tablet gibi cihazlarda oynanabilen elektronik bilgisayar oyunları artık SG teknolojisi ile geliştirilmeye başlanmıştır. SG oyunları PC ve dizüstü bilgisayarlarında, oyun konsollarında, akıllı telefonlarda ve daha pek çok farklı cihaz üzerinde oynanabilmektedir. Endüstriyel alanlarda ve çeşitli sektörlerde kendine yer edinmeye başlayan SG teknolojisinin özellikle üç boyutlu ekran ortamının gerçekliği sayesinde yeni bir boyut kazanarak dijital oyun sektöründe de giderek artan oranlarda kullanılabilir hale gelmiştir. Günümüz bilgisayarlarında SG oyunları artık üst düzey bilgisayarlarda oynanan oyunlar gibi oynanabilmekte, bu bilgisayarlar en ayrıntılı sanal ortamları ve oyun seçenekleri oyuncularına sunabilmektedirler.

Sanal gerçeklik oyunları, oyuncunun sanal ortamda gezinmek için denetleyicileri kullanması için tasarlanmıştır (Liu vd., 2021). SG tabanlı bilgisayar oyunları, üç boyutlu (3-D) yapay ortamların bilgisayar oyunlarına uygulanması olarak tanımlanabilir. Bu ortamlar, SG yazılımları ve donanımları kullanılarak oluşturulabilmekte ve gerçek dünya ortamını simüle ederek sanal ortamlarda yerini alacak şekilde kullanıcıya sunulmaktadır. SG teknolojisinin oyun tasarımına girmesi, oyun pazarının gelişimi için önemli bir araştırma içeriği haline gelmiştir (Shi vd., 2020). Günümüzde popüler SG başlıkları arasında "Oculus

Rift" ve "HTC Vive" gibi SG ekipmanları sayılabilir. Oyun konsollarında oynanan SG oyunları PC'lerde oynanan oyunlara benzemekle birlikte yalnızca belirli üreticilerin oyun konsollarıyla çalışmaktadırlar. Bu duruma önde gelen bir örnek olarak "PlayStation SG başlığı/platformu" gösterilebilir. Akıllı Telefonlarda SG Oyunları ise mobil SG oyunları için akıllı telefon üreticilerinin kendi kulaklıklarını, kontrol cihazlarını ve oyunlarını kullandıkları platformlardır. Günümüzde bu duruma örnek olarak "Samsung Gear VR" kulaklık/platformu gösterilebilir. SG, sunduğu simüle edilmiş ortamı ile gün geçtikçe oyun geliştiricilerin ilgisini çekmektedir (Khan vd., 2018). Piyasadaki bazı SG oyuncu kulaklıkları arasında "HTC Vive", "Oculus Rift", "Microsoft Hololens", "Samsung VR", "PlayStation VR" ve "Google Cardboard" gibi teknolojik ürünler örnek olarak verilebilir. Reer vd. (2022) tarafından yapılan araştırmaya göre SG versiyonunu oynamanın, SG olmayan versiyonu oynamaktan daha yüksek seviyede oyun keyfi sağladığının yapılan bir araştırma ile tespit edildiği belirtilmektedir. SG ile geliştirilmiş aktif video oyunları içinde yer alan SG'ye ait uygulamalar sürükleyiciliği, oyun etkileşimini ve orta-şiddetli fiziksel aktiviteleri artırabilir, böylece bilişsel performans gibi egzersizle ilgili daha büyük faydalar sağlayabilir (Sousa vd., 2022). Daha geniş bir kitleyi etkileme potansiyeline sahip olan SG alanı oyun endüstrisinden etkilenen işyerlerine taşınmakta ve SG tabanlı simülasyonlar geliştirilmektedir (Abdullah vd., 2022). Sanal boyut anlayışı için bir SG oyununda, kullanıcı kaydolup giriş yaptıktan sonra, oyuncu yeni bir oyun oynayabilir veya oyuna devam etmek için oyunu yükleyebilir, sonrasında istedikleri zaman dinlenebilirler, duraklatabilirler veya oyunu güvenli hale getirebilirler ve rahat olduklarında tekrar oynamaya geri dönebilirler (Jinjakam vd., 2021). Günümüzde SG teknolojisinin bilgisayar oyunlarında kendine hem donanımsal ve hem de yazılımsal olarak ticari pazarda daha fazla yer edineceği, SG tabanlı bilgisayar oyunlarının geliştirilmesinin artarak devam edeceği, gelecekte de SG teknolojisinin bilgisayar oyunlarındaki popülaritesinin gelişen teknolojiye paralel olarak artan şekilde devam edeceği ortadadır.

Bu araştırmada Android Ortamında UNITY 3D Simulatöründe SG tabanlı bir bilgisayar oyununun geliştirilmesi (VR-GAME) ve doğruluk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında 7 (yedi) adet deney gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın literatüre katkıları şu şekilde ifade edilebilir:

- Çalışma kapsamında geliştirilen VR-GAME dijital oyunu SG teknolojisi ile kodlanmıştır. Gerçekleştirilen deneylerde oyun tasarımında kullanılan SG teknolojisinin işlevi yapılan deneyler ile test edilmiştir. Deney sonuçları SG teknolojisi ile geliştirilen oyunda SG teknolojisinin oyuncuların oyunlardaki davranışını oyun kurgusu çerçevesinde sanal ortamda

başarıyla simüle ettiğini ve gerçekleştirildiği doğrulanmıştır.

• SG teknolojisinin bilgisayar oyunlarına geniş yelpazede sunduğu pek çok avantaj bulunmaktadır. Bu bağlamda VR-GAME, SG tabanlı ve açık kaynak kodlu bir oyun uygulamasıdır. VR-GAME dijital oyununun SG teknolojisi ile oyuncuların oyunlardaki davranışını sanal ortamda simüle edilmesinin ortaya koyması açısından önem taşıdığı değerlendirilmektedir.

Çalışmanın 2'inci bölümünde araştırmaya ilişkin materyal ve metotlar anlatılmış, 3'üncü bölümde materyal ve metot açıklanmış, 4'üncü bölümde çalışmada gerçekleştirilen deneysel sonuçlar açıklanmış ve son bölümde deneysel çalışmalardan elde edilen bulgulara ilişkin sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

## 2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

SG teknolojisi bilgisayar ortamında bilişsel olarak oluşturulan çok boyutlu, kapsayıcı sanal bir ortamdır (Winn ve Bricken, 1992). SG ortamında dijital görüntüler ve mekânsal ortam gerçek zamanlı ancak yapay olarak oluşturulabilmektedir (Khor vd., 2016). SG ortamında sentetik olarak geri bildirim elde edilebilmekte, var olma hissi gerçek olmayan bir simülasyon ortamında oluşturulabilmektedir (Sherman ve Craig, 2002). SG teknolojisi yapay bir dünyada gerçek dünyanın belirli yönlerinin bir simülasyonunun oluşturulabildiği, sensor motor ve bilişsel etkinliklerin mümkün kılınabildiği ortamlardır (Fuchs vd., 2011). SG teknolojisi, bilgisayar ortamında oluşturulan 3B resimlerin ve animasyonların teknolojik araçlarla insanların zihinlerinde gerçek bir ortamda bulunma hissini vermesinin yanı sıra, ortamda bulunan bu objelerle etkileşimde bulunmalarını sağlayan teknoloji olarak tanımlanabilir. SG teknolojilerinin temelini ilk olarak 1950'li yıllarda bir grup yeni girişimci mühendis tarafından sadece bir fikir olarak tasarlandığı söylenebilir. Şekil 1'de Amerikalı görüntü yönetmeni ve mucidi olan Morton Heilig Offsite Link'in, 1955'te "Geleceğin Sineması" başlıklı bir makalesinde çok-duyulu bir tiyatro vizyonunu tanıttığı sanal yapıya ilişkin bir resim sunulmuştur (Heilig, 1962). 1962'de Heilig, SensoramaOffsite Link adlı sürükleyici, çok duyusal, mekanik çok modlu Offsite Link tiyatrosunun bir prototipini gerçekleştirmiş ve burada gösterilecek beş kısa film oluşturmuştur. 28 Ağustos 1962'de Heilig'e "Sensorama Simülatörü" için ABD Patenti verilmiş ve bu buluş olup bu durum sanal gerçeklik için önemli çalışmalardan birisi olarak kabul edilmiştir.



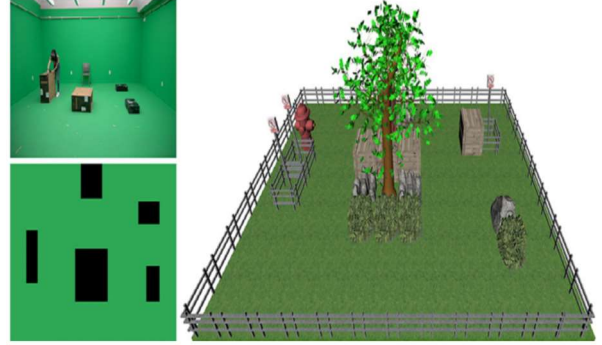
Şekil 1. Morton Heilig Offsite Link'in "Geleceğin Sineması" Çalışması

Güncel olarak bilenen SG cihazlarının "Oculus Rift" cihazlarının ortaya çıkmasıyla birlikte 2010 yılında tam manasıyla piyasaya sürüldüğü söylenebilir. Bu ürünler kişisel bilgisayarlara bağlanarak kullanılmaya başlanmışlardır. 2014 yılından itibaren artan sistem gereksinimleri ve sanal gerçekliğe duyulan ihtiyacın artması ile birlikte büyük firmalar SG teknolojisi için ilk adımlarını atarak konsol ve mobil bağlantı sağlayabilen "Samsung GearVR", "Google CardBoard" tarzı ürünlerin seri üretimine başlamışlardır. 2018 yılı itibari ile "Lenova" şirketi "Mirage Solo", HTC şirketi "Vive Focus" gibi ürünleri ile birlikte VR'ı tamamen bağımsız bir platform haline getiren ürünlerini piyasaya sürmeye başlamışlardır. SG ortamlarının kullanıcılar üzerinde oluşturmuş oldukları gerçeklik hissiyatına göre yarı katılımlı, tam katılımlı ve çoklu katılımlı olmak üzere farklı gruplara ayrıldığı görülmektedir.

Literatürde SG teknolojisi bazında dijital oyun geliştirme kapsamında yapılmış farklı çalışmaların mevcut olduğu görülmektedir. Volkan (2013) tarafından gerçekleştirilen çalışmada spor etkinlikleri bağlamında sporcu performanslarının sanal ortama aktarılması araştırılmış ve bu kapsamda "robot göz" uygulamaları incelenmiştir. Demirbaş (2015) tarafından yapılan çalışmada popüler oyun türleri platform oyun türlerine bağlamında araştırılmıştır. SG teknolojisi sayesinde kullanıcılar duyularını etkileşimli olarak yapay yani sanal bir ortamda yaşayabilmektedirler (Khor vd., 2016). SG tabanlı bilgisayar oyunları kitleler arasında popülerlik kazanmaya başladıkça bu oyunlara olan bağımlılık da bu duruma paralel olarak artmaktadır (Rajan vd., 2018). Öztürk ve Sondaş (2020) tarafından yapılan çalışmada sağlık alanında SG teknolojisinin kullanımı incelenmiş ve inceleme neticesinde sanal gerçeklik çalışmalarında Unity3D, Kinect ve sanal gerçeklik gözlüklerinin sıklıkla kullanıldığının görüldüğü belirtilmiştir. Turgut ve Özer (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada "Samsung Gear SG Oculus" markalı SG gözlüğü kullanılmış ve bu gözlüğün kuvvette devamlılığa olan etkisi, yani "bench press" hareketi araştırılmıştır. Söz konusu araştırmanın

sonuçlarının SPSS kullanılarak değerlendirildiği çalışma neticesinde araştırmaya konu olan oyuncu grupları arasında anlamlı bir farklılık saptanamadığı vurgulanmıştır. Özkazanç ve Esentürk (2020) tarafından yapılan çalışma adından sıklıkla söz ettiren ve oyuncular arasında da popüler olduğu değerlendirilen "PUBG oyunu" sanal mekân açısından değerlendirilmiştir. Bahse konu çalışmada yazarlar tarafından söz konusu oyunun mekân algısının gözlemlendiği ve değerlendirildiği, ancak oyunun sanal mekân algısı değerlendirmesinin yetersiz olduğunun tespit edildiği belirtilmekte ve bu bağlamda söz konusu oyun için kullanıcının hareketinin öngörülerek bu yönelime uygun mekânlar oluşturulabileceği önerisi getirilmektedir. Alakuş vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada SG ortamında hastaların rehabilitasyon sürecindeki aktiviteleri araştırılmıştır. Yazarlar tarafından yapılan deneylerde denek olarak belirlenen hastaların parmaklarına 10 adet esneklik sensörü ve eklemlerine 13 adet MPU9250 eğim sensörü olmak üzere toplamda 23 adet sensör yerleştirildiği, bu sayede gerçek ortamdaki el ve uzuv hareketlerinin SG ortamında algılanabildiği, böylelikle SG gözlüğü ile hastaların fizyoterapistler tarafından belirlenmiş hareketlere bağlı olarak istenen oyunları oynamak suretiyle tedavi olabildikleri belirtilmiştir. Güneş ve Dilipak (2020) tarafından yapılan çalışmada patlayıcı maddelerin SG teknolojisi kullanılarak aktif hale getirilmeden tespit edilmesi konusunun araştırıldığı ve bu maksatla yapılan deneylerde "Oculus Rift S" marka SG gözlüğü kullanıldığı belirtilmektedir. Memduhoğlu vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsü'nün 3 boyutlu bir modeli oluşturulmuş ve VR/AR uygulamalarında kullanmak üzere hazırlanmıştır. Ardında bu model Unity oyun motoru yazılımı kullanılarak öğrencilerin kullanımı için artırılmış gerçeklik uygulaması şeklinde tablet ve akıllı telefonlara aktarılmıştır. Ortaya çıkan bu uygulama, bu tür teknolojilerin farklı yaş gruplarından öğrencilerin deneyimleyebildiği bir bilim festivalinde kullanıcılara sunulmuştur. Öğrencilerin, bu teknolojilerin etkileşimli ve eğlenmeye yönelik doğası nedeniyle bir öğrenme materyali olarak daha hevesle yaklaştıkları gözlenmiştir. İpek (2021) tarafından yapılan çalışmada SG teknolojisi ile geliştirilen bilgisayar oyunlarının sınıflandırılması ve gelişimi araştırılmıştır. Theethum vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada "Thinkercise" isimli Python programlamadaki bilgi ve becerileri gözden geçirmek için eğitici bir SG oyunu olarak geliştirilmiştir. Yazarlar çalışma kapsamında gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalarda bahse konu oyunun öğrencilerin bilgisayar programlamadaki performansını %40,8 oranında artırmaya yardımcı olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir. Yıldız (2021) tarafından yapılan çalışmada Unity ile oyun geliştirme uygulamalarına ilişkin olarak 10 lisansüstü öğrencisinin görüşleri araştırılmış ve bu bağlamda birtakım farklı temalar oluşturulmuştur.

Maksatbekova (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada sanal gerçeklik oyunlarının oyuncunun zihinsel, bedensel ve ruhsal ihtiyaçlarını karşılanmasını sağlayabildiği belirtilmektedir. Liu vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada gerçek bir ortamın düzenine dayalı olarak SG oyun seviyesi düzenlerini tasarlamak için optimizasyona dayalı bir yaklaşım sunulmuştur. Söz konusu çalışmaya ilişkin Şekil 2'de sunulan görselde de belirtildiği gibi gerçek bir ortam ve kısıtlamaları göz önüne alındığında, kullanıcılar bir sanal gerçeklik denetleyicisi kullanarak oyun düzenini yakalayabilmektedirler.



Şekil 2. Gerçek ortam düzeni ve kısıtlamalarına göre oyun düzeni (Liu vd. (2021))

Altan vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada VR, Karma Gerçeklik (MR) ve kişisel bilgisayar ortamlarında eğitim amaçlı olarak "kimyasal, biyolojik, radyoaktif, nükleer ve patlayıcı (KBRN-e) saldırılar" bağlamında iki bilgisayar oyunu ("Hospital ve Biogarden") geliştirilmiştir. Lima vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada oyuncu modelleme tekniklerini ve bireysel oyuncuların nelerden korktuğunu tanımlayabilen ve oyunculara uyandırılan korkuyu yoğunlaştıran bir sanal gerçeklik tabanlı korku oyunları için yeni bir yöntem sunulmuştur. Abdullah vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada insanların iyi sürüş davranışı ile pratik yapmalarına yardımcı olan bir sürüş simülatörü oyun tabanlı öğrenme sistemi geliştirmiştir. Söz konusu sürüş simülatörünün oyun tabanlı öğrenme araştırmasının ve ehliyet testi sırasında başarısızlık oranlarını azaltmasının beklendiği hususu da çalışmada ayrıca yazarlar tarafından belirtilmiştir.

### 3. ÇALIŞMADA ÖNERİLEN SİSTEM

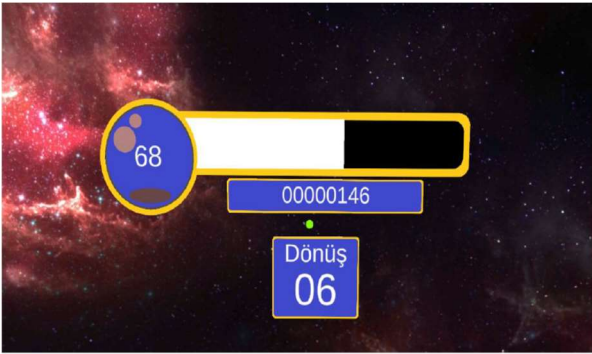
Çalışmada geliştirilen dijital oyun SG ortamında ve sanal gerçeklik gözlüğü ile oynanabilecek yapıda bir eşleştirme oyunu uygulaması olarak Android platformunda C# programlama dili ile tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Oyunun kodlaması Unity oyun geliştirme simülatörü ortamında yapılmış ve SG eklentileri uygulamaya yüklenmiştir. Oyuncular sanal gerçeklik gözlüğünün önüne Android telefonunu takılması suretiyle uygulamayı başlatabilmektedirler. Bahse konu oyun görüş açısı değiştirilerek oynanabilmektedir. Oyunda eğer oyuncu girdiği bölüme göre kart eşleştirmelerini

doğru yapar ise başarılı olarak kabul edilmektedir. Ayrıca oyunda oyunun zorluk derecesi de ayarlanabilmektedir. VR-GAME oyununda oyuncu sanal ortamda kendisine sunulan kombinasyonlardan talep ettiğini seçebilmektedir (Şekil 3). Oyunun başlangıcında SG ortamında Şekil 4'de sunulan menü ekranı oyuncunun karşısına görsel olarak gelmekte ve oyuncudan menüden seçim yapması istenmektedir. Yani oyuncular tercihleri doğrultusunda diledikleri zorluk derecesine göre istedikleri oyun bölümüne giriş yapabilmektedirler. Oyunda istenilen bölümlere giriş yapılabilmesi için seçilmek istenilen bölümün butonunun üzerine imlecin getirilmesi ve yaklaşık olarak 2 saniye boyunca odaklanması gerekmektedir. Bu sayede istenilen oyun bölümüne giriş yapılabilmektedir. Oyunda ayrıca görsel olarak gezegen temalı arka plan kullanılmış ve nu arka plan Unity simülatörünün kendi mağazasından "skybox" kütüphanesi ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. VR-GAME Oyunu Giriş Ekranı

SG ortamında geliştirilen oyunun bütün bölümlerde oyuncuyu bilgilendirmek ve oyuncunun oyunda bulunduğu aşamayı göstermek amacıyla Şekil 4'de görülen ekran yapısı geliştirilerek kullanılmıştır. Oyuncu söz konusu ekranda ne kadar süresi kaldığını, kaç puan topladığını ve oynadığı bölümde kaç adet kart çifti açtığını gerçekçi olarak görsel ortamda görebilmektedir.



Şekil 4. Skor, süre ve döndürülen kart sayısı

VR-GAME oyununda oyuncular oyunun bölümleri içerisinde bulunan bütün kartları verilen sürede eşleştirmek suretiyle eğer başarılı sayılırlar ise Şekil 5'de görüldüğü gibi tebrikler ekranı ve konfetiler görsel yine SG ortamında zengin bir

görsellik ile oyuncuyu karşılamaktadır. Oyuncu eğer dilerse oyunun menü ekranına ya da bir sonraki seviyeye bu ekran sayesinde yine SG ortamında geçiş yapabilmektedir.



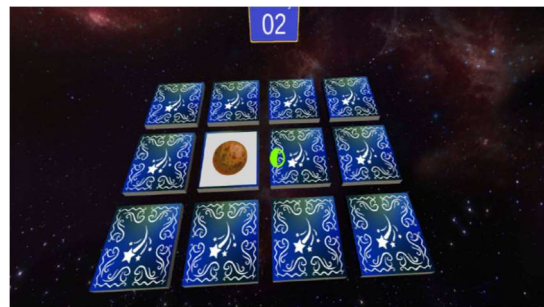
Şekil 5. Programın Kapanış Ekranı

Oyunun oynanması esnasında eğer oyuncu verilen sürede oyun kartlarını başarılı olarak eşleştiremez ise Şekil 6'da görüldüğü gibi tekrar dene ekranı oyuncunun karşısına sanal ortamda gelmektedir. Böyle bir oyun kurgusunda oyuncu ya menüye tekrardan geri dönecek ya da ilgili oyun bölümünü tekrardan başlatma durumunda kalacaktır.



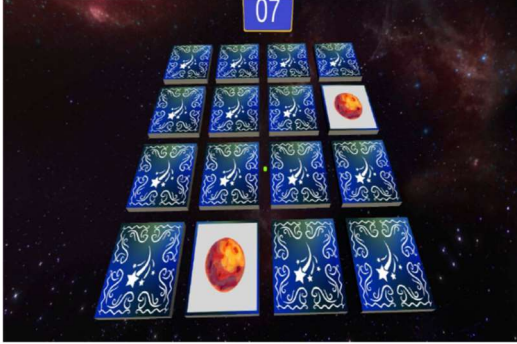
Şekil 6. Kartların Başarılı Eşleştirilememesi Durumu

VR-GAME'de aşağıda yer alan "Kolay Mod", "Normal Mod", "Zor Mod" ve "Çok Zor Mod" olmak üzere dört farklı zorluk derecesi tasarlanmıştır. Kolay mod durumunda oyuncunun karşısına Şekil 7'de görüldüğü gibi 4x3'lük bir kart dizilimi gelmektedir. Bu kart diziliminin içerisinde 6 adet çift kart bulunmaktadır. Oyuncu her bir çift kart eşleştirdiğinde, eşleştirdiği kartların üzerinde ufak konfetiler patlar. Eğer 120 saniye içerisinde bütün kartları doğru bir şekilde eşleştirirse başarılı sayılır ve karşısına tebrikler ekranı gelir. Eşleştiremez ise başarısız sayılıp tekrar dene ekranı karşısına gelecektir.



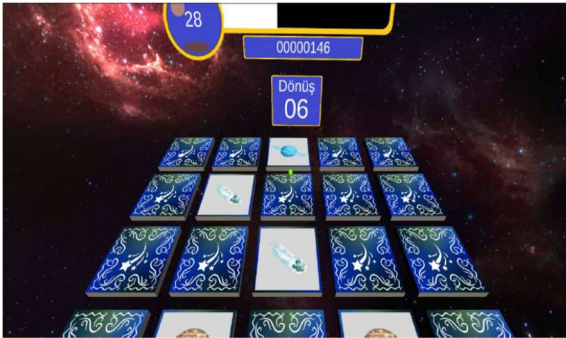
**Şekil 7.** Kolay Mod Ekran Görüntüsü

Normal mod durumunda oyuncunun karşısına Şekil 8'de görüldüğü gibi 4x4'lük bir kart dizilimi gelmektedir. Bu kart diziliminin içerisinde 8 adet çift kart bulunmaktadır. Oyuncu her bir çift kart eşleştirdiğinde, eşleştirdiği kartların üzerinde ufak konfetiler patlar. Eğer 120 saniye içerisinde bütün kartları doğru bir şekilde eşleştirirse başarılı sayılır ve karşısına tebrikler ekranı gelir. Eşleştiremez ise başarısız sayılıp tekrar dene ekranı karşısına gelecektir.

**Şekil 8.** Normal Mod Ekran Görüntüsü

Zor mod durumunda oyuncunun karşısına 5x4'lük bir kart dizilimi gelmektedir. Bu kart diziliminin içerisinde 10 adet çift kart bulunmaktadır. Oyuncu her bir çift kart eşleştirdiğinde, eşleştirdiği kartların üzerinde ufak konfetiler patlar. Eğer 120 saniye içerisinde bütün kartları doğru bir şekilde eşleştirirse başarılı sayılır ve karşısına tebrikler ekranı gelir. Eşleştiremez ise başarısız sayılıp tekrar dene ekranı karşısına gelecektir.

Çok zor mod durumunda oyuncunun karşısına Şekil 9'da görüldüğü gibi 5x4'lük bir kart dizilimi gelmektedir. Bu kart diziliminin içerisinde 10 adet çift kart bulunmaktadır. Oyuncu her bir çift kart eşleştirdiğinde, eşleştirdiği kartların üzerinde ufak konfetiler patlar. Eğer 80 saniye içerisinde bütün kartları doğru bir şekilde eşleştirirse başarılı sayılır ve karşısına tebrikler ekranı gelir. Eşleştiremez ise başarısız sayılıp tekrar dene ekranı karşısına gelecektir.

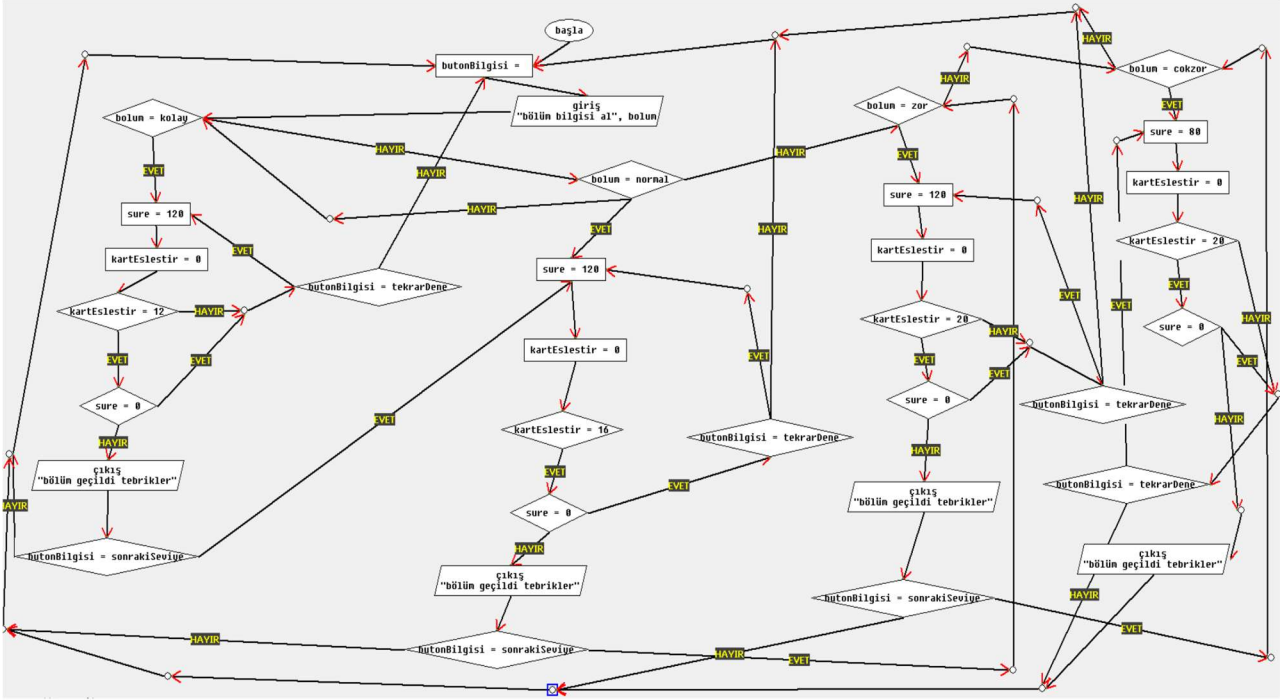
**Şekil 9.** Çok Zor Durum Ekran Görüntüsü**4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

Tablo 1'de araştırmanın gerçekleştirilmesi boyunca çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylere ilişkin deney sonuçları yer almaktadır. Söz konusu tabloda başarılı olarak gerçekleştirilen deneylerde başarılı olanlar pozitif olarak yani + matematiksel sembolü ile işaretlenerek özellikle belirtilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde VR-GAME dijital oyununda gözlemlenen hatalar düzeltilmiş, gerekli optimizasyonlar yapılmış ve yayınlanmaya hazır hale getirilmiştir. Çalışma kapsamında toplamda 7 (yedi) adet farklı deney gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen her deney kendi içerisinde farklı aşamada yapılmıştır. Test listesinin bahse konu tabloda belirtilenlerle sınırlı kalmayıp zaman içerisinde genişletilebileceği veya daraltılabileceği değerlendirilmeye birlikte çalışmanın sınırlarının belirlenmesi açısından bu şekilde belirlenmiş ve tüm durumları burada ele almak listeyi çok uzatabileceğinden testler genel bir başlık altında ve çekirdek bir yapıda toplanmaya ve gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

**Tablo 1.** Yapılan deneyler ve çıktıları

Nu.	Deney Adı	Açıklama	Sonuç
1.	Seviye testi	Seviyeye göre kartların gelmesi	+
2.	Kart seçimi testi	Seçilen kartın animasyon ile dönmesi	+
3.	Eşleşme testi	Aynı kartların eşleşmesi durumunda kartların açık kalması	+
4.	Bulunan bölümde başarılı olma testi	Bölüm içerisindeki bütün kartlar eşleştirildiğinde başarı mesajı	+
5.	Süre testi Verilen sürede eşleştirmeler yapılamazsa başarısızlık mesajı	Verilen sürede eşleştirmeler yapılamazsa başarısızlık mesajı	+
6.	İşaretçi testi İşaretçi kartların veya butonların üzerine geldiğinde aktif olması	İşaretçi testi İşaretçi kartların veya butonların üzerine geldiğinde aktif olması	+
7.	Buton testi Buton üzerindeki görevin doğru çalışması	Buton testi Buton üzerindeki görevin doğru çalışması	+

Çalışma kapsamında icra edilen deneylere ilişkin Akış Şeması Şekil 10'da sunulmuştur.



Şekil 10. Çalışma Kapsamında Gerçekleştirilen Deneylere İlişkin Akış Şeması

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde oyun kartlarının arka yüzüne dönmesi için Unity'nin kendi özelliği olan "Animator" yapısı kullanılmıştır. Bu maksatla "flippedOpen" adında "bool" bir değişken oluşturulmuş ve bu değişken ile kartların açılması kontrol edilmiştir. "PlayerInput.cs" scripti oyun kartların tıklanılarak döndürülebilmesi için yazılmıştır. "Card" scriptinden tıklanılan kartın id si alınmakta ve bu değer "currentCard" değişkeninin içerisine atılmaktadır. "Card" scriptinin içerisinde oluşturulan "FlipOpen" metodu ile "currentCard" değeri içerisinde kart döndürülmektedir. Çalışma deneylerinde oluşan kartların kontrolü için her bir kartın id sinin herseferinde alınması gerekmektedir. Ayrıca her çift kart eşleştiğinde kartların kendi üzerlerinde görsel zenginlik açısından bir konfeti patlama simülasyonu çalıştırılmaktadır. "ActivateConfetti" metodu kullanılarak konfeti patlatma özelliği çalıştırılmaktadır. Bu konfeti özelliği Unity içerisinde bulunmaktadır. "FlipOpen" metodu ile hazırlanan animasyon içerisinde flippedOpen değeri değiştirilebilmektedir. Bu metod sayesinde kartın döndürme animasyonu çalıştırılmaktadır. "CardManager" scripti oyun motorumuzda oluşturulan kartı "prefab" haline getirdikten sonra bu "prefab"ı klonlamakta ve birden fazla hale getirmektedir. Oluşturulan "pairAmount" yani çift sayısı değişkeni ile ne kadar kart klonlanacağı belirlenmektedir. Oluşturulan "spriteList" değişkeninin içerisine Unity oyun motoru üzerinden, tasarlanan resimler eklenmiştir. "Offset" değişkeni ile de kartlar arasındaki mesafe ayarlanmıştır. "Width" ve "height" değişkenleri ile de kartların yatayda ve düzeyde kaç adet geleceği

ayarlanmaktadır. Yapılan deneylerde oluşturulan "PickedCards" listesi açılan kartların listesini tutmaktadır. Deneylerin başlangıcında bütün kartlar ilk başta kapalı tutulmaktadır. Eğer oyuncu tarafından açılan kartlar aynı değilse tekrardan aynı kartlar arka yüzlerine dönmektedir. Daha önce oluşturulan "PlayerInput" scriptindeki koşulunun içerisine "HasPicked" metodu 2 kartın açılarak arka yüzlerine dönmeye önce diğer kartlara müdahale eilmemesi amacıyla ayrıca tasarlanmıştır. Yani geliştirilen bu script sayesinde oyuncu başka kartlara tıklamamaktadır. Kartlar her bölüm başlatıldığında "CreatePlayField" metodu içerisinde bulunan tempSprites listesindeki elemanlar "randSpriteIndex" sayesinde kartlar oyuncunun önüne rastgele karışık bir şekilde gelmektedir. "CheckMatch" metodu ile açılan kartların "id" si alınmaktadır. Eğer iki kartın "id" si aynı ise eşleşmiş sayılırlar ve bu kartlar açık kalır. Eğer eşleşmemişlerse tekrardan kartlar arka yüzlerine geri dönerler. "CheckForWin" metodu ile de bütün kartların eşleştirilip eşleştirilmediği kontrolü yapılmaktadır. Oyuncu bölüm sonunda başarılı sayıldığında tebrikler ekranı karşısına gelerek "WinEffect" konfetiler döngü halinde patlamaktadır. Çalışmaya ilişkin deneyler "GameOver" metodu ile oyuncu başarısız sayıldığında kaybettiniz ekranının açılması ile sonlandırılmaktadır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde oyuncular oyunu oynarken rakip oyuncu tarafından gerçekleştirilen oyuna ilişkin olayların SG teknoloji tarafından başarıyla gerçekleştirildiği yapıldığı doğrulanmıştır.

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Son yıllarda SG teknolojisi alanında dikkate değer şekilde teknolojik ilerlemelerin kaydedildiği ve bu teknolojinin diğer farklı pek çok alan yanında ayrıca bilgisayar oyun teknolojileri alanında da gündemde kendine yer edindiği ve adından sıklıkla söz ettirdiği bir gerçektir. SG uygulamaları dijital bilgisayar oyunlarında oyuncular için gerçek hayata benzer bir oyun atmosferi oluşturmak suretiyle oyuncuların SG oyun ortamlarında fiziksel varlıklarını hissetmelerini sağlamaktadır. SG ile bilgisayar oyunlarını deneyimleyen oyuncular diğer bilgisayar oyunlarından farklı olarak SG özellikli kulaklıklar, sensör donanımlı eldivenler, el kumandaları ve daha pek çok farklı SG oyun cihazları ve aksesuarları aracılığıyla bilgisayar oyun ortamını gerçek hayata yakın bir mekânda ancak sanal ortamda deneyimleyebilmektedirler. SG oyunları bağımsız bilgisayar sistemlerinde oynanabildiği gibi bu amaçla geliştirilmiş olan özel oyun konsollarında veya artırılmış gerçeklik / karma gerçeklik deneyimleri sunan Lenovo Explorer, Windows Explorer gibi pek çok diğer ortamlarında ve gelişmiş dizüstü bilgisayarlar kullanılarak da oynanabilmektedir. Hatta sadece bilgisayar oyunu oynanması için geliştirilmiş olan Dünyadaki bilgisayar oyunları ticari Pazar payının da giderek artış gösterdiği bir gerçektir.

Bu araştırmada Unity 3D Oyun simülatörü ile C# programlama dilinde SG tabanlı bir bilgisayar oyununun (VR-GAME) geliştirilmiş ve söz konusu oyunun doğruluk analizi yine bu çalışma kapsamında yapılan 7 (yedi) adet deney ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylerde oyuncularının oyunu oynarken oyuna ilişkin olayların bir oyun kurgusu çerçevesinde SG teknoloji ile başarıyla simüle edildiği ve gerçekleştirildiği doğrulanmıştır. Bu araştırmanın dijital oyunlarda SG ile oyunlardaki davranışın simüle edilmesinin ortaya koyması ve bilgisayar oyun modellerinin SG tabanlı olarak geliştirilmesi açısından SG çalışma alanına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

## KAYNAKÇA

Abdullah, N. M. A. F. N., Sharipuddin, A. H. A., Mustapha, S., & Mohammed, M. N. (2022, May). The Development of Driving Simulator Game-Based Learning in Virtual Reality. In 2022 IEEE 18th International Colloquium on Signal Processing & Applications (CSPA) (pp. 325-328). IEEE.

Altan, B., Güner, S., Alsamarei, A., Demir, D. K., Düzgün, H. Ş., Erkayaoglu, M., & Surer, E. (2022). Developing serious games for CBRN-e training in mixed reality, virtual reality, and computer-based environments. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 103022.

Argan, M., & Maksatbekova, A. (2019). Sanal gerçeklik oyunlarının dayanılmaz çekiciliği:

zihnen, bedenen ve ruhen (Master's thesis, Tez (yüksek lisans)-Anadolu Üniversitesi).

Alakuş, F., Işık, A. H., & Eskicioğlu, Ö. C. (2021). Hareket Yakalama ve Sanal Gerçeklik Teknolojileri Kullanarak Oyun Tabanlı Rehabilitasyon. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(6), 269-279.

Demirbaş, Yavuz. (2015). "Dijital Oyunlara" Oyun Türü Yaklaşımlarının Sorunları: Platform Oyunları Türü Örneği. *Selçuk İletişim*, 9(1), 363-387.

Fuchs, P., Moreau, G., & Guitton, P. (Eds.). (2011). *Virtual reality: concepts and technologies*. CRC Press.

Heilig, M. L. (1962). Sensorama simulator. US PAT. 3,050,870.

İpek, S. (2021). Gerçekliğin Yeni Dünyası ve İletişim Alanı Olarak Sanal Sayısal Oyunlar. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(1), 204-215.

Güneş, M., & Dilipak, H. (2020). Patlayıcı Maddelerin Tespitine Yönelik Bir Sanal Gerçeklik Uygulaması. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 4(1), 29-40.

Jinjakam, C., Thanawanarat, T., & Isaranimitr, K. (2021, April). Virtual Reality Game for Visual Dimension Understanding. In 2021 7th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST) (pp. 205-208). IEEE.

Khan, M. Z., Hassan, F., Usman, M., Ansari, U., & Noor, S. (2018, November). Virtual Reality in Multiplayer Carrom Game with Artificial Intelligence. In 2018 12th International Conference on Mathematics, Actuarial Science, Computer Science and Statistics (MACS) (pp. 1-5). IEEE.

Khor, W. S., Baker, B., Amin, K., Chan, A., Patel, K., & Wong, J. (2016). Augmented and virtual reality in surgery—the digital surgical environment: applications, limitations and legal pitfalls. *Annals of Translational Medicine*, 4(23).

Liu, H., Wang, Z., Mazumdar, A., & Mousas, C. (2021). Virtual reality game level layout design for real environment constraints. *Graphics and Visual Computing*, 4, 200020.

Lima De, E. S., Silva, B. M., & Galam, G. T. (2022). Adaptive virtual reality horror games based on Machine learning and player modeling. *Entertainment Computing*, 43, 100515.

Memduhoğlu, A., Şenol, H. İ., Akdağ, S., & Ulukavak, M. (2020). 3D Map Experience for Youth with Virtual/Augmented Reality Applications. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 5(3), 175-182.

Özkazanç, S., & Esentürk, T. (2020). Sanal Gerçeklik Oyunlarındaki Mekân Algısı: PUBG Oyunu Örneği. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(Özel Sayı), 308-320.

Öztürk, E. O., & Sondaş, A. (2020). Sanal sağlık: Sağlıkta sanal gerçekliğe genel bakış. *Kocaeli*

- Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3(2), 164-169.
- Reer, F., Wehden, L. O., Janzik, R., Tang, W. Y., & Quandt, T. (2022). Virtual reality technology and game enjoyment: The contributions of natural mapping and need satisfaction. *Computers in Human Behavior*, 132, 107242.
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2018). *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. Morgan Kaufmann.
- Shi, L., Bi, J., Zhao, J., Han, S., Zhang, Z., & Qiang, W. (2020, November). Design and production of monster hunting game based on virtual reality technology. In *2020 International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV)* (pp. 278-279). IEEE.
- Simón-Vicente, L., Rodríguez-Cano, S., Delgado-Benito, V., Ausín-Villaverde, V., & Delgado, E. C. (2022). Cybersickness. A systematic literature review of adverse effects related to virtual reality. *Neurología*.
- Sousa, C. V., Hwang, J., Cabrera-Perez, R., Fernandez, A., Misawa, A., Newhook, K., & Lu, A. S. (2022). Active video games in fully immersive virtual reality elicit moderate-to-vigorous physical activity and improve cognitive performance in sedentary college students. *Journal of Sport and Health Science*, 11(2), 164-171.
- Theethum, T., Arpornrat, A., & Vittayakorn, S. (2021, May). Thinkercise: An educational VR game for Python programming. In *2021 18th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)* (pp. 439-442). IEEE.
- Turgut, A. K. Ç. A., & ÖZER, M. K. Sanal Gerçeklik Gözlüğünün Kuvvet Egzersizinde Maksimum Tekrara Etkisinin Bench Press Egzersizi Üzerinden İncelenmesi. *Journal of Health and Sport Sciences*, 3(2), 32-38.
- Volkan, Ekin. (2013). Sanal gerçeklik ortamları ve uygulamalar: spor ve sanal ortam göstergeleri. *AJIT-e: Bilişim Teknolojileri Online Dergisi*, 4(13), 7-21.
- Yıldız Durak, H. (2021). Lisansüstü öğrencilerinin Unity ile oyun geliştirme deneyimleri. 9. Uluslararası Öğretim Teknolojileri ve Öğretmen Eğitimi Sempozyumu, 17-19.
- Winn, W., & Bricken, W. (1992). Designing virtual worlds for use in mathematics education: The example of experiential algebra. *Educational Technology*, 32(12), 12-19.





Araştırma Makalesi

## BIST 100 Firmalarının Hisse Senetlerinin Zaman Serisi Analitiği Hüseyin Akkaş<sup>\*1</sup>, Hamza Erol<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, Mersin, Türkiye

<sup>2</sup>Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Mersin, Türkiye

### Anahtar Kelimeler:

Büyük Veri  
Derin Öğrenme  
BIST 100  
GRU  
RNN

### ÖZ

Borsa, günümüzde alınıp satılabilir menkul kıymetler, döviz, vadeli işlemler vb. içeren oldukça büyük bir piyasadır. Yatırımcılar, kendilerine uygun yatırım araçlarını seçerek bu pazara yatırım yapabilmektedirler. Fakat borsa, günümüzde birçok değişkene bağlı, oldukça hareketli bir pazardır. Faiz oranı, işsizlik, enflasyon oranı gibi etkenler borsayı etkileyen faktörlerden sadece bazılarıdır. Bu kadar çok veriyi ve etkeni içeren pazarda gerçekleşen bu hareketler de oldukça hızlı gelişmektedir. Yatırımcının bu hareketlere yetişmesi de zaman zaman zorlaşmaktadır. Dolayısıyla kafa karışıklıkları ve tereddütler meydana gelebilmektedir.

Genel olarak derin öğrenme mimarileri ve makine öğrenmesi yöntemleri günümüzde büyük veri analitiği konusunda oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada da derin öğrenme mimarilerinden Kapılı Tekrarlayan Birimler (Gated Recurrent Units) ve Tekrarlayan Sinir Ağları (Recurrent Neural Networks) kullanılarak borsada işlem gören hisse senetlerinin zaman serisi analitiği gerçekleştirilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı bir yatırım tavsiyesi sunmak değil, kullanılan yöntemlerin büyük veri analitiğindeki başarısını test etmektir.

Bu çalışmada, BIST 100 içinde en çok işlem gören 3 hisse senetlerinden ODAS, YKBNK ve KARSN hisse senetlerinin geçmiş 7 yıllık verilerinin analitiği gerçekleştirilmiş ve değer hareketleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

## Time Series Analytics of BIST 100 Companies' Stocks

### Keywords:

Big Data  
Deep Learning  
BIST 100  
GRU  
RNN

### ABSTRACT

Today, the stock market is a fairly large market which includes tradable instruments, currency, futures etc. Investors can invest in this market by choosing the investment instruments suitable for them. But the stock market is a highly volatile market, dependent on many variables today. Factors such as bank rate, unemployment, inflation rate are just some of the factors that affect the stock market. These movements, which take place in the market, which contains so much data and factors, are also occurring quite rapidly. It is difficult for the investor to catch up with these movements sometimes. Therefore confusions and hesitations may occur.

In general, deep learning architectures and machine learning methods give very successful results in big data analytics lately. In this study, time series analytics of stocks traded in the stock market were performed by using Gated Recurrent Units and Recurrent Neural Networks, some of the deep learning architectures, and the results were evaluated. The purpose of the study is not to provide an investment recommendation, but to test the success of these architectures in big data analytics. In this study, the past 7 years data of ODAS, YKBNK and KARSN stocks, which are the 3 most traded stocks in BIST 100, were analyzed and their value movements were tried to be estimated.

### \*Sorumlu Yazar

<sup>\*</sup>([huseyin.akkas@agu.edu.tr](mailto:huseyin.akkas@agu.edu.tr)) ORCID ID 0000-0002-6367-7823

([herol@mersin.edu.tr](mailto:herol@mersin.edu.tr)) ORCID ID 0000-0001-8983-4797

e-ISSN: 2717-8579

Geliş Tarihi: 07/09/2022; Kabul Tarihi: 04/01/2023

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi

## 1. GİRİŞ

Borsa, içinde hisse senetleri, dövizler ve menkul kıymetler gibi daha birçok ürünü barındıran ama aynı zamanda birçok faktörden etkilenen ve anlık olarak değişebilen oldukça büyük ve hareketli bir pazardır. Yatırımcıların yatırım araçlarını seçip yatırımlarını gerçekleştirmeden önce kapsamlı bir araştırma gerçekleştirmeleri ve bu araştırmalara göre hareket etmeleri gerekmektedir. Fakat yatırımcıların insan gözü ile bu kadar hızlı değişen bir büyük veriyi analiz edebilmesi oldukça zordur. Dolayısıyla yatırımcılar zaman zaman kar etme amacıyla gerçekleştirdikleri yatırımlarından zarar edebilmektedir. Bu da yatırımcılarda, yatırımlarını gerçekleştirmeden önce kafa karışıklıkları ve tereddütlerin oluşmasına sebep olabilmektedir.

Borsa içindeki ürünler göz önüne alındığında pazardaki tüm verilerin bir büyük veri oluşturacağı açıktır. Yatırımcıların tek başına bu kadar büyük ve hareketli geçmiş verileri analiz edip buna göre karar verebilmesi oldukça zordur. Hisse senedi zaman serisi değer tahminleri, son yıllarda en zorlu ve en önemli problemlerden biri olmuştur ve derin öğrenmenin en gözde uygulama alanlarından biri haline gelmiştir. Hisse senetlerinin değerlerini etkileyen birçok faktör bulunuyor olması bu konuda etkili olmuştur. Hisse senedi değer tahminlemesi geçmiş verilere bakılarak gerçekleştirilmektedir. Tahminleme uygulaması hem şirketler, hem de akademik çalışmalar için oldukça önem arz etmektedir.

Hisse senedi değerlerini etkileyen birçok faktör bulunsu ve değerlerde ani değişimler meydana gelebilse de bu değişimlerin tamamen rastgele gerçekleşmediği bilinmektedir. Uzmanlar, bu değişimlerin, geçmiş veriler aracılığı ile tahmin edilebildiğini belirtmektedir (Tekin ve Çanakoğlu, 2019). Ön bilgiye ihtiyaç duymadan ham veriden özellik çıkarabilmesi derin öğrenme yöntemlerini hisse senedi değer tahminleri için çekici hale getirmiştir (Chong vd., 2017). Derin öğrenme yöntemleri, son zamanlarda büyük veri analitiğinde oldukça başarılı sonuçlar vermektedir (Sakarya ve Yılmaz, 2019). Bu çalışmada da, derin öğrenme yöntemlerinden Kapılı Tekrarlayan Birimler ve Tekrarlayan Sinir Ağları kullanılarak Yahoo Finance üzerinden elde edilen BIST 100 şirketlerinden olan Yapı Kredi, Odaş ve Karsan firmalarına ait son 7 yıllık, büyük veri olarak nitelendirilebilecek veri seti analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu firmaların seçilme sebebi BIST 100'de en çok işlem gören Bu veri setleri, zaman serisi analizine uygun veri setleridir. Analizler, Google Colab ortamında Python dilinin 3.7. versiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada hisse senetlerinin hareketleri, Kapılı Tekrarlayan Birimler ve Tekrarlayan Sinir Ağları derin öğrenme yöntemleri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Daha sonra, kullanılan yöntemlerin performans sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın amacı yatırım tavsiyesi vermek değil, derin öğrenme

ve makine öğrenmesi yöntemlerinin büyük veri analitiği üzerindeki başarısını test etmek ve elde edilen sonuçları ortalama hata karesi değerlerine göre karşılaştırmaktır.

## 2. YÖNTEM

Çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler bu bölümde açıklanmıştır.

### 2.1. Veri Setleri

Bu tez çalışmasında kullanılan veri setleri Yahoo Finance üzerinden elde edilmiş BIST 100'de en çok işlem gören 3 firmanın 7 yıllık veri setleridir. BIST 100, Borsa İstanbul'a ait en çok işlem gören 100 hisse senedini ifade etmektedir. Bu veri setlerindeki özellikler ise "Date" (tarih), "Open" (açılış), "High" (en yüksek), "Low" (en düşük), "Close" (kapanış), "Adjusted Close" (ayarlanmış kapanış) ve "Volume" (hacim)'dir. Bu özelliklerden Date, hisse senedinin verilerinin alındığı tarihi; High, hisse senedinin o gün içindeki en yüksek değerini; Low, hisse senedinin o gün içindeki en düşük değerini; Close, o günkü kapanış değerini; Adjusted Close, o gün gerekli güncellemeler yapıldıktan sonraki kapanış değerini; Volume ise o günkü alış ve satış değerlerinin parasal değerini ifade etmektedir.

Bu çalışma için kullanılan veri setlerinin tarih aralığı ise 01.01.2014-31.12.2020 tarih aralığıdır. Yaklaşık 7 yıla ait bu veri setleri büyük veri ve zaman serisi verisi olarak nitelendirilebilmektedir.

### 2.2. Cihaz Özellikleri ve Yazılımlar

Bu çalışmada deneylerin gerçekleştirildiği cihazda Intel (R) Core (TM) i3-4030U CPU, 4 GB RAM VE 64 bit işletim sistemi bulunmaktadır. Kullanılan programlama dili Python 3.7. versiyonudur. Deneyler ise Google Colab ortamında gerçekleştirilmiştir.

### 2.3. Yöntemler

Bu çalışmada, borsada işlem gören hisse senetlerinin zaman serisi analitiği, derin öğrenme mimarilerinden Kapılı Tekrarlayan Birimler ve Tekrarlayan Sinir Ağları modelleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

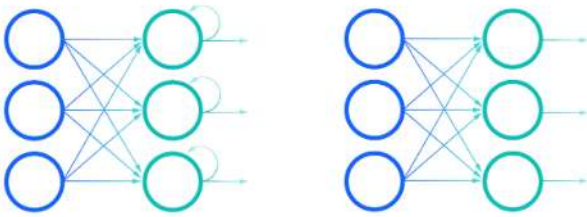
### 2.4. Derin Öğrenme

Derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt alanıdır (Doğan ve Türkoğlu, 2019). Temel olarak üç veya daha fazla katmandan oluşan bir sinir ağı olarak tanımlanmaktadır. Bu yapay sinir ağları, çok büyük boyutlu verilerden öğrenmeyi ve eşleşmekten çok uzak olsa da insan beyni gibi çalışmayı amaçlamaktadır. Tek katmanlı bir sinir ağı bile yaklaşık tahminler gerçekleştirebilirken eklenmiş

diğer gizli katmanlar sonucu optimize etmeye ve doğruluk için hassaslaştırmaya fayda sağlamaktadır. Derin öğrenme, otomasyonları geliştirebilen, analitik ve fiziksel görevleri, insan müdahalesi olmadan yerine getirebilen birçok yapay zeka uygulamasını ve hizmetini yönlendirebilmektedir. Derin öğrenme teknolojisi; dijital asistanlar, ses etkileşimli uzaktan kumandalar, kredi kartı sahtekarlığı tespiti gibi günlük hayatta kullanılan birçok ürünün ve servisin yanında sürücüsüz arabalar gibi gelişmekte olan teknolojilerin de arka planında bulunmaktadır (URL-1).

#### 2.4.1. Tekrarlayan Sinir Ağları

Tekrarlayan sinir ağları, ardışık verileri veya zaman serisi verilerini kullanan sinir ağı yapısıdır. Çalışma mantığı, önceki çıktılarını girdi olarak kullanılmasına dayanmaktadır (URL-2). Bu derin öğrenme algoritmaları, dil çevirisi, doğal dil işleme, konuşma tanıma ve görsel açıklaması gibi sıralı veya zamansal sorunlar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Siri, sesli arama ve Google çeviri gibi popüler uygulamalara dahil edilmektedir. İleri beslemeli ve evrişimsel sinir ağları gibi tekrarlayan sinir ağları da öğrenmek için eğitim verilerini kullanmaktadır. Mevcut girdi ve çıktıyı etkilemek için önceki girdilerden bilgi aldıkları için hafızaları ile ayırt edilmektedirler. Zaman serisi olayları ile ilgili hafızaları buna yardımcı olmaktadır (Staudemeyer ve Morris, 2019). Geleneksel derin sinir ağları, girdilerin ve çıktılarının birbirinden bağımsız olduğunu varsayarken, tekrarlayan sinir ağlarının çıktısı, dizi içerisindeki önceki öğelere bağlıdır. Gelecekteki olaylar, belirli bir dizinin çıktısının belirlenmesine de yardımcı olurken, tek yönlü tekrarlayan sinir ağları, bu olayları tahminlerinde açıklayamamaktadır (URL-3).



**Şekil 1.** Tekrarlayan Sinir Ağları (Sol) ve İleri Beslemeli Sinir Ağları (Sağ) Yapılarının Karşılaştırılması

Bu çalışmanın tekrarlayan sinir ağları deneylerinde en iyi sonucu veren parametrelerin şu şekilde olduğu gözlemlenmiştir: 4 girdi, 200 nöron, 4 çıktı ve 2 katman. Öğrenme oranı=0.001, grup boyutu=50, devir sayısı=100. İyileştirici olarak Adam Optimizer, hata ölçümü için ise MSE kullanılmıştır.

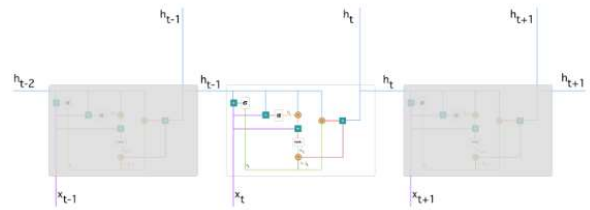
#### 2.4.2. Kapılı Tekrarlayan Birimler

Kapılı tekrarlayan birimler, Cho ve arkadaşları tarafından 2014 yılında, standart tekrarlayan sinir ağları ile birlikte gelen yok olan gradyan problemini çözmek amacı ile geliştirilmiştir. Kapılı tekrarlayan birimler ayrıca uzun kısa süreli bellek yapısının bir çeşidi olarak da değerlendirilebilmektedir (Kılınc ve Öztürk, 2022). Çünkü ikisi de benzer olarak tasarlanmış ve bazı durumlarda eşit derecede mükemmel sonuçlar üretebilmektedirler. Kapılı tekrarlayan birimlerin standart tekrarlayan sinir ağlarından temel farkı ise önceki veya o anki gizli durumları ve girdileri unutabilme veya üzerinde durabilme kapasitesine sahip olmasıdır (URL-4).

Kapılı tekrarlayan birimler birçok çalışmada tahmin uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu çalışmalardan birisi H. Ç. Kılınc ve arkadaşlarının 2022'de gerçekleştirdiği çalışmadır. Bu çalışmada, kapılı tekrarlayan birimler, su kaynaklarının akış verilerini tahmin etmek için Gri Kurt algoritmasına entegre edilmiştir (Kılınc ve Öztürk, 2022).

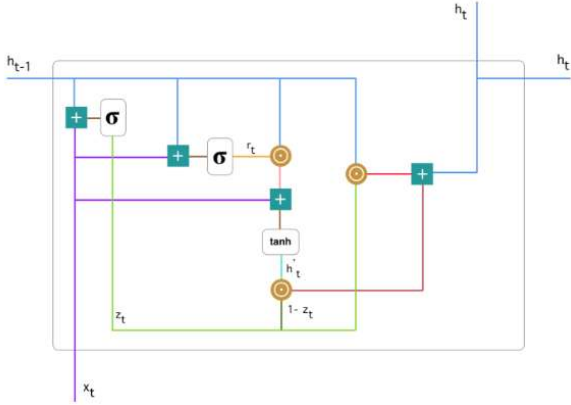
Aynı zamanda kapılı tekrarlayan birimler, borsa tahmini çalışmalarında da kullanılan en popüler algoritmalarından birisidir. Bu çalışmalara örnek olarak da G. Şişmanoğlu ve arkadaşlarının 2020'de gerçekleştirdiği çalışma örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada Şişmanoğlu ve arkadaşları, New York Borsasının hisse senedi zaman serisi değerlerini kullanmışlardır (Şişmanoğlu vd., 2020).

Kapılı tekrarlayan birimler için standart tekrarlayan sinir ağlarının geliştirilmiş versiyonu denenebilmektedir. Standart tekrarlayan sinir ağlarının yok olan gradyan problemini çözmek için kapılı tekrarlayan birimler, sözde güncelleme kapısı ve sıfırlama kapısı yapılarını kullanmaktadır. Kısaca bu iki yapı, hangi bilginin çıktıya taşınacağına karar veren iki vektördür. Bu iki vektörü özel kılan şey, çok uzun zaman önceki bilgiyi, zamanla yok olmadan ya da tahminle ilgisiz verileri silmeden tutabilmeleri için eğitilebilmeleridir (URL-5).



**Şekil 2.** Kapılı Tekrarlayan Birimler ile Tekrarlayan Sinir Ağı

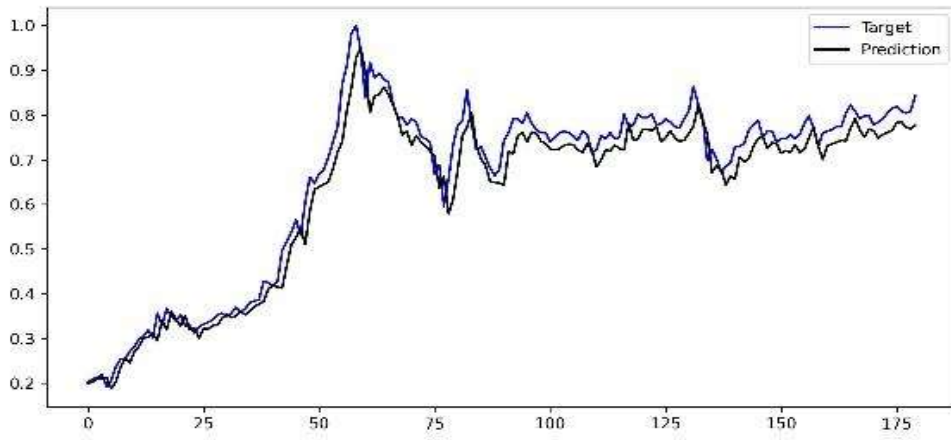
Bu çalışmanın kapılı tekrarlayan birimler deneylerinde, en iyi sonucu veren parametrelerin şu şekilde olduğu gözlemlenmiştir: 4 girdi, 200 nöron, 4 çıktı ve 2 katman. Öğrenme oranı=0.001, grup boyutu=50, devir sayısı=50. İyileştirici olarak Adam Optimizer, hata ölçümü için ise MSE kullanılmıştır.



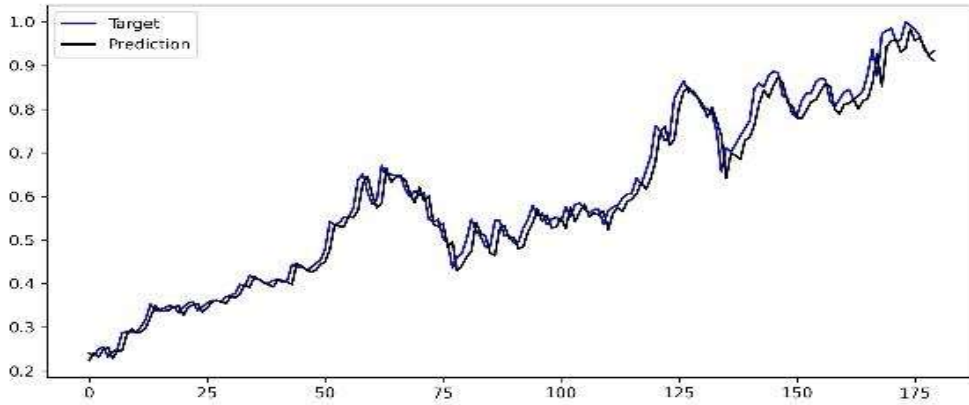
Şekil 3. Kapılı Tekrarlayan Birim

### 3. BULGULAR

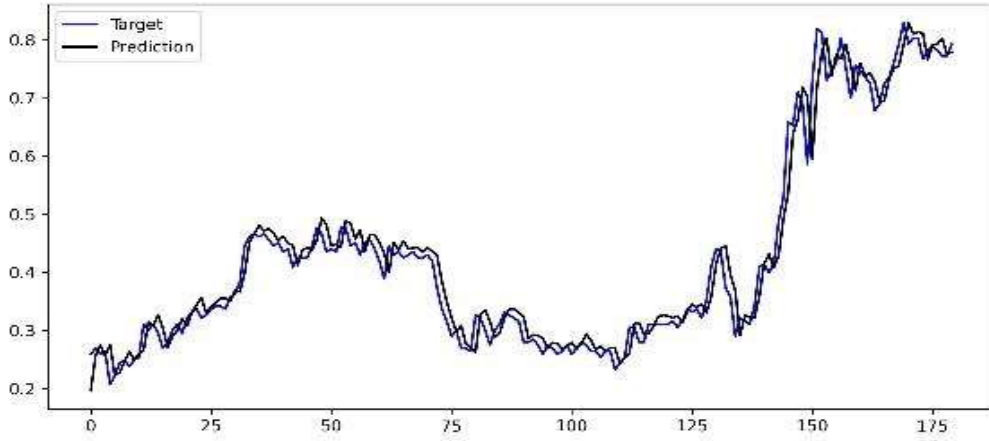
Çalışmada gerçekleştirilen deneylerin sonuçları bu bölümde gösterilmiştir.



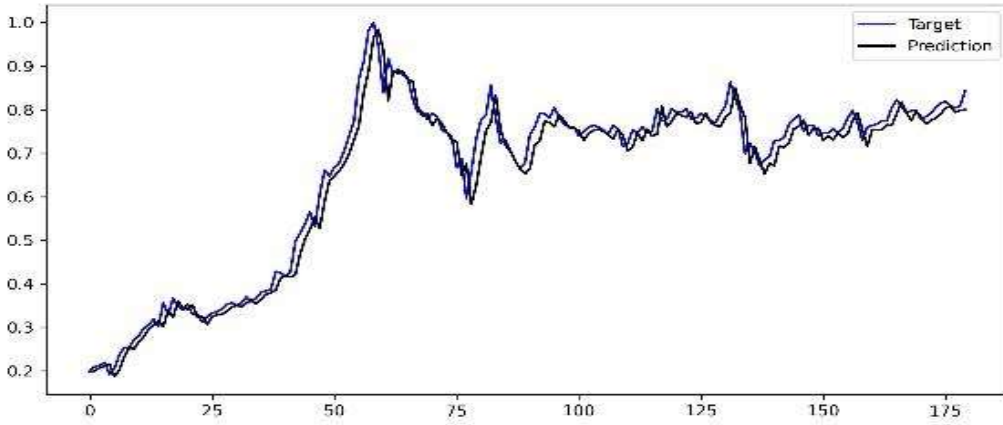
Şekil 4. KARSN.IS Veri Seti Üzerindeki Tekrarlayan Sinir Ağları Deneyinin Sonucu



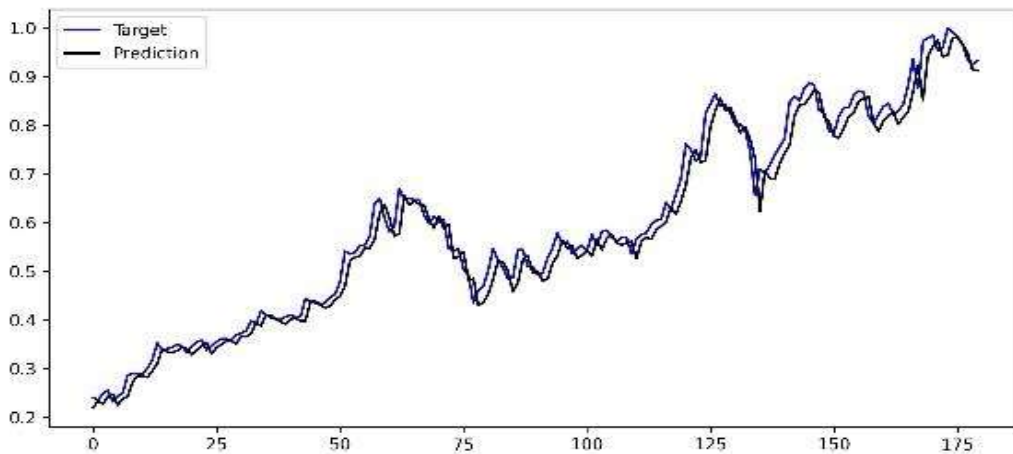
Şekil 5. ODAS.IS Veri Seti Üzerindeki Tekrarlayan Sinir Ağları Deneyinin Sonucu



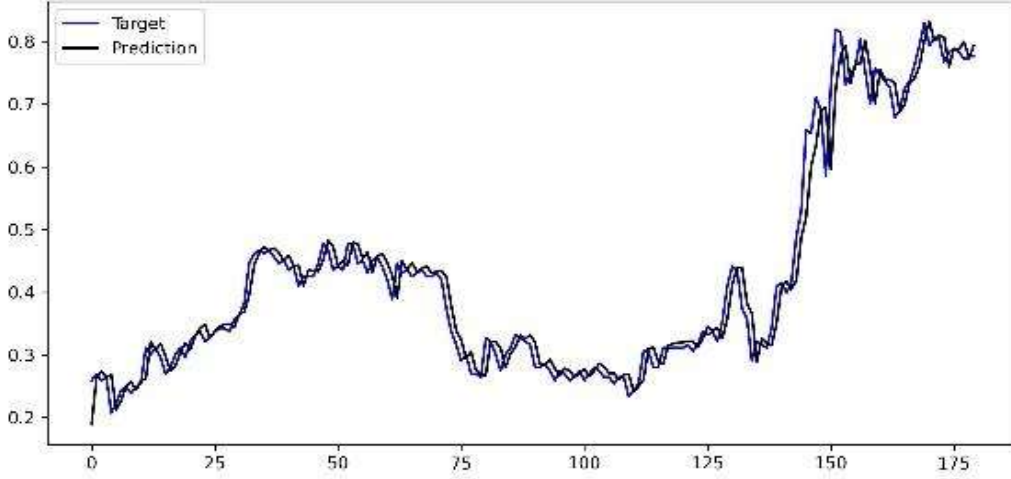
**Şekil 6.** YKBNK.IS Veri Seti Üzerindeki Tekrarlayan Sinir Ağları Deneyinin Sonucu



**Şekil 7.** KARSN.IS Veri Seti Üzerindeki Kapılı Tekrarlayan Birimler Deneyinin Sonucu



**Şekil 8.** ODAS.IS Veri Seti Üzerindeki Kapılı Tekrarlayan Birimler Deneyinin Sonucu



**Şekil 9.** YKBNK.IS Veri Seti Üzerindeki Kapılı Tekrarlayan Birimler Deneyinin Sonucu

**Tablo 1.** Tekrarlayan Sinir Ağları Mimarisi için Deney Sonuçları

Firma	RNN		
	KARSN	ODAS	YKBNK
a			
MSE	0.000250	0.000284	0.000755

**Tablo 2.** Kapılı Tekrarlayan Birimler Mimarisi için Deney Sonuçları

Firma	GRU		
	KARSN	ODAS	YKBNK
a			
MSE	0.000252	0.000294	0.000668

Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da görülen grafikler hisse senetlerinin, kullanılan algoritmalarla tahmin edilen değerlerini ve gerçek değerlerini göstermektedir. Yatay eksen, zaman dilimini; dikey eksen ise hisse senedi değerlerinin ölçeğini ifade etmektedir. Grafiklerde siyah çizgi, tahmin değerlerini; mavi çizgi, gerçek değeri temsil etmektedir. Çizgilerin birbirine yakın ve hatta zaman zaman üst üste olması, tahminin ne kadar başarılı olduğunu göstermektedir. Ani ve büyük değişimlerde bile kullanılan modellerin tahminleri, gerçek değerler ile yakınlığını korumaktadır. En başarılı sonuçlar hem grafiklerden hem de tablolardan fark edildiği üzere KARSN.IS veri seti üzerindeki deneylerden

elde edilmiştir. Daha sonra ODAS.IS veri seti üzerinde gerçekleştirilen deneyler başarı anlamında KARSN.IS veri seti üzerinde gerçekleştirilen deneyleri takip etmektedir. Gerçek değer ile tahmin değerinin en belirgin farklı olduğu deney ise YKBNK.IS veri seti üzerinde gerçekleştirilen deneyler olmuştur. Tablo 1 ve Tablo 2'deki MSE değerlerinin ne kadar küçük olması, yöntemlerin başarısını bir kez daha göstermektedir.

#### 4. SONUÇLAR

Farklı veri setleri üzerinde farklı yöntemler ile gerçekleştirilen deneylerin sonucunda, MSE değerleri incelendiğinde oldukça başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. Tekrarlayan Sinir Ağları, iki veri seti üzerinde Kapılı Tekrarlayan Birimler yöntemine göre daha başarılı sonuç verirken diğer veri seti üzerinde Kapılı Tekrarlayan Birimler yöntemi daha başarılı bulunmuştur. Bu farklılıklar da yöntemlerin bazı farklılıklarından ve veri setlerinin karmaşıklıklarının farklılıklarından kaynaklanabilmektedir. Kapılı Tekrarlayan Birimlerin Tekrarlayan Sinir Ağlarından farkı, güncelleme ve sıfırlama kapılarını içermesidir. Bu yapısal farklılıklar, performans farklarına sebep olan etkenlerden birisidir.

Kapılı Tekrarlayan Birimler, küçük veri setlerinde daha başarılı sonuçlar verebilmektedir (URL-6). Bu çalışmada kullanılan veri setlerinin boyutu büyük olduğu için ise Tekrarlayan Sinir Ağları, daha başarılı sonuçlar göstermiştir. YKBNK veri setinde ise farklı bir sonuç elde edilmesinin sebebi, karmaşıklığının diğer veri setlerinden daha farklı olmasıdır.

Sonuç olarak derin öğrenme, büyük veri analitiği konusunda oldukça başarılı bulunmuştur.

Bu çalışmanın literatüre katkıları ise şu şekilde özetlenebilir: İlk defa KARSN.IS, ODAS.IS ve YKBNK.IS veri setleri üzerinde kapılı tekrarlayan birimler ve tekrarlayan sinir ağları yöntemlerinin denenmesi ve sonuçlarının karşılaştırılması, deney sonuçlarında düşük MSE değerleri ile başarılı sonuçlar elde edilmesi, kullanılan algoritmaların hisse senedi değer tahmininde başarılarını bir kez daha gözler önüne sermesi.

Farklı derin öğrenme yöntemleri birleştirilerek ve veri miktarı artırılarak performans iyileştirmeleri gerçekleştirilebilir.

### BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında değerli bilgileri ile bana yol gösteren, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Hamza EROL'a, her zaman yanımda olan, beni destekleyen aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

### KAYNAKÇA

Tekin, S., ve Çanakoğlu, E. (2019). Analysis of price models in Istanbul stock exchange. *Proceedings of The 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 1-4.

Chong, E., Han, C. & Park, F. C. (2017). Deep learning networks for stock market analysis and prediction: methodology, data representations and case studies. *Expert Systems with Applications*, 2017.

Sakarya, Ş., & Yılmaz, Ü. (2019). Derin Öğrenme Mimarisi Kullanarak BİST30 İndeksinin Tahmini. *European Journal of Educational and Social Sciences*, 2019.

Doğan, F. & Türkoğlu, İ. (2019). Derin Öğrenme Modelleri ve Uygulama Alanlarına İlişkin Bir Derleme. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 2019.

URL-1: <https://www.ibm.com/cloud/learn/deep-learning>  
[Erişim Tarihi: 29.05.2022]

URL-2: <https://stanford.edu/~shervine/l/tr/teaching/cs-230/cheatsheet-recurrent-neural-networks>  
[Erişim Tarihi: 15.12.2022]

Staudemeyer, R., C. & Morris, E., R. (2019). Understanding LSTM – a tutorial into Long Short-Term Memory Recurrent Neural Networks. *arXiv*. 2019.

URL-3: <https://www.ibm.com/cloud/learn/recurrent-neural-networks>  
[Erişim Tarihi: 08.06.2022]

Kılınç, H., Ç. & Öztürk, Y. (2022). Hibrit Gri Kurt Optimizasyonu ile Geçitli Tekrarlayan Birim Modeli Kullanılarak Zaman Serisi Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2022.

URL-4: <https://wandb.ai/renaudlesperance/INF8225%20-%20TP3%20-%20Final%20Run/reports/RNN-vs-GRU--VmlldzoxODEwNjg5>  
[Erişim Tarihi: 15.12.2022]

Şişmanoğlu, G., Koçer, F., Önde M., A. & Şahingöz, Ö., K. (2020). Derin Öğrenme Yöntemleri ile Borsada Fiyat Tahmini. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi BEU Journal of Science* 2020.

URL-5: <https://towardsdatascience.com/understanding-gru-networks-2ef37df6c9be>  
[Erişim Tarihi: 10.06.2022]

URL-6: <https://www.projectpro.io/recipes/what-is-difference-between-gru-and-lstm-explain-with-example>  
[Erişim Tarihi: 21.07.2022]



Araştırma Makalesi

## Elektrik Güç Dağıtımında Akıllı Sayaç Verileri için Anomali Tespiti ve Tahminleme

Serhat Yarat<sup>1</sup>, Zeynep Orman<sup>1\*</sup><sup>1</sup>*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye*

### Anahtar Kelimeler:

Anomali Tespiti  
Tahminleme  
Zaman Serileri  
Elektrik Güç Dağıtımı  
Akıllı Sayaç

### ÖZ

Nüfus yoğunluğu ve ekonomik büyümenin etkisiyle enerji talebi hızla artmaktadır. Bu talep karşısında enerji ve elektrik şebekeleri daha fazla zorlukla karşı karşıya gelmektedir. Enerji tüketiminin sıkı bir şekilde izlenmesi ve kontrol altında tutulması önem arz etmektedir. Enerji dağılımını düşündüğümüzde akıllı sayaçlar bu enerjinin kontrolünde kilometre taşı rolü oynamaktadır. Enerji tüketim ölçümlerinin yapıldığı sayaçlarda meydana gelebilecek herhangi bir elektrik kesintisi, bir hata veya yanlış ölçüm, dağıtım şirketlerinden son kullanıcılara kadar birçok tarafı etkilemektedir. Enerji sektöründeki bu tür anomalilerin tespiti için gerçekleştirilen veri analitiği çalışmaları ve büyük veri teknolojileri, sensörlerden ve sayaçlardan toplanan zaman serisi verilerini gerçek zamanlı veya toplu olarak analiz ederek verimliliği ve tasarrufu arttırmayı amaçlayan net ve eyleme geçirilebilir çıktılar üretmede önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada, akıllı elektrik sayaçları ile ölçülen aylık tüketim değerlerine dayalı olarak enerji tüketimindeki olası anomalilerin tespit edilmesi ve farklı makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak gelecek tüketimin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak; enerji sektöründe genel aydınlatma sayaçları üzerinde yapılan uygulamalarda İzolasyon Ormanı (Isolation Forest-IF), Yerel Aykırı Değer Faktörü (Local Outlier Factor-LOF) ve FbProphet algoritmalarının anomali tespitinde olası uç anomali noktalarını başarılı bir şekilde tespit edebildiği ve FbProphet algoritmasının XGBoost algoritmasına göre sayaç verileri üzerinde zaman serileri ile yapılan tahminlemelerde ortalama olarak daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

## Anomaly Detection and Prediction for Smart Meter Data in Electrical Power Distribution

### Keywords:

Anomaly Detection  
Forecasting  
Time Series  
Electrical Power  
Distribution  
Smart Meters

### ABSTRACT

With rapidly increasing energy demand as a result of increasing population density and economic growth, energy and electricity grids are now facing more challenges. In the face of this demand, energy consumption should be kept under strict monitoring and control. When we consider energy distribution, smart meters play a milestone role in the control of this energy. Any error or an incorrect measurement in the meters in which energy consumption measurements are made affect many stakeholders, from the distribution company to the end users. Identifying such anomalies in the energy sector, data analytics studies, and big data technologies play an important role to produce solutions. In this study, it is aimed to detect possible anomalies in energy consumption and forecasting consumption using different machine learning methods, based on monthly consumption values measured by smart meters. As a result; the experiments and observations on general lighting meters showed that Isolation Forest (IF), Local Outlier Factor (LOF), and FbProphet were successful in detecting the potential extreme anomaly points. Additionally, it has been found that when using the FbProphet and XGBoost algorithms to forecast data from time series, FbProphet outperforms XGBoost.

\*Sorumlu Yazar

\*(ormanz@iuc.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-0205-4198  
(serhat.yarat@gtech.com.tr,yarat.serhat@gmail.com) ORCID ID 0000 - 0003 - 1531 - 3790

e-ISSN: 2717-8579

Geliş Tarihi: 24/12/2022; Kabul Tarihi: 24/02/2023

Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi



## 1. GİRİŞ

Enerjiye bağımlılığın artmasıyla birlikte zaman içerisinde elektrik üretim ve dağıtım sistemleri yüksek teknolojiye bir endüstri haline gelmiştir. Diğer endüstrilerden farklı olarak, elektrik endüstrisinin temel farklılaştırıcısı ürünün kendisidir. Elektrik enerjisinin depolanması yüksek maliyetli ve çok uzun süreli değildir. Dolayısıyla, üretim ve tüketim neredeyse gerçek zamanlı olarak gerçekleşir. Sektörün bu özelliği, bu sektördeki veri bilimi tabanlı yenilikler için temel bir etki yaratmaktadır. Dünya genelinde elektrik piyasasında arz ve talep arasında her zaman bir boşluk oluşabilmektedir. Piyasaya gerekli arzı sağlayarak boşluğu doldurmak ve hizmet verimliliğini artırmak için enerji alanında faaliyet gösteren elektrik şirketleri, tahmin teknikleri kullanarak gelecekteki talebi tahmin etme, talebi karşılama ve elektrik tüketimini optimize etme üzerine çalışmalar yapmaktadır. Bu alanda ele alınan bu gibi problemler için enerji yönetim sistemleri (EMS) şeklinde çözümler geliştirilebilir (Nakayama ve Sharma,2017).

Elektrik enerjisi alanında veri bilimindeki modeller ile elektrik tüketimindeki bireysel kullanıcılar ve diğer kullanıcı grupları için tek modelleme çözümü oluşturulması oldukça güçtür. Modeller, elektriğin tüketim kalıplarına, enerji kayıplarına neden olan dış etkenlere, tüketici gruplarına ve endüstri tarzı gibi tüketim tiplerine bağlıdır. Veri analitiğinin bu alanda getirdiği çözümlerde akıllı sayaçların kullanımı önemli bir avantaj sağlamaktadır. Genel olarak, elektrik tüketimine yönelik yapılan tahmin çalışmalarında veri ile ilgili çalışmaya konu edilen bölgenin sosyo-ekonomik ve iklim koşulları gibi parametrelerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Uygulanan yöntemlere bağlı olarak verilerde çeşitli faktörlerin herhangi birinden veya birkaçından etkilenen birçok model oluşabilmektedir. İnsan yaşamının davranışsal, sosyal ve ekonomik yönleri tüketim kalıplarını oluşturur, dolayısıyla bu özellikleri doğrudan veya dolaylı olarak tespit etmek, veri bilimcisinin elektrik endüstrisinde hem tüketim hem de yük tahmini senaryoları için etkili bir model oluşturmasına yardımcı olur (Bansal vd, 2015).

Akıllı sayaçlar ile kullanıcı hareketlerini ve sayaç durumlarını gerçek zamanlı olarak izlemek ve daha verimli enerji yönetimi için kararlar almak mümkündür. Akıllı ölçüm sistemi, şebekeyi besleyen elektriği veya şebekeden tüketilen elektriği ölçebilen elektronik bir sistemdir. Bu cihazlar, modern elektrik şebekelerinde geleneksel sayaçlardan daha fazla bilgi sağlar. Ancak akıllı cihazların, sistemlerinin arızalara ve siber saldırılara karşı daha duyarlı olması gibi bazı dezavantajları da vardır (Zhang vd, 2021).

Genel olarak, akıllı sayaçlar, enerji sektöründe elektrik tüketimi veya farklı bir alanda saatlik, günlük veya aylık büyük miktarda veri toplar.

Elektrik alanında elektrik şirketleri, enerji dağıtımında birçok anomali ile karşı karşıya kalmakta ve bu anomaliler akıllı sayaçlar ile tespit edilebilmekte ve bu sayaçların verileri dikkate alınarak geleceğe yönelik tahminler yapılabilmektedir. Anomali tespiti, çeşitli araştırma ve uygulama alanlarında iyi çalışılmış önemli bir problemdir. Nesnelere interneti (Internet of things - IoT) dünyasında bu kavramın önem kazanmasıyla birlikte birçok anomali tespit yönteminin bu sistemlerle aktif hale getirilmesi ve ardından anomalileri tespit edip bulunan çıktıları yorumlaması için önemli çalışmalar gerekmektedir. Cook vd., IoT verileri üzerinde anomali tespit tekniklerini uygularken karşılaşılabilecek zorluklar hakkında bir literatür incelemesi yapmışlardır (Cook vd, 2020). Shaukat vd., anomali türleri, anomalilerin veri türleri, zaman serisinin veri türleri, zaman serisi verilerinin bileşenleri, anomali bağlamının sınıflandırılması ve zaman serisi anomalilerin tespiti için kullanılan sınıflandırma yöntemleri ile ilgili bir literatür özeti çalışması yapmışlardır (Shaukat, 2021).

Vafeiadis vd., çalışmalarında büyük bir Sloven elektrik dağıtım şirketi şebekesinin akıllı sayaçlarındaki anormal olayların tespiti ile ilgili tüm akıllı sensörlerden gelen veriler üzerinde anomali tespiti üzerine bir çalışma yapmışlardır (Vafeiadis vd, 2019). Önerdikleri sistem, akıllı sayaçlardan gelen verileri analiz ederek; istatistiksel, makine ve derin öğrenme tekniklerini ve özellikle Otomatik Kodlayıcıları (Autoencoders) kullanarak, dağıtım ağındaki her akıllı sayaçtaki anomalileri tespit etmektedir. Al-Ghaili vd., gelişmiş ölçüm altyapısı ve akıllı şebeke sistemlerinde veri manipülasyonunu tespit etmek için kullanılan anomali teknikleri üzerine mevcut çalışmaları gözden geçirerek bir araştırma sunmuşlardır (Al-Ghaili vd, 2021). Ayrıca, mevcut çalışmalar tarafından kullanılan çeşitli ölçüm yöntemleri ve yaklaşımları ayrıntılı inceleyerek çalışmaları değerlendirmişlerdir.

Enerji alanında sınıflandırma, anomali tespiti ve tahmini için Türkiye’de yapılan bazı çalışmalar da bulunmaktadır. İşyapar, çalışmasında Türkiye’de faaliyet gösteren bir enerji dağıtım şirketinin abonelerine ait verilerin makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak sınıflandırılmasını ele almıştır (İşyapar,2013). Tajraq, Özyinelemeli Sinir Ağı (Recurrent Neural Network - RNN), uzun kısa süreli bellek (Long Short-Term Memory - LSTM) ve Kapı Özyinelemeli Geçitler (Gated Recurrent Units - GRU) yöntemlerini kullanarak Türkiye’deki enerji tüketim verileri üzerinde tahminler yaparak bu modellerin performanslarını karşılaştırmıştır (Tajraq, 2020). Bu çalışmada, elektrik tüketim verileri sıcaklık ve tatiller gibi faktörler ile zenginleştirilmiştir. Kısa vadeli tüketim tahmini için daha iyi bir model olarak belirlenen GRU modeli seçilmiştir.

Resulaj vd., Norveç’teki elli beş hanede kısa vadeli yük tahmini için makine öğrenimi algoritmalarını kullanmışlardır (Resulaj, 2019). Bir

yıldan fazla elektrik tüketimi verilerini içeren bir veri kümesini hava durumu verileri, atmosferik veriler ve takvim değişkenleri gibi verilerle zenginleştirerek, İleriye Yönelik Sinir Ağı modelini ve Rastgele Orman (Random Forest) modelini eğitmek ve değerlendirmek için kullanmışlardır. Değerlendirme sonucunda genel olarak, uygulanan Sinir Ağı modelinin, Rastgele Ormandaki karşılığına göre daha yüksek doğruluk elde ettiği belirtilmiştir.

Maatug, bazı bina ve evlere ait olan akıllı sayaç verilerinin güç tüketimindeki anomalileri FbProphet ile tespit etmiştir (Maatug, 2021). Anomali etiketleriyle veri kümesini oluşturduktan sonra, gelecekteki güç tüketimlerini anormal veya normal olarak sınıflandırmak için yeni bir yöntem önermiş ve sonuçlarını farklı sınıflandırma algoritmaları ile karşılaştırmıştır.

Bu araştırma, akıllı sayaç zaman serisi verilerinde anomali tespiti ve tahminleme için popülerliği artan yöntemlere odaklanarak enerji tüketiminde önlemler alabilmemize olanak sağlayacak çıktılar üretmektedir. Bu amaçla, genel aydınlatma sayaçlarıyla ölçülen aylık elektrik tüketim değerleri üzerinde olası anomali tespiti ve tüketim tahmini için İzolasyon Ormanı (Isolation Forest -IF), Aykırı Değer Faktörü (Local Outlier Factor-LOF), FbProphet ve Ekstrem Gradyan Arttırma (Extreme Gradient Boosting - XGBOOST) yöntemlerinin uygulanmasında elde edilen sonuçların karşılaştırılması ve hangi yöntemin daha başarılı olduğu gibi sorulara cevap arayarak probleme çözüm getirmeyi amaçlamaktadır.

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Zaman Serileri

Zaman serisi, zaman içinde sürekli ölçümlerle alınan bir dizi gözlemden bir başka deyişle veri noktalarından oluşmaktadır. Genellikle, gözlemler eşit aralıklarla alınır. Zaman içinde sırayla toplanan bu verilerde, çeşitli bileşenler belirli bir zaman noktasında gözlemlenen herhangi bir zaman serisi değerine katkıda bulunur. Zaman serilerinde tahmin yöntemlerini seçmek için yararlı bir soyutlama, bir zaman serisini sistematik ve sistematik olmayan bileşenlere ayırmaktır.

Belirli bir zaman serisinin seviye, eğilim, mevsimsellik olmak üzere üç sistematik bileşeni ve gürültü adı verilen sistematik olmayan bir bileşenle beraber toplamda 4 bileşenden oluştuğu belirtilmektedir (Braei, 2019), (Wagner ve Braei, 2020).

### 2.2. Anomaliler ve Anomali Tespiti

Anomaliler, veri kümesindeki diğer veri noktaları arasında öne çıkan ve verilerdeki normal davranışı doğrulamayan aykırı değerler olarak tanımlanan veri noktalarıdır. Bu veri noktaları veya gözlemler, veri kümesinin normal davranış

kalıplarından çıkar. Anomali Tespiti, beklenen davranışa uymayan verilerde örüntü bulma sorunu olarak ele alınır (Wagner ve Braei, 2020), (Chandola , 2009), (Vitale, 2021). Genel olarak anomalilerle ilgili iki ana özellik öne çıkmaktadır:

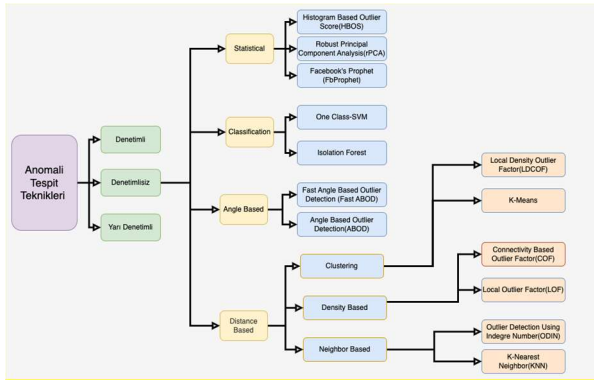
- Anomalilerin dağılımı, verilerin genel dağılımından önemli ölçüde sapmaktadır.
- Veri kümesinin büyük çoğunluğu normal veri noktalarından oluşmaktadır. Anomaliler, veri kümesinin yalnızca çok küçük bir bölümünü oluşturur.

Anomali algılama algoritmaları, izinsiz giriş tespiti (intrusion detection), dolandırıcılık tespiti (fraud detection), veri sızıntısını önleme (data leakage prevention), veri kalitesi, gözetim ve izleme (data quality, surveillance and monitoring) gibi birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Bunlar çok çeşitli ve farklı özellikleri olan uygulamalardır; bazıları çok hızlı, neredeyse gerçek zamanlı anomali tespiti gerektirirken, bazıları bir anomaliyi kaçırmanın yüksek maliyeti nedeniyle çok yüksek performans gerektirir. Anomali tespit teknikleri en yaygın olarak, kötü niyetli girişimlerin/işlemlerin çoğu itibari vakadan farklı olduğu dolandırıcılığı tespit etmek için kullanılır. Anomaliler farklı şekillerde ortaya çıkabilir. Genel olarak, üç farklı anomali türü vardır (Braei ,2019), (Wagner ve Braei,2020), (Borges,2021):

1. *Nokta Anomalileri (Point Anomalies)*: Bir nokta verisi içinde bulunduğu veri kümesinden önemli ölçüde sapsa, nokta anomalisi olarak kabul edilir. Örneğin, diğer işlemlerden farklı olarak büyük bir kredi işlemi nokta anomalisidir. Bu nedenle, değeri  $[X_{t-k}, X_{t+k}]$ ,  $k \in \mathbb{R}$  aralığındaki tüm noktalardan önemli ölçüde farklıysa ve  $k$  yeterince büyükse, bir  $X_t$  noktası nokta anomalisi olarak kabul edilir. Bu en basit anomali türüdür ve anomali tespiti üzerine yapılan araştırmaların çoğunluğunun odak noktasıdır.
2. *Kolektif Anomaliler (Collective Anomalies)*: Tek tek noktaların anormal olmadığı, ancak bir dizi noktanın anomali olarak etiketlendiği durumlar vardır. Örneğin, bir banka müşterisi haftanın her günü banka hesabından 500\$ çektiğini varsayalım, Müşteri için ara sıra 500\$ çekmek normal olsa da bir dizi para çekme işlemi anormal bir davranıştır. Anormal bir durum birçok örnekten oluşan bir küme olarak temsil ediliyorsa buna kolektif anomali denir.
3. *Bağlamsal Anomali (Contextual Anomaly)*: Bazı noktalar belirli bir bağlamda normal olabilirken başka bir bağlamda anormallik olarak algılanabilir: Örneğin, Türkiye'deki Iğdır şehrinde yazın günlük sıcaklığın 35°C olması normal olarak görülürken, kış aylarında aynı sıcaklık anormal olarak kabul edilir. Bağlamsal anomalilerde nokta normal olarak görülebilir, ancak belirli bir bağlam dikkate alındığında nokta bir anomali haline gelir.

Nokta anomalilerini tespit edebilen bazı yaklaşımlar ile kolektif veya bağlamsal anomaliler tamamen tespit edilemeyebilir. Bu doğrultuda problem ve veriye uygun yöntemleri uygulamak gerekmektedir. Bu nedenle belli bir anomali tespit tekniğini her alana uygulamak mümkün değildir. Zaman serisi verilerinde zaman, tüm dizideki bir örneğin konumunu belirleyen bağlamsal bir niteliktir.

Anomaliler, özellikleri bakımından normalden farklıdır ve normal örneklere kıyasla bir veri kümesinde nadirdir. Makine öğrenme teknikleri, denetimli (supervised), denetimsiz (unsupervised), ve yarı-denetimli (semi-supervised) olarak 3 farklı teknik altında sınıflandırılır. Zaman serilerinde anomali tespiti için genellikle denetimsiz makine öğrenmesine dayalı yöntemler kullanılmaktadır.



**Şekil 1.** Bazı anomali tespiti algoritmaları(Goldstein ve Uchida 2016),( Falcão vd, 2019),(URL-15)

Şekil 1'de bazı anomali tespiti yöntemlerinin bir sınıflandırması yapılmıştır. Bu sınıflandırmayı farklı metrikler için de yapmak mümkündür. Bazı algoritmaların sınıflandırılması birden fazla yöntemle gerçekleştirilebilir. Örneğin LOF algoritmasının denetimli yapısı da vardır. Schmid vd., zaman serilerindeki anomalileri tespit eden teknikler için 158 kaynaktaki kullanımı inceleyerek sınıflandırmışlardır (Schmid vd, 2022).

Domingues vd., anomali tespitinde denetimsiz makine öğrenimi algoritmalarının kullanımına yönelik bir özet çalışma yapmışlardır (Domingues vd, 2017). Anomali tespiti bağlamında, sentetik ve gerçek veri kümeleri üzerinde 14 algoritmanın ortalama kesinlik, sağlamlık, hesaplama süresi ve bellek kullanımı karşılaştırmışlardır.

Bu çalışmada anomali tespiti için tahmine dayalı algoritmalar olan FbProphet, iyi bilinen ve yaygın kullanılan anomali tespiti algoritmaları olan LOF ve IF kullanılmıştır.

### 2.3. Zaman Serilerinde Tahmin Yaklaşımları

Zaman serisi tahmini, stratejik kararlar vermeye yardımcı olacak tahminler yapmak için istatistik ve modelleme kullanarak zaman serisi verilerini analiz etme sürecidir. Zaman serisi verilerinde yaygın olarak dalgalanan değişkenler ve

kontrolümüz dışındaki faktörler olduğundan tahminlerin olasılığı hızlıca değişebilir, bu değişkenlerden ötürü tahminin sonucu kesin değildir. Elimizdeki veriler ne kadar kapsamlı olursa, tahminler o kadar doğru olabilir. Akıllı sayaç verileri, akıllı şebekelerde yük tahmini için önemli değerler getirmektedir. Bu doğrultuda akıllı sayaç verileri ile üretimden son kullanıma kadar çeşitli aşamalarda veriler üzerinde analiz yapmak ve tahminlerde bulunmak mümkündür. Akıllı sayaçların yüksek ayrıntı düzeyi, tahmin modelinin performansını pozitif yönde etkilemektedir. Literatürde elektrik enerjisi tüketim tahmini için çeşitli yöntemler ve modeller kullanılmaktadır. Veri üzerinde tahminin türüne bağlı olarak sadece birkaç saat veya 20 yıl gibi uzun vadeli süreler için tahminler yapılabilmektedir. Bu doğrultuda veri üzerinde yapılan bu tür tüketim tahminleri üç alana ayrılmaktadır (Al-Ghaili vd ,2021), (Resulaj, 2019), (Alfares ve Nazeeruddin, 2010):

- **Kısa vadeli tahmin**, bir hafta öncesine kadar bir gün tahmin ufkuna sahiptir. Jeneratörler ve elektrik tesislerinin üretim birimlerini talebe göre planlamaları için çok önemlidir. Aralık olarak birkaç dakika ile 1 gün arası tahminler yapar.
- **Orta vadeli tahminin** iki yıla kadar bir tahmin ufkusu olduğu kabul edilir ve bakım onarım amaçları için kullanılır. Aralık olarak 1 gün ile 1 yıl arası tahminler yapar.
- **Uzun vadeli tahmin**, gelecekte birkaç yıllık bir tahmin ufkuna sahiptir. Bu tür bir tahmin, güç şebekesinin genişletilmesinin planlanmasında iletim sistemi operatörleri ve elektrik tesisleri için ilgi çekicidir. Aralık olarak 1 yıldan fazla olan tahminler yapar.

#### 2.3.1. Zaman serileri üzerinde tahmin için başarı ölçümü

Modellerin performansını değerlendirmek için ortalama mutlak hatası (Mean Average Error -MAE), ortalama hata kareleri toplamı kökü (Root Mean Square Error - RMSE), ortalama kare hatası (Mean Squared Error - MSE) ve ortalama mutlak yüzde hatası (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) gibi metrikler uygulanmaktadır (Fang vd, 2022):

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (2)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3)$$

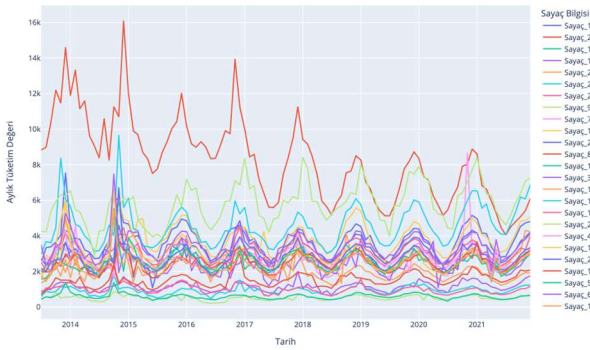
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (4)$$

(1)-(4) arası formüllerinde verilen  $y_i$  gerçek değerleri,  $\hat{y}_i$  modelin tahmin ettiği değerleri ve  $n$  değeri de gözlem sayısını temsil etmektedir.

Bu çalışmada modelin performansı değerlendirilirken gerçek değerlerin modelin ürettiği tahminlerle uyumluluğu incelenmiştir. Tahmin edilen değerlerin gerçek değerlere olan uzaklıklarına göre farklı metrikler üretilebilir. Bu metriklerden biri olan MAPE, zaman serisi modellerinde tahminlerin doğruluğunu ölçmek için sıklıkla kullanılır. Bu metrik, tahmin değeri ile gerçek değer arasındaki mutlak yüzdelik farkın ortalamasını hesaplamaktadır. Bu çalışmada modelin başarısını yorumlamak için MAPE yöntemi kullanılmıştır.

## 2.4. Veri Kümesi

Bu çalışmanın uygulanmasında, aydınlatmada genel kullanımına yönelik cadde, sokak, alt geçit-üst geçit, meydan, park, bahçe vb. gibi alanların aydınlatılmasında kullanılan akıllı sensörlerden (sayaçlar) gelen veriler üzerinde anomali tespit çalışması ve tahminleme yapılmıştır. Veri kümesi tek değişkenli olarak sınıflandırılmıştır (Braei ve Wagner 2020). Bu çalışmada kullanılan veri kümesi elektrik dağıtım şirketlerin kendi sitelerinde paylaştıkları verilerden yararlanarak oluşturulmuş ve anonimleştirilmiştir (URL-1) - (URL-12). Elde edilen örnek veri kümesi toplam 8 yıllık ve aylık tüketim değerlerini içeren 25 sayaç verisinden oluşmaktadır. Bu toplanan veriler üzerinde her akıllı sayaçtaki anomalileri hızlı ve doğru bir şekilde tespit edebilmek ve sayaç üzerinde uygun tahmin yapabilmek için akıllı sayaçlardan gelen veriler üzerinde ön işlemler uygulanmıştır.



Şekil 2. Kullanılan veri kümesinin grafiksel dağılımı

Şekil 2 de görüldüğü gibi veri kümesi mevsimsellik içermektedir ve Tablo 1'deki gibi bir yapısı vardır.

Tablo 1. Bir Akıllı sayaca ait aylık tüketim veri yapısı

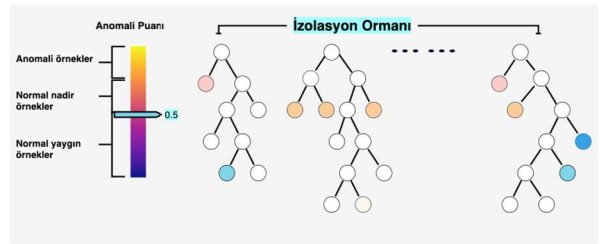
Tarih	Sayaç Bilgisi	Aylık Tüketim Değeri
2013-07-31	Sayaç_1	1748.000

2013-07-31	Sayaç_2	1430.000
2013-08-31	Sayaç_1	4258.180
2013-08-31	Sayaç_2	4232.020

## 2.5. Kullanılan Algoritmalar

### 2.5.1. İzolasyon ormanı (isolation forest - IF)

Anomaliler, beklenen veri noktalarından çok farklı özellik değerlerine sahip nadir olaylar olduğunu varsayarak, veri noktalarını bir izolasyon ağacının düğümleri olarak yapılandırır. Bu nedenle, anomaliler, yapraklar yerine ağacın köküne daha yakın izole edildiklerinden, beklenen veri noktalarından daha fazla izolasyona duyarlıdır. Bir veri noktasının izole edilebileceği ve daha sonra ağacın köküne olan uzaklığına göre sınıflandırılabileceği sonucu çıkar (Falcão vd, 2019), (Liu vd, 2008),( Liu vd, 2012). IF algoritması, veri kümesindeki aykırı değerleri tespit etmek için rastgele bir orman algoritması (karar ağaçları) kullanan denetimsiz bir anomali tespit algoritmasıdır. Algoritma, veri noktalarını, her bir noktayı diğerlerinden izole edecek şekilde bölmeye çalışır. Genellikle anomaliler veri noktaları kümesinden uzaktadır, bu nedenle normal veri noktalarına kıyasla anomalileri yalıtım daha kolaydır. Anomali puanı tüm veri noktaları için hesaplanır ve bu değer gözlemin anomali derecesini belirtir. Anomali puanı ne kadar yüksek ise o derecede aykırı bir gözlem olarak değerlendirilir. Burada uygun eşik (treshold) belirlenebildiğinde anomali puanı eşik değerinden büyük şeklinde olan noktalar anomali olarak kabul edilebilir. Şekil 3'te genel IF algoritmasının uygulanma biçimi ve anomali skorunun tespiti gösterilmiştir.



Şekil 3. İzolasyon ormanı (Qin ve Lou, 2019)

### 2.5.2. Yerel aykırı değer faktörü (local outlier Factor - LOF)

Komşu tabanlı yöntemler (Neighbor-based methods) aykırı değerleri belirlemek için her bir veri noktasının komşuluğunu (neighborhood) inceler. LOF iyi bilinen bir mesafe tabanlı yaklaşımdır (Breunig vd, 2000). LOF bir noktanın anomali olup olmadığına karar vermek için veri noktalarının yoğunluğunu dikkate alan başka bir anomali tespit tekniğidir. Yerel anomalileri bulmak da başarılıdır (Falcão vd, 2019). LOF, noktanın

çevresindeki komşuluğa göre ne kadar izole olduğunu ölçen, anomali puanı adı verilen bir anomali puanı hesaplar. Anomali skorunu hesaplamak için yerel yoğunluğun yanı sıra global yoğunluğu da hesaba katar (Breunig vd, 2000). LOF hesaplaması yapılmasında bazı önemli konseptler mevcuttur, bunlar aşağıda tanımlanmıştır:

- K-mesafesi : Nokta ile K komşuları arasındaki mesafe.
- Reachability Distance (Erişebilirlik Mesafesi): Maksimum mesafe (Öklid, Manhattan, vs.)
- Local Reachability Distance (Yerel Erişebilirlik Mesafesi): Noktanın, komşularından ortalama erişebilirlik mesafesinin tersi.
- Local Outlier Factor: Her bir noktanın, yerel erişebilirlik mesafesinin, k-komşularının ortalama erişebilirlik mesafesine oranı.

Scikit-learn altında bulunan LOF ile anomali tespitini, Aykırı değer (outlier) tespiti ve yenilik tespiti (novelty detection) olmak üzere iki çatı altında ele almaktadır (URL-13). Outlier tespitinde kullanılacak veri kümesi, anomalilerden arındırılmış, temiz bir veri kümesi değildir. Bu aykırı değer tespitinde denetimsiz algoritmaları ile anomaliler bulunur. Yenilik tespitinde ise, kullanılacak veri kümesi temiz (anomalilerden temizlenmiş) olmalı ve eklenen yeni verinin anomali olup olmadığını yarı denetimli öğrenme algoritmaları ile tespit etmeye çalışır. LOF ile yapılan yenilik tespiti (novelty detection) bu çalışmada kapsam dışı bırakılmıştır. Anomali tespitinde neighbors.LocalOutlierFactor davranışı Tablo 2'de özetlenmiştir.

**Tablo 2.** neighbors.LocalOutlierFactor davranışı (URL-13).

Metot	Aykırı Değer Tespiti	Yenilik Tespiti
fit_predict	Mevcut	Mevcut değil
predict	Mevcut değil	Sadece yeni veri üzerinde kullanılır
decision_function	Mevcut değil	Sadece yeni veri üzerinde kullanılır
score_samples	negative_outlier_factor_ kullanarak	Sadece yeni veri üzerinde kullanılır
negative_outlier_factor_	Mevcut	Mevcut

### 2.5.3. Ekstrem Gradyan Arttırma (eXtreme Gradient Boosting -XGBoost)

XGBoost, Gradient Boosting algoritmasının optimize edilmiş yüksek performanslı geliştirilmiş versiyonudur. Tianqi Chen vd., 2016 yılında yayınladıkları makale bu algoritma literatüre dahil olmuştur (Chen ve Guestrin, 2016), (URL-14). XGBoost'un en önemli özellikleri yüksek tahmin

gücü elde edebilmesi, aşırı öğrenmenin önüne geçebilmesi, boş verileri yönetebilmesi ve bunları hızlı yapabilmesidir. Tianqi Chen vd., XGBoost diğer popüler algoritmalarından daha hızlı çalışmakta olduğunu belirtmektedirler. Literatürde kullanımı oldukça fazladır (Fang vd, 2022) , (Yu vd, 2021) vb.

### 2.5.4. FbProphet

FbProphet, Facebook ekibi tarafından geliştirilen, tek değişkenli (univariate) yüksek oranda mevsimsel zaman serisi verilerini eklemeli (additive) bir modele dayalı olarak analiz eden ve tahmin eden, trend değişiklikleri için tahmin değerleri ve güven aralıkları üreten açık kaynaklı bir kütüphanedir (Jha ve Pande, 2021), (URL-15). Model için otomatik olarak iyi bir hiper-parametre küme bulma kapasitesine sahiptir. Bu kütüphane doğrusal olmayan zaman serileri verileri üzerinden dönemlik, haftalık, aylık, günlük tahminlerde bulunmayı sağlayan prosedürleri içermektedir. Zaman serilerinde kullanılan diğer tahminleme mekanizmalarına (Oto regresif Hareketli Ortalama (Autoregressive Moving Average Model - ARIMA), vb) göre eksik ve uç değerler için daha iyi sonuçlar vermekte, tahmin işlemi yaparken değişim noktaları, mevsimsellik, özel gün etkileri gibi faktörleri dikkate alma özelliğine sahiptir.

### 2.6. Anomali Tespiti ve Tahminleme

Anomali algılama ile tahminleme yöntemleri anomali tespiti ve tahminleme için aynı çatı altında değerlendirilebileceği gibi ayrı konseptler olarak da veri kümesi üzerinde farklı metotlar ile uygulanabilir. Bu çalışma özelinde anomali tespiti için, FbProphet kütüphanesinin sunduğu çözüm ile bu iki konsept beraber değerlendirilip uygulanmıştır. XGBoost yöntemi ile sadece tahminleme, Isolation Forest ve LOF ile de olası aykırı değer tespiti (anomali algılama) yapılmış ve XGBoost ile FbProphet yöntemleri ile elde edilen tahminleme sonuçları MAPE metriklerine göre karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

#### 2.6.1. Anomali tespitinde kullanılan yapılar

Bu çalışmada anomali anlamında olası anomalilerin tespit edilmesi için IF, LOF ve FbProphet beraber uygulanmıştır.

##### 2.6.1.1. FbProphet kütüphanesinin uygulanması

Burada uygulanan yöntem ile FbProphet kütüphanesinin tek değişkenli zaman serisi üzerinde tahminleme (forecasting) yapması sonucunda üst (upper bound) ve alt (lower bound) limitler belirlenmektedir. Normal şartlarda var olan değer tahmin edilen ile uyuşmaması anomali olarak atanabilirken, FbProphet'in alt ve üst tahmin limitlerinden yararlanarak potansiyel olarak daha

yüksek olan noktalara önem derecesi verilerek anomaliler belirlenebilmektedir. FbProphet ile anomalilerin belirlenmesi, modelin güven aralıklarına bağlıdır. FbProphet kütüphanesi kullanımını ile her bir ay için tüketim değerleri tahmin edilmiştir. Yani zaman serisinin bir sonraki değeri tahmin edilmiştir. Elde edilen tahmin değerinin alt ve üst sınırları kullanılarak güven aralıkları belirlenmiştir. Bu güven aralığı dışında kalan değerler anomali olarak tanımlanmıştır. Tespit edilen anomali notlarının önem derecesi hesaplanmıştır. Tespit edilen anomalilere ilişkin gerçek değerlerin ilgili tahmin üst ve alt sınırlarına olan mutlak uzaklıkları ölçülmüştür. Sonrasında, söz konusu uzaklıklar için min-max normalizasyonu yapılarak 0-1 arasındaki önem dereceleri elde edilmiştir.

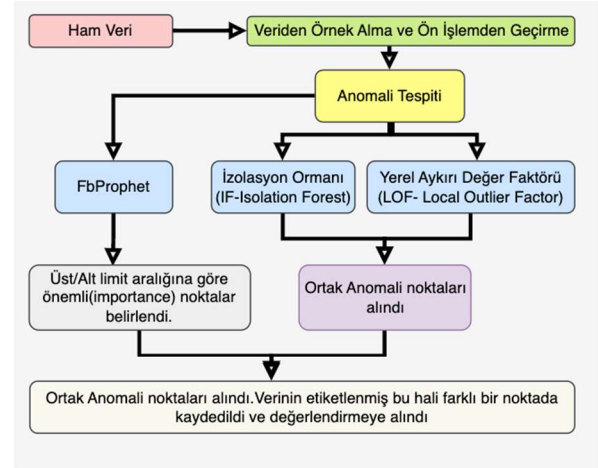
### 2.6.1.2. İzolasyon ormanı (IF) ve yerel aykırı değer faktörü (LOF) uygulanması

Bu yöntemler ayrı ayrı değerlendirilebildiği gibi hibrit olarak kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Genel olarak IF algoritması yalnızca küresel aykırı değerlere karşı hassastır ve yerel aykırı değerlerle başa çıkmakta zayıftır. LOF, yerel aykırı değer tespitinde iyi performans göstermesine rağmen, yüksek zaman karmaşıklığına sahiptir. Cheng vd., IF ve LOF'un zayıflıklarının üstesinden gelmek için, aykırı değer tespiti için iki aşamalı bir kolektif yöntem önermişlerdir (Cheng vd ,2019). Bu önerilen yöntem ile düşük zaman karmaşıklığına sahip karmaşık veri kümelerindeki aykırı değerleri doğru bir şekilde tespit edileceğini göstermişlerdir. Aynı zamanda, çalışmalarında IF-LOF'u IF, LOF ve farklı bir birkaç yöntemle de karşılaştırmışlardır. Sonuçlarında mevcut yöntemlerle karşılaştırıldığında, önerilen kolektif yöntemin aykırı değer algılama oranını önemli ölçüde iyileştirebileceğini ve zaman karmaşıklığını büyük ölçüde azaltabileceğini göstermişlerdir.

Bu çalışmada olası anomali noktalarının doğruluk derecesini artırmak için IF ve LOF ve FbProphet algoritmaları beraber değerlendirilmiştir. Burada sırasıyla IF ve LOF beraber değerlendirilip sonrasında FbProphet çıktıları ile süzgeçten geçirilmiştir. Veri kümesi üzerinden IF ve LOF algoritmaları ile potansiyel anomali olabilecek noktalar belirlenmiştir. Buradaki amaç veri kümesi üzerinde veriyi şekillendirmek ve anomali noktalarını belirleyip değerlendirmektir. Bu iki algoritmanın bulunduğu anomali noktaları karşılaştırılarak ortak olanları alınmıştır. Uygulanan algoritmanın bulunduğu noktalar gerçek anomali olmama ihtimali taşımaktadır. Bu algoritmaların anomali olarak belirlediği noktalar için aynı zamanda anomaly\_score değeri de hesaplanmaktadır. Yani, bu yöntemler ile anormali tespit modeli gözlemin anomali olup olmadığına dair kategorik bir etiket ekleme ve bir skor değeri atamaktadır. Skor bize gözlemin ne derecede

anomali olduğunu da söylediğinden etikete göre daha çok bilgi taşır. IF ve LOF ortak çıktıları ile FbProphet harmanlanıp anomalilerin belli olduğu veri kümemizin son halini elde edilmiştir. Burada veri kümesi üzerinde anomali için bir eşik değeri (threshold) belirleme mümkün değil çünkü başvurabileceğimiz bir doğruluk verisi içermemektedir. Veri kümesi alarm ve değerlendirmeler ile zenginleştirilmesi için rapor sistemi oluşturulabilir. Sonuç olarak üç algoritmanın yapısından faydalanarak bulunan ortak anomali noktaları birleştirilerek, veriler farklı bir noktada kayıt altına alınıp, uygulama kapsamında değerlendirme için alarmlar da oluşturulabilir. Bu anomali alarmlarının önemli olanları kritik dereceye göre sınıflandırılabilir.

IF ve LOF algoritmaları önemli bir kontaminasyon (contamination) parametresine sahiptirler. Bu parametre, zaman serisi verilerimizdeki anomalilerin sayısını belirtir. Verilerimizdeki noktaların yüzdesini anormal olacak şekilde ayarlar. Bu değer veri yapımızda referans alınacak bir yer olmadığından "auto" olarak belirlenmiştir. Veri kümesinin anomalilerle nasıl "kirlendiğini"nin belirlenmesi gerekmektedir. Buradaki yaklaşımımız, sistemdeki tüm anomali noktalarını yakalamaktır. Bu yüzden, normal olabilecek birkaç noktayı anormal (yanlış pozitif) olarak belirlemek, bir anomaliyi (gerçek negatif) yakalamayı kaçırmaktan daha iyidir. Bu çalışmadaki anomali tespiti akışı Şekil 4'te özetlenmiştir.



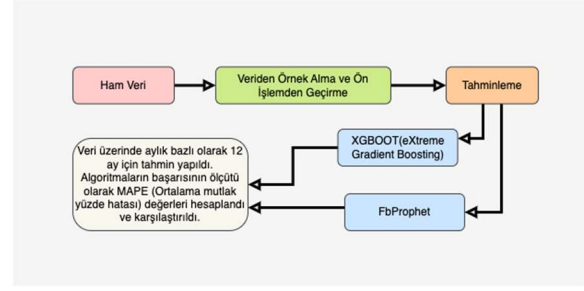
Şekil 4. Çalışmadaki anomali tespiti akışı

### 2.6.2. Tahmiledede (forecasting) kullanılan yapılar

Çalışma kapsamında yapılan tahminlemenin ileriye dönük olması hedeflenmiştir. Her sayac üzerinden ayrı ayrı modelleme yapılmıştır. FbProphet ile geçmişe yönelik tahminlemeler yapmak mümkün olduğundan anomali tespitinde değerlendirmenin yanında, zaman serisinin mevsimsellik kalıplarını başarılı bir şekilde tespit edebildiğinden ileriye yönelik tahmin yapabilmektedir. Bu çalışmada her sayacın ileriye

yönelik bir aylık değeri tahmin edilmiştir. Buradaki başarı geçmişe yönelik yapılan tahmin değerlerinin başarısına göre yorumlanmıştır. En iyi modelin seçilmesinde ortalama tahmin hata (MAPE) çıktısına göre hiper parametreler belirlenmiştir.

XGBoost algoritması ile tahminleme için belirli bir 102 aylık veri kümesinden 12 aylık kısmı test için kullanılmıştır. Her sayaç üzerinden ayrı ayrı modelleme yapılarak MAPE çıktısına göre hiper parametreler belirlenmiştir. Bu algoritma ile FbProphet'a benzer ileriye dönük her sayaç için bir aylık değer tahmin edilmiştir. Bu iki algoritmanın başarımlarını karşılaştırılması MAPE değerleri üzerinden yorumlanmıştır. Bu yapıların uygulanmasının akışı şekil 5'te özetlenmiştir.

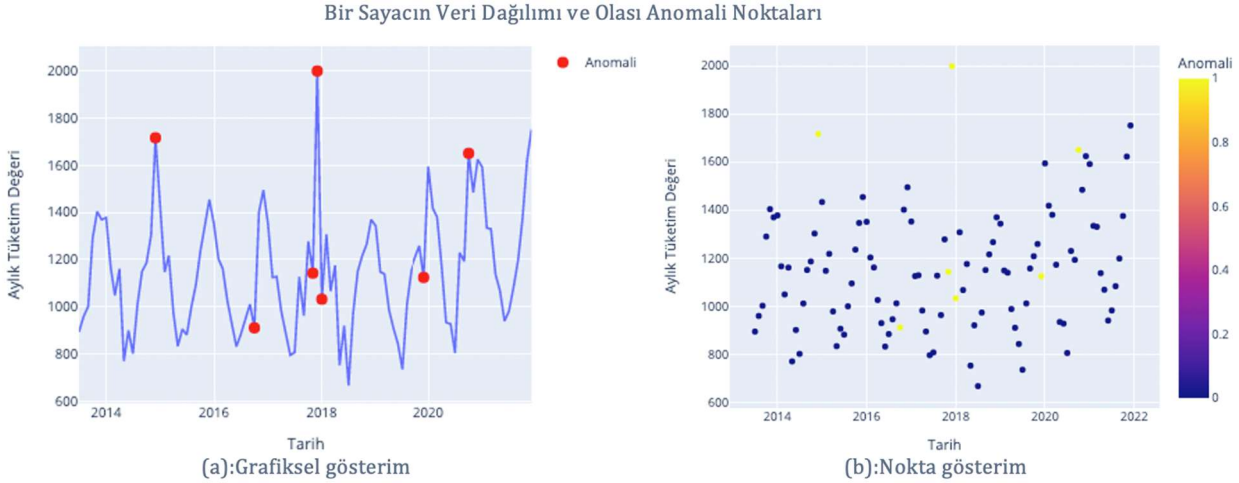


Şekil 5. Bu çalışmada kullanılan veri üzerinde tahminleme akışı

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Anomali Tespiti ile İlgili Bulgular

Bu çalışmada her sayaç için FbProphet, LOF ve IF ile ayrı ayrı anomali tespiti çalışması yapılmıştır. Genel bir sayaca ait *Scikit-learn* altında bulunan *LOF* verilerin dağılımı ve olası anomali noktalarını belirten grafik Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Bir sayaca ait veri dağılımı ve olası anomali noktaları

Tablo 3'te anomali tespiti için bu çalışmada kullanılan algoritmaların hiper parametrelerin listesi gösterilmiştir.

Tablo 3. Anomali için kullanılan algoritmaların hiper parametre listesi

Algoritma	Parametre	Atanan Değer
LOF	k	12
	distance function	minkowski
	Kontaminasyon (Contamination) değeri	auto
	novelty	False
IF	iTrees Sayısı	12
	Kontaminasyon (Contamination) değeri	auto
	n_estimators	12
FbProphet	interval_width	0.90
	yearly_seasonality	True
	weekly_seasonality	False
	daily_seasonality	False
	seasonality_prior_scale	0.1
	freq	MS
	periods	1

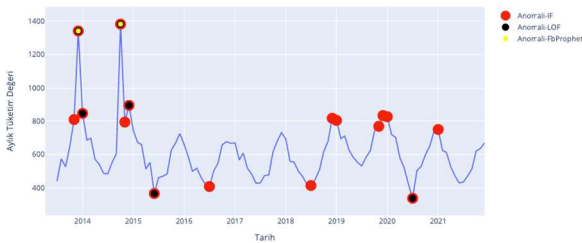
Tablo 4'te görüldüğü gibi her bir yöntem, farklı sayıda anomali noktası belirlemiştir. LOF ve IF algoritma yaklaşımlarına göre anomali olarak belirlenen noktalara skor(score) yapısını da sunmaktadır.

**Tablo 4.** Kullanılan yaklaşımların anomali çıktıları

Sayaç	Toplam Örnek Sayısı	FbProphet - Anomali nokta sayısı	LOF- Anomali nokta sayısı	IF-Anomali nokta sayısı
Sayaç_1	102	6	5	11
Sayaç_2	102	8	4	25
Sayaç_3	102	4	8	18
Sayaç_4	102	7	8	10
Sayaç_5	102	8	9	18
Sayaç_6	102	6	7	12
Sayaç_7	102	2	6	14
Sayaç_8	102	5	5	12
Sayaç_9	102	14	12	23
Sayaç_10	102	8	7	17
Sayaç_11	102	6	7	10
Sayaç_12	102	6	5	16
Sayaç_13	102	3	6	16
Sayaç_14	102	5	10	14
Sayaç_15	102	7	9	23
Sayaç_16	102	5	5	18
Sayaç_17	102	6	13	22
Sayaç_18	102	11	7	20
Sayaç_19	102	8	5	17
Sayaç_20	102	12	13	25
Sayaç_21	102	8	9	26
Sayaç_22	102	7	7	20
Sayaç_23	102	2	8	10
Sayaç_24	102	4	5	21
Sayaç_25	102	4	7	14
Toplam	2550	162	187	432
Ortalama Anomali sayısı	2550	%6.3	%7.3	%16.9

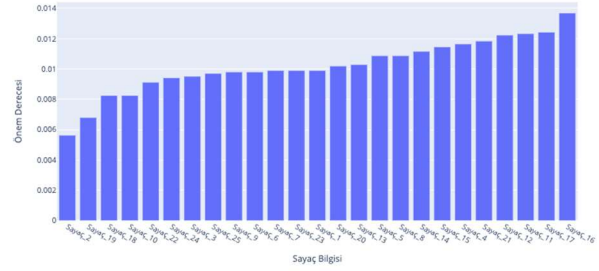
Şekil 7'de görüldüğü üzere LOF, Isolation Forest ve FbProphet algoritmalarıyla örnek aynı sayaç numarası (Sayaç\_13) ile bakıldığında benzer şekilde olası üç anomali noktalarının tespit edilebildikleri gözlemlenmiştir. LOF ve IF çıktılarını skor sonuçları ile değerlendirilebileceği gibi FbProphet yöntemi ile de tespit edilen noktaların önem derecesi Şekil 8'deki gibi belirlenebilir.

Bir akıllı sayaç (sayaç\_13) için FbProphet/LOF/IF ile aylık tüketim değeri bazında anomali tespiti



**Şekil 7.** Bir akıllı sayaç (sayaç\_13) için FbProphet/LOF/IF ile aylık tüketim değeri bazında anomali tespiti

Kullanılan Akıllı Sayaçların FbProphet ile Ortalama Olarak Anomali Önemi



**Şekil 8.** Kullanılan akıllı sayaçların FbProphet ile ortalama olarak anomali önemi

### 3.2. Tahminleme ile ilgili Bulgular

FbProphet ile XGBoost algoritmalarının uygulaması sonucunda hesaplanan MAPE değerleri ve uygulanan sayaç verisinin bilgisi Tablo 5'te belirtilmiştir.

**Tablo 5.** FbProphet ve XGBoost'nin MAPE değeri ile karşılaştırması

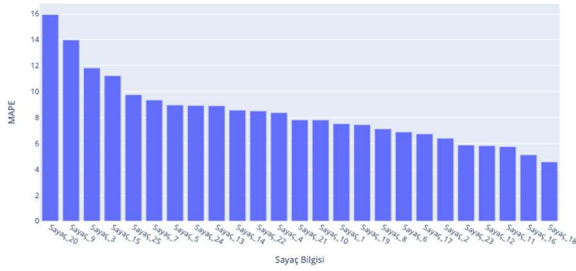
Algoritma	Veri Kümesi Kapsamı (sayaç sayısı 25)	MAPE (Tüm sayaçların ortalaması )
FbProphet	Her sayaçın 102 aylık girdisi var	%8.37



XGBoost	Her sayacın 102 aylık girdisi var	%11.10
---------	-----------------------------------	--------

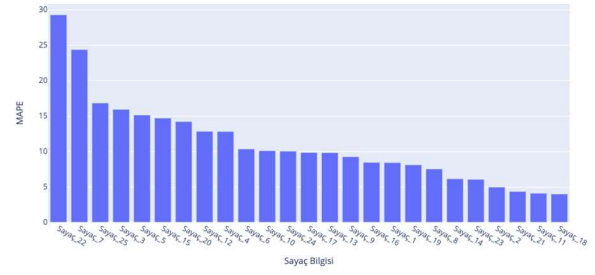
Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterilen hata metriği MAPE değeri 25 sayaç için ayrı ayrı hesaplanmıştır. MAPE değerlerinin gösterimi sayaçların toplam 102 aylık değerlerinin işleme alınması ile elde edilmiştir. Görüldüğü gibi FbProphet, XGBoost algoritmasına göre önemli derecede daha başarılı tahminler yapmaktadır.

Kullanılan Akıllı Sayaçlar Bazında FbProphet ile 12 Aylık Tüketim Değeri Tahmininde MAPE Değeri Karşılaştırılması



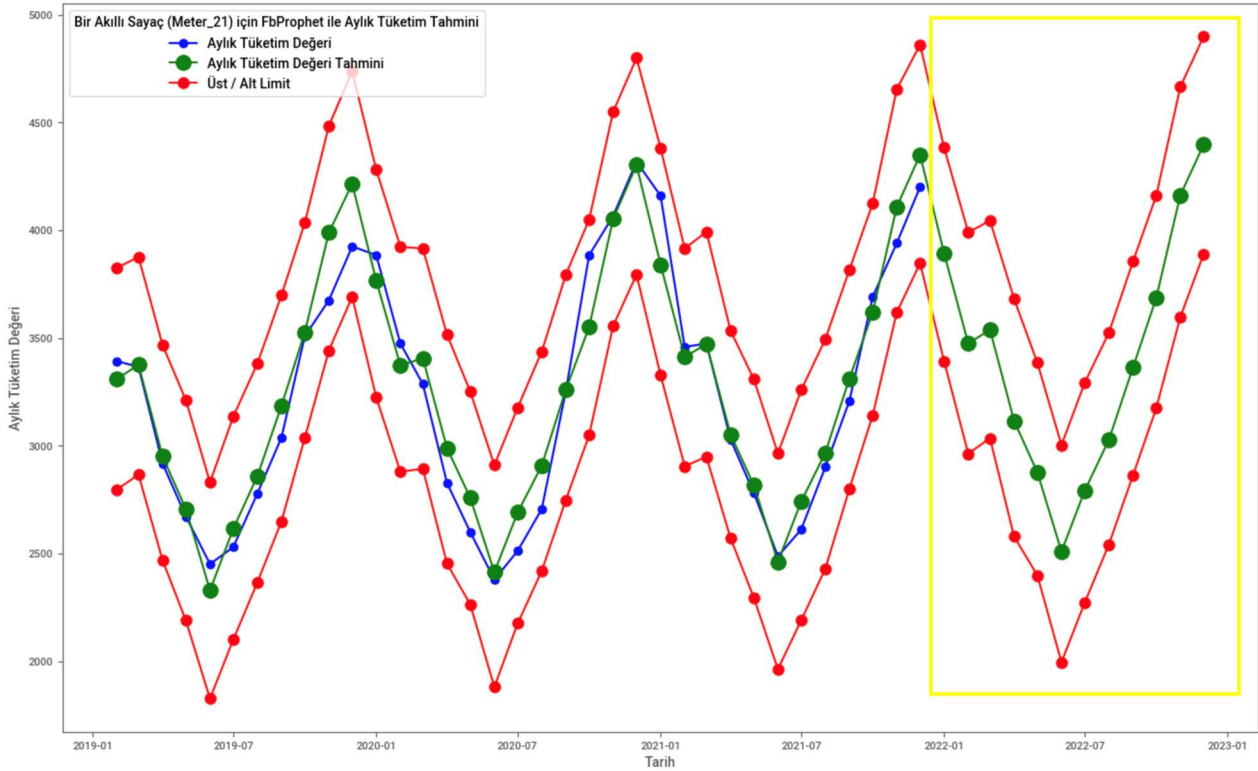
**Şekil 9.** Kullanılan akıllı sayaçlar bazında FbPorphet ile 12 aylık tüketim değeri tahmininde MAPE değeri karşılaştırılması

Kullanılan Akıllı Sayaçlar Bazında XGBoost ile 12 Aylık Tüketim Değeri Tahmininde MAPE Değeri Karşılaştırılması

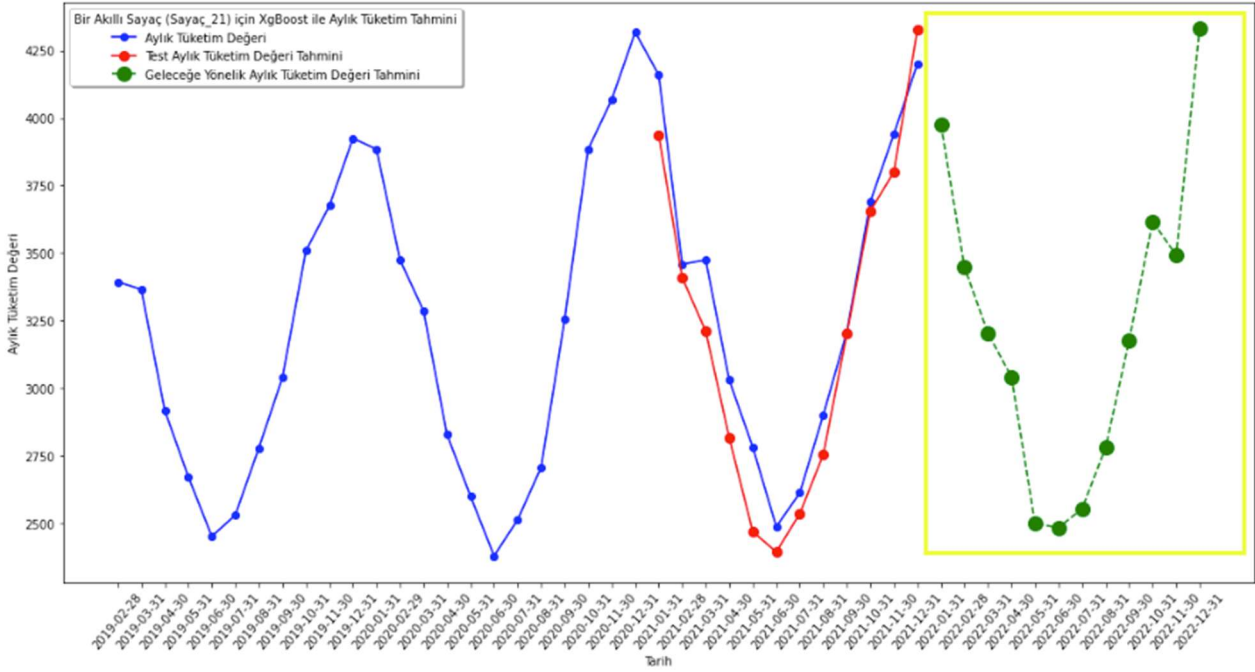


**Şekil 10.** Kullanılan akıllı sayaçlar bazında XGBoost ile 12 aylık tüketim değeri tahmininde MAPE değeri karşılaştırılması

Şekil 11 ve Şekil 12'de FbProphet ile XGBoost algoritmasının bir sayaç için tüketim değerinin tahminleri görselleştirilmiştir. Sarı şekilde belirtilen değerler her bir algoritmanın ileriye dönük 12 ay için tahmin ettiği tüketim değerini belirtmektedir. Her iki metot ile elde edilen tahmin değerlerin karşılaştırılması Tablo 6'da yapılmıştır.



**Şekil 11.** Bir akıllı sayaç için fbprophet ile aylık tüketim tahmini



**Şekil 12.** Bir akıllı sayaç için xgboost ile aylık tüketim tahmini

**Tablo 6.** FbProphet ve XGBoost ile elde edilen tahmin değerleri karşılaştırılması

Tarih	FbProphet ile Aylık Tüketim Değeri Tahmini	XGBoost ile Aylık Tüketim Değeri Tahmini
2022-01-31	3891.9	3976.0
2022-02-31	3474.5	3448.0
2022-03-31	3538.3	3203.0
2022-04-31	3115.3	3041.0
2022-05-31	2875.8	2498.0
2022-06-31	2509.0	2483.0
2022-07-31	2792.0	2553.0
2022-08-31	3027.3	2779.0
2022-09-31	3362.7	3175.0
2022-10-31	3686.7	3617.0
2022-11-31	4163.3	3492.0
2022-12-31	4397.4	4333.0

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, akıllı sayaçlarla ölçülen aylık tüketim değerlerine dayalı olarak enerji tüketimindeki olası anomalilerin tespit edilmesi ve farklı makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak tüketimin tahmin edilmesine odaklanılmıştır. Çalışmada önerilen model ile enerji sektöründe

faaliyet gösteren dağıtım şirketlerinin olası finansal kayıpları en aza indirmesine, enerji kayıplarını önlemesine ve diğer olumsuz etkileri azaltmasına yardımcı olunması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada zaman serilerini içeren sayaç verilerinde anomali noktalarının tespit edilmesi için önerdiğimiz FbProphet, IF ve LOF olmak üzere 3 farklı yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemlerin her biri uç noktaları başarıyla bulabilmektedir. Anomali tespitinde temel amaç anormal noktaların normal olarak etiketlenmemesidir. Bu süreçte bazı normal noktaların anomali olarak etiketlenmesi sorun teşkil etmemektedir. Bu gibi noktaları bir eşik (threshold) değeri ile söz konusu metotlar kullanılarak filtrelemek mümkündür. IF algoritması başarılı sonuçlar vermesine rağmen hesaplama karmaşıklığı yüksektir ve bu nedenle büyük veri kümeleri için çok önerilmemektedir. Tespit edilen anomalilerle ilgili aksiyon almayı kolaylaştırmak ve doğru önceliklendirme yapabilmek adına her bir anomali için bir önem derecesi ve skor değeri hesaplanmıştır. Önceliklendirmeye göre bir alarm sistemi ve raporlama sistemi kurulması da mümkündür. Burada ileriki çalışmalarda veriyi çevresel faktörlerin etkisi ile zenginleştirip değerlendirmek ya da elde edilen yeni etiketli veri ile gelecekteki anomalileri başarılı bir şekilde bulabilmek için sınıflandırma yöntemleri gibi uygun metotları bu çalışmanın çıktısı üzerinde uygulamak mümkün olacaktır.

Çalışmada anomalinin yanında ileriye yönelik tahminler de yapılmıştır. Burada popüler olan iki yöntem uygulanmıştır. Kurulan metotların başarısını ölçmek için, literatürde sıklıkla kullanılan

hata metriklerinden biri olan MAPE kullanılarak model doğruluğu skorları değerlendirilmiştir. Tüm sayaçların ortalaması olarak FbProphet kütüphanesi MAPE değerini %8 ve XGBoost algoritması da %11 olarak hesaplamıştır. Burada enerji sektöründe genel aydınlatma sayaç verisi olan zaman serileri üzerinde FbProphet yönteminin ortalama olarak en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, FbProphet kütüphanesi ve scikit-learn kütüphanesinin IF ve LOF algoritmalarının olası anomali noktalarını başarılı bir şekilde tespit ettiği ve tahminleme için FbProphet'in başarı olarak XGBoost algoritmasından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

### BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Bu çalışma süreci boyunca gösterdikleri yardım ve desteklerden dolayı GTech (G Teknoloji Bilişim San. Tic. A.Ş.) şirketindeki Büyük Veri ve Analitik ekibinin değerli desteklerine teşekkür ederiz.

### KAYNAKÇA

Alfares, H.K. ve Nazeeruddin, M. (2010). Electric Load Forecasting: Literature Survey and Classification of Methods, *International Journal of Systems Science*, 33, 23-34. Doi: 10.1080/00207720110067421

Al-Ghaili, M.A., Ibrahim, Z.A., Hairi, S.A.S.S., Rahim, F.A., Baskaran, H., Ariffin, N.A.M., ve Kasim, H. (2021). A Review of Anomaly Detection Techniques in Advanced Metering Infrastructure, *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 10(1), 266-273. Doi: 10.11591/eei.v10i1.2026

Breunig, M.M., Kriegel, H., Ng, R.T., ve Sander, J. (2000). Lof: Identifying Density-Based Local Outliers, *Acm Sigmod Record*, 29(2), 93-104. <https://doi.org/10.1145/335191.335388>

Bansal, A., Rompikuntla, S.K., Gopinadhan, J., Kaur, A., ve Kazi, Z.A. (2015). Energy Consumption Forecasting For Smart Meters, ArXiv abs/1512.05979, Cornell university. Elsevier.

Braei, M. (2019). Anomaly Detection of Time series: A Comparison of Statistical vs Classical Machine Learning vs Deep Learning Approaches, *Master Thesis in The Department of Computer Science, Kauschke, Technical University Of Darmstadt*. Doi: 10.13140/rg.2.2.17687.80801

Braei M., ve Wagner S. (2020). Anomaly Detection In Univariate Time-Series: A Survey on The State-Of-The-Art, *Cornell University*, <https://doi.org/10.48550/arxiv.2004.00433>

Borges, H., Akbarinia, R., ve Massegia, F. (2021). Anomaly Detection in Time Series, *Transactions On Large-Scale Data-and Knowledge-Centered Systems L, Lecture Notes in Computer Science*, 12930, 46-62.

Cook, A., Mısırlı, G., ve Fan, Z. (2020). Anomaly Detection For Iot Time-Series Data: A Survey, *IEEE Internet Of Things Journal*, 7 (7), 6481 - 6494. Doi: 10.1109/jiot.2019.2958185

Chandola, V., Banerjee, A., ve Kumar, V. (2009). Anomaly Detection: A Survey, *Acm Computing Surveys*, 41(3), 1-58. <https://doi.org/10.1145/1541880.1541882>

Chen, T., ve Guestrin C. (2016). Xgboost: A Scalable Tree Boosting System, *arXiv:1603.02754*.

Cheng, Z., Zou, C., ve Dong, J. (2019). Outlier detection using isolation forest and local outlier factor. In *Proceedings of the Conference on Research in Adaptive and Convergent Systems*, 161-168. <https://doi.org/10.1145/3338840.3355641>

Domingues, R., Filippone, M., Michiardi, P., ve Zouaoui, J. (2017). A Comparative Evaluation Of Outlier Detection Algorithms: Experiments And Analyses, *Pattern Recognition*, 74, 406-421. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2017.09.037>

Fang, Z., Yang, S., Lv, C., An, S., ve Wu, W. (2022). Application of a Data-Driven Xgboost Model For The Prediction of Covid-19 in The Usa: A Time-Series Study, *BMJ Open*, 12:e056685. Doi: 10.1136/Bmjopen-2021-056685

Falcão, F., Santos, A., Zoppi, T., Fonseca, B., Bondavalli, A., Silva ,C.B.V., ve Ceccarelli,A. (2019). Quantitative Comparison of Unsupervised Anomaly Detection Algorithms For Intrusion Detection, *Sac '19: Proceedings Of The 34th Acm/Sigapp Symposium On Applied Computing*, 318-327.

Goldstein, M. ve Uchida, S. (2016). A Comparative Evaluation of Unsupervised Anomaly Detection Algorithms for Multivariate Data, *Plos One*, 11(4), E0152173.

- İşyapar, M.T. (2013). Classification of Electricity Customers Based On Real Consumption Values Using Data Mining And Machine Learning Techniques And Its Corresponding Applications, *M.Sc. thesis*, Middle East Technical University, M.Sc., Department Of Computer Engineering.  
<http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12616261/index.pdf>.
- Jha, B.K., ve Pande, S. (2021). Time Series Forecasting Model For Supermarket Sales Using Fb-Prophet, *5th International Conference On Computing Methodologies And Communication*, Isbn:978-1-6654-0360-3.
- Liu, F.T., Ting, K.M., ve Zhou, Z. (2008). Isolation Forest, *IEEE International Conference On Data Mining*, Electronic Issn: 2374-8486,15-19. doi: 10.1109/icdm.2008.17
- Liu, F.T., Ting, K.M. ve Zhou, Z. (2012). Isolation-Based Anomaly Detection, *Acm Transactions On Knowledge Discovery From Data*, 6(1), 1–39. <https://doi.org/10.1145/2133360.2133363>
- Maatug, F. (2021). Anomaly Detection Of Smart Meter Data, *Master's Thesis, University of Stavanger, Faculty of Science And Technology Department of Electrical Engineering and Computer Science*.
- Nakayama, K. ve Sharma, R. (2017). Energy Management Systems with Intelligent Anomaly Detection and Prediction, *Published in: 2017 Resilience Week (Rws)*, 24-29.
- Resulaj R. (2019). Smart Meter Based Load Forecasting For Residential Customers Using Machine Learning Algorithms, *Master's Thesis*, University of Stavanger, Faculty of Science and Technology.
- Schmid, S., Wenig, P., and Papenbrock, T. (2022). Anomaly Detection in Time Series: A Comprehensive Evaluation, *Proceedings of the Vldb Endowment*, 15(9), 1779–1797. <https://doi.org/10.14778/3538598.3538602>
- Shaukat, K., Alam, T.M., Luo, S., Shabbir, S., Hameed, I.A., Li, J., Abbas, S.K., and Javed, U. (2021). A Review of Time-Series Anomaly Detection Techniques: A Step To Future Perspectives. In: *Arai, K. (Eds) Advances In Information And Communication*. 1363, Springer, Cham. 13 pages.
- [https://doi.org/10.1007/978-3-030-73100-7\\_60](https://doi.org/10.1007/978-3-030-73100-7_60)
- Tajraq, F.G. (2020). Electricity Consumption Forecasting Of Turkey Using recurrent Neural Networks, *Master Thesis*, Istanbul Technical University, Informatics Institute, Department of Informatics Applications.
- Vitale, F. (2021). Run-Time Anomaly Detection With Process Mining: Methodology and Railway System Compliance Case-Study, *Master Thesis*, Linnaeus University, Faculty Of Technology, Department Of Computer Science And Media Technology.
- Vafeiadis, T., Alexiadis, A., Dimaridou, V., Krinidis, S., Kitsikoudis, K., Makris, L., Davidović, D., Ioannidis, D., ve Tzovaras, D. (2019). Anomaly Detection In Smart Meters, *14 Th Conference Of Slovenian Electrical Power Engineers*, 6-08.
- Zhang, J.E., Wu, D., ve Boulet, B. (2021). Time Series Anomaly Detection For Smart Grids: A Survey, *Ieee Canadian Electrical Power And Energy Conference (Epec2021)*.
- Zhu, Z. (2022). Anomaly Detection over Time Series Data, Preprints, 2022070407, Doi: 10.20944/preprints202207.0407.v1.
- Yu,E., Wei, H., Han, Y., Hu ,P., ve Xu, G. (2021). Application Of Time Series Prediction Techniques For Coastal Bridge Engineering, *Advances in Bridge Engineering*. 6. <https://doi.org/10.1186/s43251-020-00025-4>
- Qin ,Y., ve Lou, Y. (2019). Hydrological Time Series Anomaly Pattern Detection Based on Isolation Forest, *IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic And Automation Control Conference*, 15-17.
- URL-1: <https://www.toroslaredas.com.tr/yasal-bildirim/aydinlatma-tuketim-bilgileri>  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-2: <https://www.sedas.com/tr-tr/DagitimHizmetleri/Pages/Genel-Aydinlatma.aspx>  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-3: <https://www.firatedas.com.tr/BilgiDanisma/GenelAydinlatmaTutarlari?id=1010>  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]

- URL-4: <https://www.baskentedas.com.tr/yasal-bildirim/aydinlatma-tuketim-bilgileri>  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-5: <https://www.kcetas.com.tr/genel-aydinlatma/>  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-6: <https://www.cedas.com.tr/tr/sayfalar/206/aydinlatma-tutarlari-ve-komisyon-kararlari>  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-7: <https://www.ayedas.com.tr/yasal-bildirim/aydinlatma-tuketim-bilgileri#>  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-8: [https://www.tedas.gov.tr/#!dagitim\\_srkt](https://www.tedas.gov.tr/#!dagitim_srkt)  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-9: <http://www.tredas.com.tr/icerik/genel-aydinlatma-bilgileri-165>  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-10: <https://www.ayedas.com.tr/yasal-bildirim/ticari-kalite>  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-11: <https://www.meramedas.com.tr/tr/2022-13.html#detay>  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-12: [https://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_tarifeler\\_1](https://www.tedas.gov.tr/#!tedas_tarifeler_1)  
[Erişim Tarihi: 15.01.2022]
- URL-13: [https://scikit-learn.org/stable/modules/outlier\\_detection.html](https://scikit-learn.org/stable/modules/outlier_detection.html)  
[Erişim Tarihi: 12.20.2022]
- URL-14: <https://xgboost.readthedocs.io/en/stable/index.html#>  
[Erişim Tarihi: 12.20.2022]
- URL-15: [https://facebook.github.io/prophet/docs/quick\\_start.html#python-api](https://facebook.github.io/prophet/docs/quick_start.html#python-api), OpenSource  
Facebook Fbprophet, 2021  
[Erişim Tarihi: 12.20.2022]