

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

YOĞUN BAKIM HASTALARININ FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON UYGULAMALARI  
İÇİN YAPAY ZEKÂ TABANLI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Aleyna YILMAZ

HAZİRAN 2024  
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**YOĞUN BAKIM HASTALARININ FİZİYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON  
UYGULAMALARI İÇİN YAPAY ZEKÂ TABANLI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ**

**Aleyna YILMAZ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**  
**"YÜKSEK LİSANS (İSTATİSTİK)"**  
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 / 05 / 2024**

**Tezin Savunma Tarihi : 11 / 06 / 2024**

**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Uğur ŞEVİK**

**Trabzon 2024**

## ÖNSÖZ

“Yoğun Bakım Hastalarının Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Uygulamaları İçin Yapay Zekâ Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen ve bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Uğur ŞEVİK’e teşekkürü bir borç bilirim. Yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime büyük katkıları bulunan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Oğuzhan KÜÇÜK’e ve Sayın Tuğba SİYAH’a saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime büyük katkıları bulunan saygıdeğer hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tolga BERBER, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Eda ÖZKUL ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özge TEZEL’E, eğitim öğretim hayatımda katkısı olan tüm hocalarıma ve tez çalışması süresinde de hiçbir yardımdan kaçınmayan arkadaşlarım Arş. Gör. Buket Nur ALTUN’na ve Arş. Gör. Beyzanur SİYAH’a teşekkür ederim. Tez çalışması sürecinde bana desteklerini esirgemeyen Bilgisayar Bilimleri Bölümü’ndeki tüm değerli hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Sevgili dostum, Halime ABANOZ’a her zaman yanımda ve destekçim olduğu için teşekkür ederim.

Son olarak, doğduğum günden beri elimi hiç bırakmayan, hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve her kararımda arkamda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan annem Ayşe YILMAZ ve babam Sezgin YILMAZ’a, kardeşlerim Çağla YILMAZ ve evimizin en miniği Ahmet Eymen YILMAZ’a teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Aleyna YILMAZ

Trabzon 2024

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yoğun Bakım Hastalarının Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Uygulamaları İçin Yapay Zekâ Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Uğur ŞEVİK’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri KTÜ Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Yoğun Bakım Bölümü Yetkilileri izniyle toplandığını, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 11/06/2024

Aleyna YILMAZ



## İÇİNDEKİLER

|                                                              | <u>Sayfa No</u> |
|--------------------------------------------------------------|-----------------|
| ÖNSÖZ .....                                                  | III             |
| TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....                                    | IV              |
| İÇİNDEKİLER.....                                             | V               |
| ÖZET .....                                                   | VII             |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                        | IX              |
| TABLolar DİZİNİ.....                                         | XI              |
| SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                        | XII             |
| 1. GENEL BİLGİLER .....                                      | 1               |
| 1.1. Literatür Taraması .....                                | 3               |
| 1.2. Yoğun Bakım Ünitesi (YBÜ).....                          | 7               |
| 1.3. Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon .....                    | 8               |
| 1.4. Fizik Tedavi Yöntemleri .....                           | 8               |
| 1.4.1. Egzersiz .....                                        | 8               |
| 1.4.2. Manuel Terapi .....                                   | 9               |
| 1.4.3. Elektroterapi.....                                    | 9               |
| 1.4.4. Termoterapi .....                                     | 10              |
| 1.4.5. Hidroterapi .....                                     | 10              |
| 1.5. Yapay Zekâ.....                                         | 10              |
| 1.6. Makine Öğrenmesi .....                                  | 11              |
| 1.6.1. Denetimli Öğrenme .....                               | 12              |
| 1.6.2. Denetimsiz Öğrenme.....                               | 13              |
| 1.6.3. Yarı Denetimli Öğrenme.....                           | 14              |
| 1.6.4. Takviyeli Öğrenme.....                                | 14              |
| 1.7. Çalışmada Kullanılacak Makine Öğrenmesi Yöntemleri..... | 15              |
| 1.7.1. Karar Ağaçları.....                                   | 15              |
| 1.7.2. Gradyan Artırma (Gradient Boosting) .....             | 23              |
| 1.7.3. XGBoost Algoritması .....                             | 25              |
| 1.7.4. CatBoost Algoritması.....                             | 27              |
| 1.7.5. LightGBM Algoritması.....                             | 28              |
| 1.7.6. Rastgele Orman Algoritması (Random Forest).....       | 31              |

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1.7.7. K-En Yakın Komşu Algoritması (K-Nearest Neighbors).....      | 33 |
| 1.7.8. Destek Vektör Makineleri (SVM - Support Vector Machine)..... | 36 |
| 1.7.9. Naive Bayes .....                                            | 38 |
| 1.7.10. Lojistik Regresyon .....                                    | 38 |
| 1.8. Model Performans Değerlendirme Ölçütleri .....                 | 39 |
| 1.9. Boosting Algoritmalarının Karşılaştırılması .....              | 41 |
| 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....                                          | 45 |
| 3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....                                        | 55 |
| 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....                                        | 71 |
| 5. KAYNAKLAR .....                                                  | 74 |
| 6. EKLER.....                                                       | 83 |
| ÖZGEÇMİŞ                                                            |    |

Yüksek Lisans

## ÖZET

### YOĞUN BAKIM HASTALARININ FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON UYGULAMALARI İÇİN YAPAY ZEKÂ TABANLI BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ

Aleyna YILMAZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Uğur ŞEVİK  
2024, 91 Sayfa, 9 Sayfa Ek

Günümüzde yapay zekâ sağlık hizmetleri de dahil olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Sağlık hizmetleri alanında yapay zekâ kullanımı ile hastalar için en kısa sürede ve doğru teşhislerin koyularak tedavinin başlaması ve doğru tedavilerin yapılmasıyla sürecin en etkin şekilde ilerlemesi hedeflenmektedir. Yoğun bakım ünitelerinde çalışmakta olan sağlık personellerinin önemli bir bölümünü fizyoterapistler oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, yoğun bakım ünitelerinde yatmakta olan hastalara ait veriler kullanılarak fizyoterapistlerin daha etkin ve hızlı tedavi yöntemini seçmelerini sağlamak amacıyla hastalardan alınan verilerle yapılan analizler sonucunda bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. KTÜ Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi'nde yatmakta olan 56 hastaya ait veriler kullanılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda yüzde 85-95 düzeyinde performans elde edilmiştir. Geliştirilen bu sistemin sağlık alanında yapay zekâ uygulamalarına bir yenilik getirerek fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında çalışan sağlık personellerine kolaylık getirmesi sağlanacaktır. Ayrıca bu sistemin geliştirilmesiyle birlikte diğer sağlık çalışanlarına da yardımcı olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Yapay zekâ, Makine öğrenmesi, Fizyoterapi, Rehabilitasyon Uygulamaları, Yoğun Bakım, Sağlık Hizmetleri*

Master Thesis

## SUMMARY

### AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED DECISION SUPPORT SYSTEM FOR PHYSIOTHERAPY AND REHABILITATION PRACTICES OF INTENSIVE CARE PATIENTS

Aleyna YILMAZ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Statistics and Computer Sciences Graduate Program  
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Uğur ŞEVİK  
2024, 91 Pages, 9 Pages Appendix

Currently, artificial intelligence is widely employed across various domains, including the healthcare sector. The utilization of artificial intelligence in the realm of healthcare aims to promptly initiate therapy for patients by accurately diagnosing their conditions and thereafter facilitating the most effective treatment procedures. Physiotherapists play a crucial role in the healthcare team that operates in intensive care units.

This work involved the development of a decision support system based on analyses of patient data. The goal was to assist physiotherapists in selecting a treatment strategy that is both more effective and faster. The system utilizes data from patients who are hospitalized in intensive care units. Data from 56 hospitalized patients in the KTU Faculty of Medicine's Chest Diseases Intensive Care Unit were utilised.

The studies produced performance results of 85–95 percent. This developed system is intended to introduce an innovation in artificial intelligence applications in healthcare, providing convenience to healthcare professionals working in the field of physiotherapy and rehabilitation. Furthermore, the advancement of this technology is expected to benefit other healthcare practitioners.

**Key Words:** *Artificial Intelligence, Machine Learning, Physiotherapy, Rehabilitation Applications, Intensive Care, Healthcare*

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                         | <u>Sayfa No</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 1. Tez akış şeması .....                                                          | 3               |
| Şekil 2. Makine öğrenmesi yöntemleri .....                                              | 12              |
| Şekil 3. Denetimli öğrenme yapısı .....                                                 | 13              |
| Şekil 4. Takviyeli öğrenme yapısı .....                                                 | 15              |
| Şekil 5. Karar Ağacı algoritma yapısı .....                                             | 16              |
| Şekil 6. Torbalama algoritma yapısı .....                                               | 19              |
| Şekil 7. Güçlendirme algoritma adımları .....                                           | 20              |
| Şekil 8. Gradyan artırma yapısı (Deng vd., 2021) .....                                  | 24              |
| Şekil 9. XGboost algoritma yapısı (Ma vd., 2021) .....                                  | 26              |
| Şekil 10. CatBoost algoritma yapısı (Yang vd., 2023). .....                             | 27              |
| Şekil 11. Histogram tabanlı karar ağacı yapısı (Liang vd., 2020) .....                  | 29              |
| Şekil 12. Ağaç büyüme adımları (Chen vd., 2019) .....                                   | 30              |
| Şekil 13. Rastgele orman algoritma yapısı .....                                         | 32              |
| Şekil 14. KNN algoritma yapısı .....                                                    | 34              |
| Şekil 15. Öklid uzaklığı .....                                                          | 34              |
| Şekil 16. Değişkenlere ait saçılım grafiği .....                                        | 37              |
| Şekil 17. SVM algoritması .....                                                         | 37              |
| Şekil 18. Karışıklık matrisi .....                                                      | 40              |
| Şekil 19. Tarihsel gelişim .....                                                        | 42              |
| Şekil 20. Yaş grafiği .....                                                             | 50              |
| Şekil 21. Çalışmadaki hastaların cinsiyet dağılımı .....                                | 51              |
| Şekil 22. Rehabilitasyon öneri durumu .....                                             | 52              |
| Şekil 23. Uzman doktor görüşü için karşılaştırma .....                                  | 53              |
| Şekil 24. Model performansı metrikleri karşılaştırması 1. grup .....                    | 57              |
| Şekil 25. Farklı yöntemler için performans değerlendirme metrikleri 1. grup .....       | 58              |
| Şekil 26. Model performansı metrikleri karşılaştırması 2. grup .....                    | 60              |
| Şekil 27. Model performansı metrikleri karşılaştırması 2. grup-devamı .....             | 61              |
| Şekil 28. Farklı yöntemler için performans değerlendirme metrikleri 2. grup .....       | 62              |
| Şekil 29. Farklı yöntemler için performans değerlendirme metrikleri 2. grup-devam ..... | 62              |
| Şekil 30. XGBoost algoritması için karışıklık matrisi .....                             | 63              |

|           |                                                             |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 31. | CatBoost algoritması için karışıklık matrisi .....          | 64 |
| Şekil 32. | LightGBM algoritması için karışıklık matrisi .....          | 64 |
| Şekil 33. | Karar Ağacı algoritması için karışıklık matrisi .....       | 65 |
| Şekil 34. | Rastgele Orman algoritması için karışıklık matrisi .....    | 66 |
| Şekil 35. | KNN algoritması için karışıklık matrisi .....               | 66 |
| Şekil 36. | SVM algoritması için karışıklık matrisi .....               | 67 |
| Şekil 37. | Naive Bayes algoritması için karışıklık matrisi.....        | 67 |
| Şekil 38. | Lojistik Regresyon algoritması için karışıklık matrisi..... | 68 |
| Şekil 39. | Karar ağacı modeli.....                                     | 69 |



## TABLÖLAR DİZİNİ

|                                                                                | <b><u>Sayfa No</u></b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Tablo 1. Çalışmada kullanılan değişkenler .....                                | 47                     |
| Tablo 2. Hastalar için ID'lerin tanımlanması.....                              | 49                     |
| Tablo 3. Farklı yöntemlere göre model performansı karşılaştırması 1. grup..... | 56                     |
| Tablo 4. Farklı yöntemlere göre model performansı karşılaştırması 2. grup..... | 60                     |



## SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|              |                                                     |
|--------------|-----------------------------------------------------|
| <i>YBÜ</i>   | : Yoğun Bakım Üniteleri                             |
| <i>KKDS</i>  | : Klinik Karar Destek Sistemleri                    |
| <i>CNN</i>   | : Evrişimli Sinir Ağı                               |
| <i>KA</i>    | : Karar Ağaçları                                    |
| <i>GTTYÖ</i> | : Gradyan Tabanlı Tek Yönlü Örnekleme               |
| <i>ÖDP</i>   | : Özel Değişken Paketleme                           |
| <i>KNN</i>   | : K-En Yakın Komşu Algoritması                      |
| <i>SVM</i>   | : Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine) |



## 1. GENEL BİLGİLER

Günümüzde teknoloji hızlı bir şekilde gelişmekte ve birçok işlemin kolayca yapılmasını sağlamaktadır. Özellikle yapay zekâ teknolojilerinin gelişimi günden güne artış göstermektedir. Yapay zekâ, insanın karar verme kabiliyetinin bilgisayar ortamına aktarılmasını sağlayan teknolojik yöntemler bütünüdür. Yapay zekâ, sesli asistanlar, görüntü işleme, e-ticaret ve pazarlama, öneri sistemleri ve sağlık gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Yapay zekâ, sağlık alanında 1980'li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Tıbbi görüntüleme, erken teşhis ve tedavilerde tıbbi karar verme, ilaç keşfi ve geliştirme, robotik cerrahi, sağlık verilerinin analizi ve tahmin edilmesi, mobil sağlık uygulamaları gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Uzun, 2020).

Sağlık alanında yapay zekâ, hasta teşhis ve tedavilerinde kolaylık sağlamakla birlikte hata riskini azaltmaktadır. Yapay zekâ, sağlığın birçok dalında kullanıldığı gibi fizyoterapi ve rehabilitasyon hizmetlerinde de karar verme süreçlerinde sıkça faydalanan bir alan haline gelmiştir (Akalin & Demirbaş, 2022).

Yoğun bakım üniteleri (YBÜ), teknolojik açıdan gelişmiş birçok ekipmandan oluşmaktadır. Her bir ekipman bireylere daha hızlı ve güvenli tedavi ortamı sağlamak için tedarik edilerek düzenlenmektedir. Yoğun bakımda çalışan sağlık personelleri arasında özel eğitilmiş kişiler yer almakta ve sağlık hizmetlerinden birçok branşa sahip çalışanlar bu ekibin bir parçası olmaktadır. Yoğun bakım personelleri, yoğun bakım doktoru, yoğun bakım hemşiresi, fizyoterapist, yardımcı personeller gibi birçok disiplini bir arada bulundurmaktadır (Şevgin & Ekinalan, 2023).

YBÜ, sürekli değişen koşullarla başa çıkmayı ve ani durumlarda hızlı karar vermeyi gerektirmektedir. Diğer birimlerde olduğu gibi yoğun bakım ünitelerinde de hastaların bilgileri çeşitli tetkiklerle takip edilir ve hastalara ilişkin veriler toplanır. Toplanan veriler analiz edilerek acil durumlar hızlıca tespit edilir. Bu sebeple, yoğun bakımda çalışan sağlık personelleri tedavi için en doğru yöntemi en kısa sürede belirleyebilecek bilgi seviyesine ve teknolojiye sahip olmalıdır.

YBÜ'lerde, genellikle acil ve yoğun tıbbi müdahale gerekmektedir. Bazı durumlarda ünitelere gelen hasta sayıları ünitenin kapasitesinden fazla olabilmekte veya az sayıda hasta olsa bile acil durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bunun yanı sıra aniden gelişen solunum yetmezliği, kalp krizi, beyin kanaması, epileptik nöbetler gibi beklenmedik durumlar bir

anda meydana gelebilmektedir. Bu sebeple, her an için hazırlıklı olunmalı ve gerekli donanım sağlanmalıdır. Bazı durumlarda ise personel sayısındaki eksiklik veya üniteye bulunan personellerde bilgi eksikliği gibi nedenlerle hastalara yetişilemeyebilir veya tedavi yöntemi için karar vermede zorlanılabilir. Yoğun bakım ünitelerinde çalışan personellerin yeterli sayıda olmaması gibi durumlar söz konusu olduğunda Klinik karar destek sistemleri (KKDS) büyük kolaylık sağlamaktadır.

KKDS, hekimlere veya diğer sağlık personellerine hastaların teşhis ve tedavilerinde alınacak kararlarda destek veren programlardır (Özata & Aslan, 2004). Bu programlar hastalığın tespit edilmesi, en uygun tedavi seçeneğinin belirlenmesi, uygulanan tedavinin ilerleyişinin takip edilmesi vb. durumlarda sağlık alanında çalışan personellere yardımcı olmaktadır.

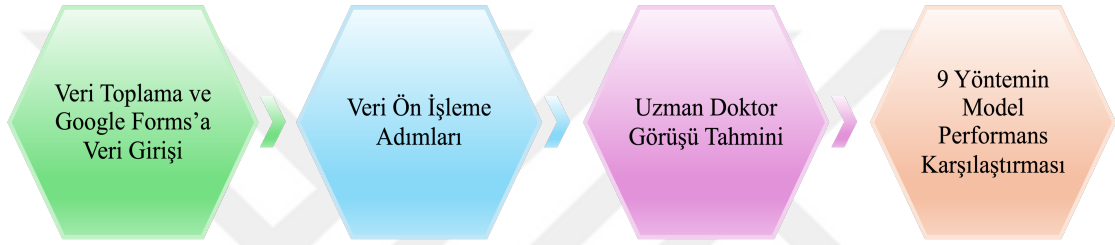
Fizyoterapistler, bireylerin sağlık ihtiyaçlarının karşılanması ve tedavisi sürecinde diğer sağlık çalışanlarıyla iş birliği içerisindeyler (Ravali vd., 2022). Fizyoterapi ve rehabilitasyonun ağrı yönetimi, hastaların hareket kısıtını iyileştirmesi, solunum fonksiyonlarını geliştirmesi, yaşa bağlı hastalıkları iyileştirmesi, stres ve anksiyete azaltımı gibi çeşitli faydaları mevcuttur.

Fizyoterapi ve rehabilitasyon, insanların doğuştan gelen, geçirdikleri herhangi bir kaza sonrası veya geçirilen ameliyatlardan sonrasında insan hareketlerini sınırlayan ve hareket kabiliyetini azaltan hastalıkları tedavi etmektedir. Tedavi aşamasında çeşitli yöntemler kullanılarak hastaların olabilecek en iyi derecede iyileşebilmesi amaçlanmaktadır. Fizyoterapistler, fizik tedavi için hastadan gerekli bilgileri aldıktan sonra hastanın değerlendirmesini yaparak hastanın durumuna göre uygulanacak en uygun tedavi yöntemine ve aşamalarına karar vermektedir.

Fizyoterapistler YBÜ'lerde; iş gücünün az olması, yoğun bakımdaki fizyoterapist sayısının yetersizliği, vardiya sisteminin bulunmaması, zaman kısıtlı olması ve ekip desteğinin eksikliğinden dolayı oluşan engeller gibi pek çok problemle başa çıkmaya çalışmaktadır. Fizyoterapi konusunda farkındalık ve bilgi eksikliği de bu problemler arasında yer almaktadır. (Çakmak vd., 2019). Bu problemler, yoğun bakımda yatmakta olan hastaların optimal, standardize ve kişiselleştirilmiş olarak fizyoterapi ve rehabilitasyon hizmeti almasına engel olmaktadır.

Bu tez kapsamında, yoğun bakımdaki hastaların verileri doğrultusunda çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak fizyoterapistlerin hem daha kısa sürede hem de daha

doğru karar vermelerini kolaylaştırmak amacıyla fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarının modelle tahmin edilmesini sağlayacak bir klinik karar destek sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan sistemle birlikte, hatalı kararlardan doğacak olumsuzlukların önlenmesi, zamanın daha verimli kullanılabilmesi, hastalara eşit şekilde tedavi uygulanabilmesi, doğru tedavi yöntemlerinin en kısa sürede seçilerek tedavinin başlayabilmesi, doğru ilaç tedavisinin uygulanabilmesi gibi daha birçok durumda sağlık personellerine kolaylık ve yenilik sağlanması hedeflenmektedir. Tezin akış şeması Şekil 1'deki gibidir.



Şekil 1. Tez akış şeması

### 1.1. Literatür Taraması

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yapay zekâ ile ilgili uygulamalar fizyoterapi ve rehabilitasyon alanlarında da gelişme göstermesine rağmen literatür incelendiğinde yoğun bakım hastalarının tedavi süreçlerinde yapay zekânın kullanımıyla ilgili çalışmaların kısıtlı olduğu görülmektedir.

Yapay zekâ teknolojisi, fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında hastaların tedavi süreçlerini geliştirerek rehabilitasyon sonuçlarını iyileştirmek için kritik bir araç olarak kullanılabilir. Bu teknoloji, hastaların bireysel ihtiyaçlarını daha iyi anlama ve tedavi planlarını kişiselleştirme konusunda sağlık çalışanlarına yardımcı olabilmektedir. Yapay zekâ, büyük veri analizi yaparak tedavi süreçlerini optimize etmek ve daha etkili sonuçlar üretmek için kullanılabilir. Ayrıca, yapay zekâ hastaların ilerleyişini izleyerek tedavi planı güncellemesi yapılabilmesine de katkı sağlamaktadır. Sonuç olarak, yapay zekâ, fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında kullanılarak hastaların tedavi süreçlerini iyileştirebilir ve aynı zamanda daha etkili ve güvenli tedavilerin yapılmasına olanak sağlayabilir.

Son yıllarda yapay zekânın gelişimiyle sağlık sektörüne birçok yenilik gelmiştir. Bu yenilikler hem sağlık çalışanlarının işini kolaylaştırmakta hem de hastalar için daha hızlı ve iyileştirilmiş tedaviler uygulanmasını sağlamaktadır.

(Pinsky & Dubrawski, 2014), hangi hastanın neden ve ne zaman şok geçirdiğini makine öğrenmesi yöntemlerinden faydalanarak tahmin etmişlerdir. Sağlık personellerine yardımcı olmak için ölçülen fizyolojik değişkenlerin türetilmiş parametrelerinin analizi, şiddet düzeyini belirlemek için hastalık dönemlerinde benzer hastaların fizyolojik verileri teşhis ve tedavilerinden yararlanılmıştır. Bu makine öğrenimi yaklaşımları şu anda kardiyorespiratuar yetmezliğin ve doğrudan odaklı, hastaya özel yöntemin daha erken tanımlanmasını hedeflemektedir.

(Zaman & Li, 2014), tarafından sağlık alanındaki verilerin büyüklüğü dikkate alınarak insanların doğru bilgileri zaman kaybetmeden elde etmeleri amacıyla bir öneri sistemi geliştirilmiştir. Benzer sağlık sorunlarına sahip kullanıcıların benzer sağlık ürünlerini, hizmetlerini vb. beğenme eğiliminde olduklarından “sosyal profil benzerliği” ve “sosyal davranış benzerliği” şeklinde iki faktörlü bir model kurulmuştur. Önerilen sistemde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda geliştirilen öneri sisteminin kullanıcıların tercihini yüksek oranda tahmin ettiği görülmüştür.

(Olczak vd., 2017), tarafından iskelet radyografileri için derin öğrenme kullanımı değerlendirilmiştir. Danderyd Hastanesi’nde 256.000 bilek, el ve ayak bileği radyografisi elde etmişler ve kırık, lateralite, vücut bölümü ve muayene görünümü şeklinde 4 sınıf belirlemişlerdir. Daha sonra bu görüntüler için 5 açık derin öğrenme ağı kullanarak en doğru sonucu veren ağ değerlendirilmiştir. Oluşturulan sonuç değerleriyle 2 ortopedi cerrahının fikirleri karşılaştırılmıştır.

(Jamaludin vd., 2017), tarafından belirli bir taramada omurları ve diskleri tespit etmek ve etiketlemek için ve aynı zamanda radyolojik derecelendirmeleri belirlemek amacıyla bir yapay sinir ağı modeli kurulmuştur. Kurulan modelin doğruluk oranı ise %95,6 olarak elde edilmiştir.

(Meyer vd., 2018), derin öğrenme ile kardiyotorasik cerrahi sonrası yoğun bakım süresince ciddi komplikasyonları tahmin etmeye çalışmışlardır. Derin öğrenme için tekrarlayan sinir ağları kullanılmıştır. Kardiyocerrahi sonrası hasta bakımında çeşitli ciddi komplikasyonlardan olan mortalite, renal replasman tedavi ihtiyacı duyan böbrek yetmezliği ve ameliyat sonrası kanama durumları incelenmiştir. Veri seti, Almanya’da bir

kardiyovasküler hastalıklar merkezinde 1 Ocak 2000 ile 31 Aralık 2016 tarihleri arasındaki büyük açık kalp ameliyatı geçiren yetişkin hastalardan oluşmaktadır.

(Tack, 2019), tıpta kas iskelet yapısı için denetimli ve denetimsiz makine öğrenmesi yöntemlerini özetleyerek literatür incelemesi yapmıştır. Akıllı makineler tarafından veri analizi, sınıflandırma ve tahmin içeren çalışmaların geliştirilmesiyle fizyoterapi ve rehabilitasyon alanlarına katkı sağlanacağını savunmuştur (Tack, 2019).

(Hyland vd., 2020), makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak yoğun bakım ünitesindeki hastalar için dolaşım yetmezliği tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Farklı tür problemleri olan ve 8 saat sonrası için dolaşım yetmezliği riski altındaki hastalar için çalışan personelleri uyanan iki erken uyarı sistemi oluşturulmuştur. Erken uyarı sistemlerini eğitmek için YBÜ'ye rutin olarak kabul edilen 54.000'den fazla veri içeren hastaya ait veritabanı kullanılmıştır. Erken uyarı sistemlerini oluşturmak için veri ön işleme ve temizleme, boyut indirgeme ve yorumlama ile denetimli makine öğrenmesi teknikleri kullanılmıştır

(Mlodzinski vd., 2020), akciğer ve yoğun bakım tıbbi için makine öğrenmesi yöntemlerinin uygulanmasında bir artış gözlemlenmiştir. Böylece çeşitli hastalıkların teşhis ve tedavilerini belirleyerek daha iyi anlayabilme yeteneğinin gelişmiş olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada, literatür gözden geçirilerek makine öğrenmesi yöntemlerinin bu alanlardaki son gelişmeleri incelenmiştir. Hem bu çalışmanın önemli faydaları hem de bu yöntemlerin klinik amaçlar için uygulanması ve bazı durumlarda kabul edilmesinde yaşanan zorluklar ele alınmıştır.

(Korhonen vd., 2020), duruş taramasından elde edilen dijital verilerin fizyoterapi hizmetlerini nasıl geliştirebileceğini ve fizyoterapinin daha kişiselleştirilmiş halinin nasıl elde edilebileceğini analiz etmişlerdir. Fizyoterapide kullanılmak üzere insan hareketini dijital olarak kaydedebilen, ölçebilen ve raporlayabilen bir bilgi sistemi olan duruş tarama kayıt sistemini (PSRS) tasarlayan bir şirketle çalışmışlardır. Veriler, sağlık çalışanları, sağlık hizmetleri kullanıcıları ve bilgi sistemi sağlayıcısı gibi farklı paydaşlarla yapılan görüşmelerle toplanmış ve tematik olarak analiz edilmiştir.

(Çilhoroz & Işık, 2021), tarafından yapılan çalışmada yapay zekâ uygulamalarının sağlık alanında oldukça faydalı sonuçlar ortaya çıkaracağı görülmektedir. Bu çalışmada, sağlık hizmetleri alanındaki yapay zekâ konulu makaleler ve uluslararası uygulama örnekleri incelenmiş olup, yapay zekâ yöntem ve tekniklerinin sağlık hizmetleri alanında oluşan maliyetler ve kuyrukları azalttığı, teşhis ve tedavilerde daha kesin ve doğru sonuçlar elde

edilmesini sağladığı görülmüştür. Sonuç olarak, sağlık hizmetlerinin finansal olarak sürdürülebilirliği ve kalitesi bakımından yapay zekânın bu alanda daha fazla yer alması gerektiği düşünülmektedir.

(Akalin & Demirbaş, 2022), sağlığın bir alt dalı olan rehabilitasyon hizmetlerindeki teknolojik gelişmeler ile yapay zekânın hastalara ve sağlık çalışanlarına ne gibi faydaları olabileceği ele alınmıştır. Yapılan çalışma, rehabilitasyon sürecinde yapay zekâ kullanımının yönetsel açıdan zaman, mekân ve maliyet gibi birçok konuda avantaj sağladığını, ayrıca sağlık hizmetleri alanında kalite ve verimliliği artırdığını göstermiştir. Yapay zekâ uygulamalarının, hastalara evde de rehabilitasyon imkanı sunarak bireylerin sosyal hayata uyum sağlamasına da yardımcı olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca rehabilitasyon süresince yapay zekâ kullanımının, sağlık çalışanları ve hastalar açısından tedavi süresinin, yoğunluğunun, devamlılığının ve hızının daha kolay bir şekilde düzenlenmesi, güvenilir ve geçerli kullanıcı algılama donanımları katkısıyla objektif veri sağlanması, gerçek zamanlı geribildirim, gerçek yaşam simülasyonları ile eğitim kolaylığı ve rehabilitasyon sürecinde hasta ile fizyoterapistin olası tükenmişliğinin azaltılması gibi faydalar sağlayacağı ileri sürülmüştür.

(Rowe vd., 2022), sağlık alanında yapay zekâ tabanlı sistemlerin tanıtılmasının fizyoterapi uygulamaları üzerinde önemli bir etkiye sahip olacağını öne sürmektedir. Yapılan klinik uygulamada, video analizi, doğal dil işleme, robotik, kişiselleştirilmiş sağlık hizmetleri, uzman sistemler gibi yapay zekâ tabanlı uygulamalar ele alınmış ve bunların fizyoterapistler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

(Li vd., 2023), yürüyüş kinematik verileri içeren bir veri seti kullanarak derin öğrenme algoritması ile fizyoterapistler tarafından yapılan klinik değerlendirmelerin ve egzersiz önerileri sonuçlarının, doğru bir şekilde tahmin edilip edilmeyeceği araştırmıştır. Bu amaçla, çalışmada evrişimli sinir ağı (CNN) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda CNN derin öğrenme modelinin, klinik değerlendirme sonuçlarını ve egzersiz önerilerini doğru bir şekilde tahmin ettiği gözlemlenmiştir. Bu çalışma, tedavi planlamasına yardımcı olmak ve rehabilitasyonda karar verme sürecini kısaltmak için biyomekanik verilerin ve yapay zekânın kullanımını desteklemek için ön kanıt niteliğindedir.

## 1.2. Yoğun Bakım Ünitesi (YBÜ)

Yoğun bakım, hayati tehlikenin olabileceği durumlarla mücadele eden ve çoğunlukla yoğun bakım ünitelerinde hastaların sürekli takip edilip özel bakımlarının yapılarak özenli olarak sürdürülen tedavisidir. YBÜ'lerde tedavi görmekte olan hastalar genellikle uzun vadeli fiziksel ve psikolojik sorunlarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Uzun süre mekanik ventilasyon, immobilizasyon, ilaç tedavileri ve tıbbi müdahaleler yoğun bakımda yatan hastaların %25'inde belirgin kas zayıflığına yol açmakta ve yoğun bakımda uzun süre hayatta kalanların yaklaşık %90'ında kas zayıflığı gözlemlenmektedir (Vanhorebeek vd., 2020).

Mekanik ventilasyon, yeterli oksijen alamayan hastalarda, hastanın kendi solunum fonksiyonlarıyla yeterli derecede oksijen alabilmesi sağlanıncaya kadar cihaz yardımıyla hastaya oksijen verilmesidir. Günümüzde mekanik ventilasyon ameliyathanelerde, yoğun bakım ünitelerinde, acil servisler ve ev gibi ortamlarda kullanılabilmektedir (Yılmaz Ak & Yıldız, 2018). İmmobilizasyon ise, bir kemiğin kırılması ya da yaralanma sonrasında iyileşme sürecinin doğru şekilde olması amacıyla kırık olan bölgenin hareketsiz olarak dinlendirilmesidir.

Bazı durumlarda hastalar YBÜ'lerde uzun süre kalmak zorunda olabilmektedir. Dolayısıyla, YBÜ'lerde uzun süre kalma, hastanın yaşam kalitesinin düşmesi, işlevsellik kaybının oluşması, morbidite ve mortalite artışı gibi durumlara sebep olmaktadır (Moons vd., 2006). Yoğun bakımdaki problemlerin önüne geçilebilmesi için solunum problemleri, fiziksel kondisyon kayıpları, kas kuvvet kaybı ve kas iskelet sistemlerinde oluşabilecek eklem sorunlarının hızlı bir şekilde değerlendirilerek yapılacak müdahalelere karar vermek için birçok branşı içinde barındıran bir ekip gereklidir (Parker vd., 2013).

Sağlık alanından birçok branşa sahip personellerden oluşan bir ekibin bir parçası olarak fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarının amacı aşağıdaki gibi özetlenebilir (Kayambu vd., 2013).

- Akciğerin çalışmasına destek olmak,
- Solunum iş yükünü azaltmak,
- Hastanın mekanik ventilatörden ayrılmasını kolaylaştırmak
- Hastanın yaşam kalitesinin iyileştirmesi
- Vücut işlevlerini arttırmak
- Hastanede ve yoğun bakımda kalma sürecini azaltmak

### 1.3. Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon

Fizik tedavi ve rehabilitasyon, günlük hayattaki hareket yetersizliklerinin tanı ve tedavisinde yararlanılan bilim dalıdır. Günlük hayattaki fiziksel hareketlere, en temelde yürüme, ev işleri, yüzmeye, spor, bisiklete binme gibi örnekler verilebilmektedir. Bu fiziksel hareketlerden herhangi birinin kaybı günlük hayatı sınırlamaktadır. Fizik tedavi ve rehabilitasyon, bu fiziksel hareket kayıplarının tam olarak yerine getirilebilmesini, getirilemeyecek haldeyse olabilecek en iyi seviyeye ulaşılabildiğini amaçlamaktadır. Fizik tedavi ve rehabilitasyon diğer tıbbi müdahalelerle tedavi edilemeyen çoğu hastalığa uygulanabilecek tedavi yöntemleri içermektedir (Ağdaş, 2021).

### 1.4. Fizik Tedavi Yöntemleri

Fizik tedavi, yaralanma, hastalık veya engellilik nedeniyle hareket ve işlev kaybı yaşayan bireylerin iyileşmesine yardımcı olmayı amaçlayan bir sağlık alanıdır. Bu tedavi yöntemi, kas-iskelet, nörolojik ve kardiyovasküler sistemlerdeki sorunları ele almaktadır.

Fizik tedavi yöntemleri, hastaların tedavi sürecinde aktif bir rol oynamalarına yardımcı olmaktadır. Bunun yanı sıra, ağrının yönetimi, kas gücünün ve dayanıklılığının artırılması gibi hedefler için çeşitli teknikler kullanılır. Bu teknikler, hastaların genel yaşam kalitesini artırmaya yöneliktir. Fizik tedavi ve rehabilitasyon teknikleri arasında egzersiz, manuel terapi, elektroterapi, termoterapi, hidroterapi gibi yöntemler bulunur. Fizik tedavi yöntemleri aynı zamanda ameliyat öncesi ve sonrası rehabilitasyon süreçlerinde de büyük bir öneme sahiptir; hastaların iyileşme sürecini hızlandırır ve komplikasyon riskini azaltır. Fizik tedavi, hastaların bağımsızlıklarını yeniden kazanmalarına ve genel yaşam kalitelerini artırmalarını sağlamaktadır.

#### 1.4.1. Egzersiz

Egzersiz, hastaların yaşına, şikayetlerine, hareket problemlerine göre fizyoterapistler tarafından planlanan, yapılandırılmış ve tekrarlayan fiziksel aktivite yöntemidir. Hastanın semptomlarını azaltmaya, hareket işlevini artırmaya, sağlığının iyileştirilmesini sağlamaya ve kötüleşmesini engellemeye çalışan bir yöntemdir. Hastanın gönüllü olarak kaslarının kasılması ve vücut hareketi yapmasını gerektiren fiziksel aktivitelerdir (Hagen vd., 2012).



### 1.4.2. Manuel Terapi

Manuel terapi, hem tanı koyulmasında hem de tedavi süreçlerinde etkisi olan kas iskelet sistemindeki mekanik ağırları tedavi etmede kullanılan bir yöntemdir. Özellikle kas iskelet sisteminde oluşan fonksiyonel bozukluğu gidermede ve kas iskelet sistemindeki sakatlanmaların tedavi edilmesinde uygulanan bu yöntem aynı zamanda refleks tedavi olarak da adlandırılmaktadır. Kaslarda oluşan yapışıklıkların daha kısa sürede açılmasını ve böylece dokuların hızlıca iyileşmesini sağlayarak kişinin günlük yaşamındaki kaliteyi artırmaktadır (Keçeci, 2020).

Manuel terapi, yumuşak doku teknikleri ve eklem teknikleri olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Kas gevşetme, germe, masaj ve egzersiz yumuşak doku tekniklerine örnektir. Germe, manipülasyon, mobilizasyon, kayma ve egzersiz gibi yöntemler ise eklem tekniklerine örnek verilebilmektedir. Manipülasyon, kas iskelet sisteminin ağrısız ve rahat bir şekilde hareket ettirilebilmesi için bazı kurallara dayalı olarak uygulanan tedavi yöntemidir (Keçeci, 2020). Mobilizasyon ise, hareket yeteneğini kaybeden vücudun belirli bir bölgesine veya eklemine hareket kabiliyetinin geri kazandırılması anlamına gelir.

### 1.4.3. Elektroterapi

Elektroterapi, elektrik akımından faydalanılarak çeşitli uyarılarla yapılan tedavilerin desteklenmesi amacıyla kullanılan yöntemlerdir. Kas kuvveti artışı desteklenmesi, ağrı kontrolünün sağlanması, kan dolaşımına destek, ödem azaltılması, dokuların iyileşme hızının artırılması gibi faydaları mevcuttur (Karaahmetoğlu & Pehlivan, 2024).

Elektroterapi, temel olarak dokulara harici olarak enerji uygulanması yoluyla, uygulanan enerjinin moduna bağlı olarak fiziksel aktivitenin aktive edilmesi, uyarılması veya geliştirilmesi ile sürdürülmektedir. Bahsedilen bu fiziksel etkilerin sağlanabilmesi için uygulanan bu enerjinin bir dokuda emilmesi gereklidir. Dokularda bu emilim olmazsa elektroterapinin bir etkisi oluşmamaktadır (Watson, 2002).

Elektroterapi yöntemlerinin birçok hastalıkta farklı amaçlarla kullanıldığı görülmektedir. Bu hastalıklara parkinson, inme gibi nörolojik hastalıkların yanı sıra, kronik bel ağrısı, travmatik yaralanmalar gibi hastalıklar örnek verilebilmektedir (Karaahmetoğlu & Pehlivan, 2024).

#### 1.4.4. Termoterapi

Termoterapi, ağrılı bölgeye ısı uygulaması yapılarak doku sıcaklığını artırarak ağrının azaltılması ve hareketliliğin artmasını hedefleyen bir yöntemdir. Ağrılı bölgede tedavi için sıcak paketler, yüzeysel ısı ve elektromanyetik enerji uygulaması (diatermi) gibi teknikler uygulanmaktadır. Termoterapi, etkilenen bölgedeki dolaşımı artırmaya yardımcı olmaktadır. Böylece kasların gevşemesi sağlanarak bölgedeki ağrı ve sertlik de azaltılabilmektedir (Bin vd., 2022).

Termoterapi, fizyolojik olarak ağrının giderilmesi, kan akışının ve metabolizmanın hızlanması, bağ dokusundaki elastikiyetin artması gibi etkileri olan bir yöntemdir. Bunun yanı sıra, ısıya duyarlı veya riski olan hastalarda özellikle duyu fonksiyonların azaldığı bölgelere termoterapi uygulanırken, bu bölgelerde cilt koruyucu önlemler alınmalıdır (Malanga vd., 2015). Ayrıca, termoterapi kan akışını artırdığı için yaralanma durumlarında da yaralanan bölgeye protein, besin ve oksijen sağlayarak dokuların iyileşmesine yardımcı olmaktadır (Nadler, 2004).

#### 1.4.5. Hidroterapi

Hidroterapi, suyun herhangi bir halinin (su, buhar, buz) dahili veya harici olarak belirli bir süre boyunca çeşitli bölgelerde sıcaklık ve basınç gibi etkiler oluşturarak kullanıldığı yöntemdir (Moovenanth & Nivethitha, 2014).

Hidroterapi tedavisinde saunalar, buhar banyoları, sıcak ve soğuk kompres gibi uygulamalar yapılmaktadır. Soğuk su, yüzeysel kan damarlarını daraltarak kanın iç organlara yönelmesini sağlamaktadır. Sıcak su ise, kan damarlarının genişlemesini sağlamakta ve böylece atıklar vücut dokularından uzaklaştırılmış olmaktadır. Hidroterapi, uzun bir süredir hastaların vücuduna soğuk ve sıcak iletimi için de kullanılmaktadır (Lin vd., 2014).

#### 1.5. Yapay Zekâ

Yapay zekâ, bir makinenin insan zekâsı ve davranışlarını taklit edebilme yeteneğidir (Yıldırım & Özdemirci, 2019). Yapay zekâ, bilgisayar vb. elektronik ortamlarda karmaşık problemleri çözebilmesini sağlayan ve hayatı her anlamda kolaylaştırmaya devam etmekte

olan bir yapıdadır. Yapay zekâ, insan zekâsını taklit edebilen deneyimlerden yola çıkarak öğrenme ile istenilen alanda uygulanabilen, insana benzer şekilde düşünme yeteneği kazandırılmış, problem tespiti ve çözümü yapabilme gibi özellikleri olan bir yapıya sahiptir (Çekiç, 2022).

Büyük verinin hızlı gelişimi karmaşık ve çok sayıda verinin oluşmasına neden olmuştur. Bu verilerin hem depolanması hem de analizi için yapay zekânın alt dalı olarak Makine öğrenmesi, Derin Öğrenme, Öneri Sistemleri gibi alanlar bir arada kullanılmaktadır.

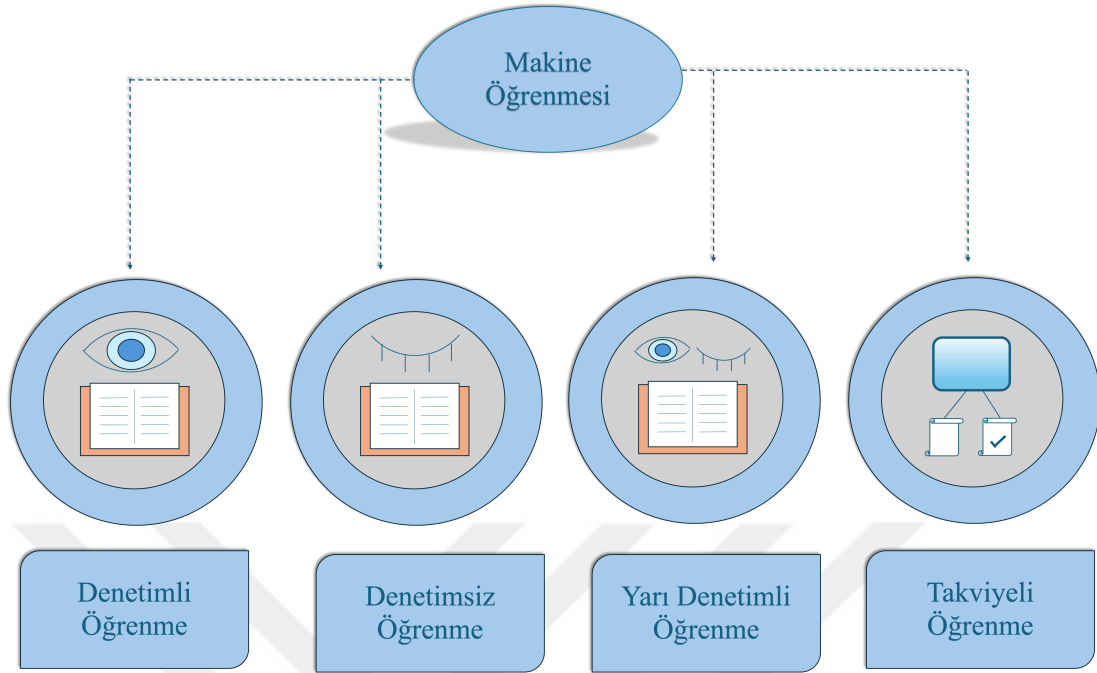
### 1.6. Makine Öğrenmesi

Günümüz teknolojisinde mobil uygulamalar, internet, sensörler ve IoT cihazları, akıllı saatler, sosyal medya, çeşitli veri tabanları gibi birçok ortamdan elde edilen ham veriler günden güne artmakta ve bu durum hem veri hacminin artmasına hem de karmaşık veri gruplarının oluşmasına sebep olmaktadır. Çok fazla çeşidi olan ve hacmi hızla artan bu ham ve karmaşık veri grubu büyük veri kavramının ortaya çıkmasına yol açmıştır (Sarker, 2021; Mohammed vd., 2017)

Makine öğrenmesi, ham veriyi anlamlı hale getirmek amacıyla veri analizi ve algoritma geliştirmeye odaklanan yapay zekâ ve bilgisayar bilimlerinin bir alt dalıdır. Bu alan, insanların öğrenme şekillerini taklit ederek model doğruluğunu aşamalı olarak artırmaktadır.

Makine öğrenmesi, veri bilimi ve veri madenciliği gibi yapay zekâ alanları büyük hacimli ve karmaşık verinin bilgiye dönüşmesini sağlamaktadır. Ham verilerin bilgiye dönüşümü sırasında verilerin elde edilmesi kadar verideki tutarsızlıkların giderilmesi, eksik veya hatalı verilerin düzenlenmesi, verideki biçim uyumsuzluklarının giderilmesi de büyük önem arz etmektedir. Bu sorunların çözülebilmesi için veri ön işleme yapılmalıdır. Bu süreçten sonra makine öğrenmesi teknikleri ile gerekli analizler yapılarak ham verinin istenilen formata getirilerek bilgiye dönüşümü sağlanmaktadır (Uğuz, 2019).

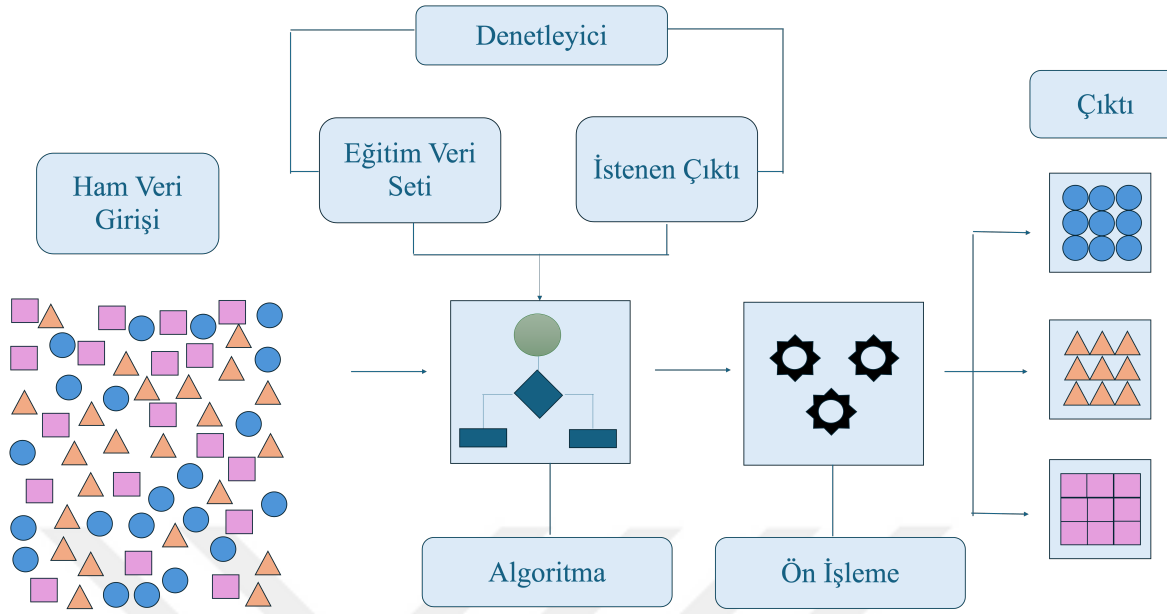
Günlük hayattaki problemlerin çözümünde makine öğrenmesi yöntemleri önemli bir rol oynamaktadır. Şekil 2’de görüldüğü gibi makine öğrenmesi yöntemleri denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme, yarı denetimli öğrenme ve takviyeli öğrenme olarak dört gruba ayrılmaktadır.



Şekil 2. Makine öğrenmesi yöntemleri

### 1.6.1. Denetimli Öğrenme

Denetimli öğrenme, veri kümelerinde bulunan elemanların etiketlenerek tanımlandığı makine öğrenme yöntemlerinden biridir. Bu veri kümeleri çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak verileri doğru bir şekilde sınıflandırmak veya sonuçları doğru tahmin etmek için veri kümelerinin eğitilmesi veya denetlenmesi amacıyla oluşturulmaktadır. Model, etiketli girdi ve çıktı verilerini kullanarak doğruluğu ölçebilmekte ve zaman içinde öğrenme işlemini yapabilmektedir (Mahesh, 2020). Denetimli öğrenme yapısı Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Denetimli öğrenme yapısı

### 1.6.2. Denetimsiz Öğrenme

Denetimsiz öğrenme, etiketlenmemiş veriler üzerinde çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak verilerin kümeler şeklinde gruplandırılmasıdır. Bu algoritmalar eldeki verilerde inceleme yaparak temel ilişkileri ve özellikleri öğrenerek benzer özelliklere sahip verileri gruplandırmaktadır (Mahesh, 2020). Denetimsiz öğrenme algoritmalarının kümeleme, boyut indirgeme ve ilişki durumlarının incelenmesi gibi üç temel adımı mevcuttur.

Kümeleme, bir veri集中的 yapıyı anlamak için benzer özelliklere sahip değişkenlerin bir araya getirilerek gruplanmasıdır. Kümeleme algoritmaları, uzaklık ve benzerlik ölçütlerine dayanarak verilerin gruplanmasını sağlar.

Boyut indirgeme, değişken sayısının çok fazla olduğu veri setlerinde veri boyutunu azaltma işlemidir. Çok boyutlu verilerde aşırı uyumu önlemek, model performansını artırmak, gürültülü verileri düzenlenmek, hesaplama zorluğunu azaltmak gibi durumlar için kullanılmaktadır.

İlişki durumlarını incelenmesi ise, değişkenler veya gruplar arasında ilişki olup olmadığının incelenmesidir. Burada istenen, aralarında ilişki bulunanların gruplanması ve gruplar arasında da ilişki olmamasıdır.

Denetimsiz öğrenmede veri etiketleme olmadığından dolayı kullanılan makine öğrenmesi yöntemi tarafından çıkarılan yapının doğruluğunun kontrol edilmesi için değerlendirme yapılmamaktadır. Bu yönüyle denetimsiz makine öğrenmesi, denetimli ve takviyeli makine öğrenmesi yöntemlerinden ayrılmaktadır (Sharma & Kumar, 2017).

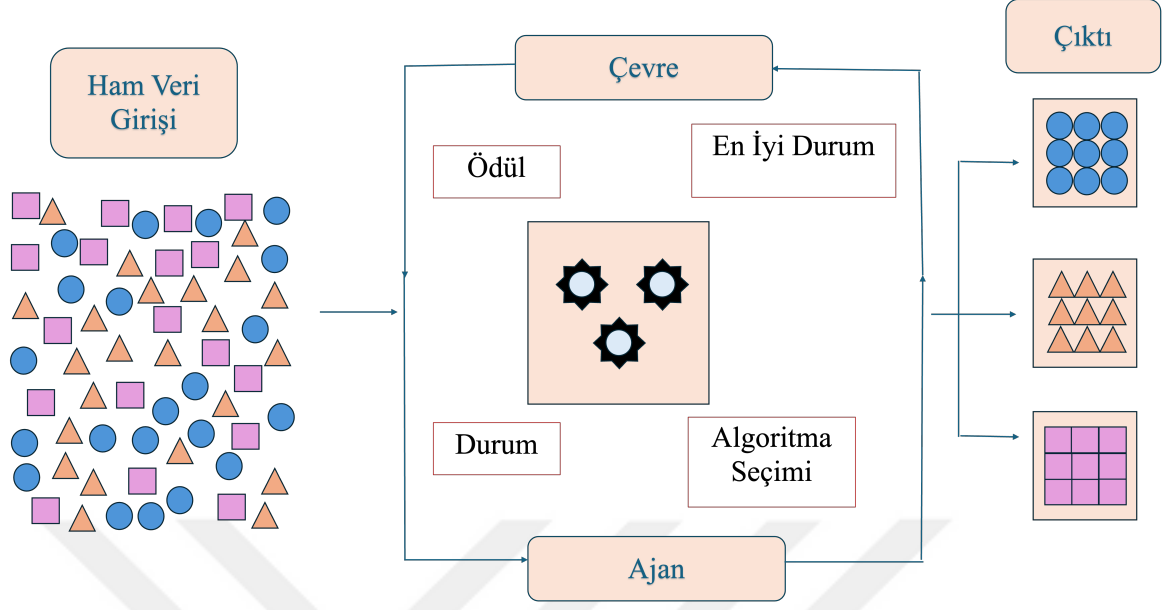
### **1.6.3. Yarı Denetimli Öğrenme**

Denetimli ve denetimsiz öğrenmenin arasında bir makine öğrenmesi yöntemidir. Yarı denetimli öğrenme, eğitim verisi olarak az sayıda etiketlenmiş veriler ile model oluşturur ve geri kalan verileri test verisi olarak alır. Yarı denetimli öğrenme, denetimli ve denetimsiz yöntemlerden kaynaklı olan dezavantajları önlemeye çalışmaktadır (Reddy vd., 2018).

Denetimli öğrenme, test verilerini sınıflandırmak için çok miktarda eğitim verisine ihtiyaç duymaktadır. Fakat bu sebeple maliyet ve zaman artmaktadır. Denetimsiz öğrenmede ise verilerin etiketlenmesine ihtiyaç duyulmaz. Bunun yerine kümeleme veya maksimum olabilirlik yaklaşımları ile veri noktalarının benzerliğine bakılarak veriler kümelenmektedir. Denetimsiz öğrenmenin dezavantajı bazı durumlarda bilinmeyen verileri doğru şekilde kümeleyememesidir. Yarı denetimli makine öğrenmesi bu sorunların üstesinden gelebilmek için az sayıda eğitim verisi ile öğrenebilen ve bilinmeyen test verilerini etiketleyebilen bir yapı sunar (Reddy vd., 2018).

### **1.6.4. Takviyeli Öğrenme**

Takviyeli öğrenme, sıralı karar verme problemlerini çözerken kullanılabilen bir makine öğrenmesi yöntemidir. Takviyeli öğrenme ödül ceza sistemiyle ilerlemekte olan bir yapıya sahiptir. Seçilen bir ajan yardımıyla belirlenen bir ödül şemasına göre tekrarlamalı olarak deneme yanılma ile öğrenen bir karar verici olarak modellenmektedir. Asıl amaç ödülü maksimize etmektir (Arwa & Folly, 2020). Şekil 4'te takviyeli öğrenme yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4. Takviyeli öğrenme yapısı

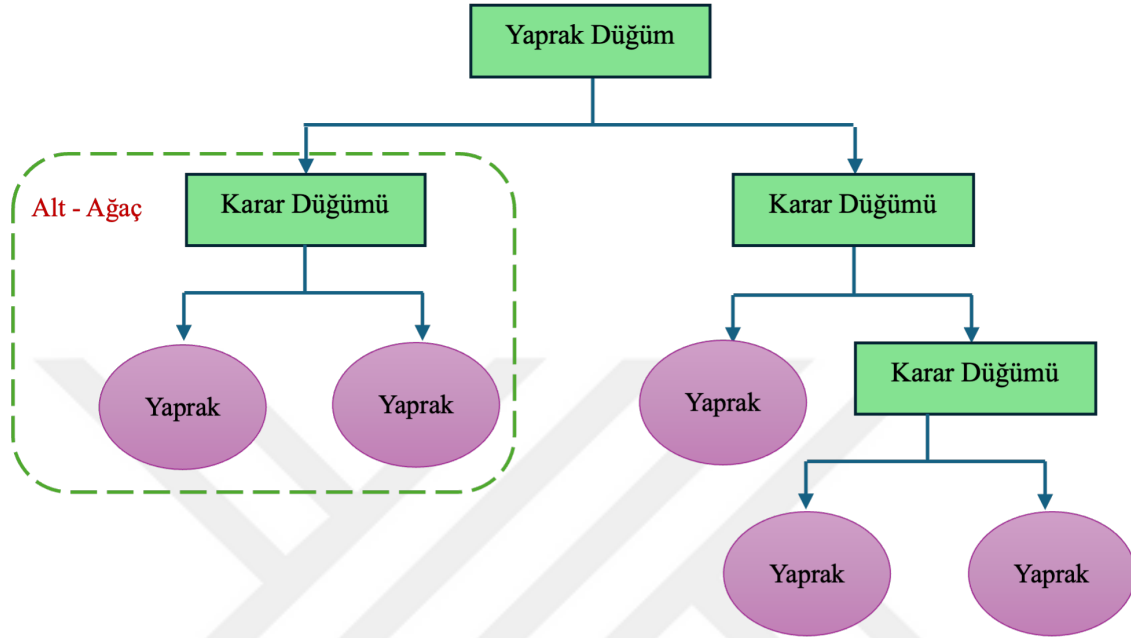
### 1.7. Çalışmada Kullanılacak Makine Öğrenmesi Yöntemleri

Bu çalışma kapsamında model tahmini için çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri kullanılacaktır. Bu yöntemler analizlerde iki gruba ayrılarak değerlendirilecektir. Bu yöntemlerin ilk grubu zayıf öğrencilerin performansını arttıran güçlendirme algoritmalarının farklı versiyonları olan XGBoost, LightGBM ve CatBoost yöntemleridir. İkinci grup olarak ele alınacak yöntemler ise klasik makine öğrenmesi yöntemlerinden Karar Ağaçları, Rastgele Orman, K-En Yakın Komşu Algoritması, Destek Vektör Makineleri, Naive Bayes ve Lojistik Regresyon yöntemleridir. Bu bölümde kullanılacak olan yöntemler anlatılacak ve daha sonra Bulgular ve Tartışma Bölümü'nde modellerin tahmin sonuçları ele alınacak ve değerlendirilecektir.

#### 1.7.1. Karar Ağaçları

Karar Ağacı (KA), en üstteki bir düğüm ile başlayan, sonrasında dallanmalar ve alt düğümler oluşan ağaca benzer yapıya sahip olması nedeniyle karar ağaçları olarak adlandırılmaktadır. Bir karar kuralına göre ana düğümden sonraki kısımlar alt düğümlerle ifade edilirken dallar bölme kurallarını ifade etmektedir. Oluşan ağaç yapısı büyüdükçe her

alt düğüm kendi bölümünde bir ana düğüm haline gelmektedir (Quinlan, 1986). Bir karar ağacının algoritma yapısı Şekil 5’te ifade edilmektedir.



Şekil 5. Karar Ağacı algoritma yapısı

KA algoritmaları, kümeleme ve tahmin problemlerinin çözümünde çok sık tercih edilen algoritmalarından biridir. KA algoritmaları, veri eğitimi sırasında yukarıdan aşağıya doğru devam eden veya genelden özele doğru ilerleyen bir yapıya sahiptir (Kale, 2021). Niteliklerin her biri düğüm ile ifade edilmektedir (Atasever & Özkan, 2012). Akış şemasına benzer yapıda olan KA algoritmaları her düğümün öznel değeri hesaplanarak elde edilen değerlerle dallar meydana gelmektedir. Veri boyutu arttıkça dallanma işlemi zorlaşabilmektedir. Aşırı uyumun önlenmesinde yaprak düğümlerinin kaldırılmasını sağlayan budama algoritmaları tercih edilmektedir (Kale, 2021).

KA algoritmaları, diğer makine öğrenmesi yöntemlerine göre oldukça avantajlıdır. KA algoritmalarının karar kuralı adımları takip edilerek oluşturulan ağaca benzer yapısı bu algoritmaların anlaşılması ve yorumlanmasını oldukça kolay hale getirmektedir. Bu durum da algoritmayı modelin tahminini açıklamakta verilere ilişkin tahmin yapmakta faydalı hale getirmektedir. KA algoritmaları, veriyi normalleştirmeye veya dönüştürmeye gerek kalmadan hem kategorik hem de sürekli verilerde çalışmaktadır. Bunun yanında kayıp değerlerde ve gürültülü veride de çalışabilmektedirler. Ayrıca çok özellikli karar kuralları



oluşturarak verideki doğrusal olmayan ve hiyerarşik olan ilişkileri bulabilmektedir (Kılıç, 2023). Kayıp veri, toplanan verilerde eksik değişken değerleri olmasını ifade etmektedir. Veri setinde kayıp değerlerin olması bazı durumlarda model performansının düşmesine neden olmaktadır. Gürültülü veri ise, makine öğrenmesi algoritmalarının çalışmasına iyi şekilde etkisi olmayan bazı bilgilerin veri setinde yer almasından kaynaklanan problemdir. Gürültülü veriler, model performansının düşmesine ve hataların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Gürültülü verilerden ve kayıp değerlerden kurtulmak için veri temizleme ve veri ön işleme adımları uygulanmaktadır.

KA algoritmaları açgözlü bir yapıda olduğundan öncelikle veri setinin eğitiminde denge önerilmektedir. Çünkü modelle alakası olmayan özniteliklerden dolayı karar ağaçları istenilen sonuçları vermeyebilir (Şahin, 2019). KA algoritmalarının bir başka dezavantajı ise, bazı durumlarda ağaç dallanmasına devam edilemediği için aşırı karmaşık ağaçlar üretilmesidir.

Topluluk öğrenme yöntemleri, daha gelişmiş sonuçlar üretmek için birden çok model oluşturan ve daha sonra bunları birleştiren yöntemlerdir. Topluluk öğrenme yöntemleri, genel olarak tek bir sınıflandırıcının ürettiği modelden daha iyi çözümler üretirler. Bu yöntemler, birbirinden farklı çok sayıda sınıflandırıcının yaptığı model tahmin sonuçlarını oylama yoluna gitmektedir ve bu oylama sonunda en çok oyu alan sınıfı, sınıf tahmini olarak almaktadır (Zhou, 2012). Kısaca, topluluk öğrenme yöntemleri model performansını artırmak için bazı makine öğrenmesi yöntemlerini seçerek tek bir tahmin modelinde birleştiren meta-algoritmalar şeklinde ifade edilebilmektedir.

Topluluk öğrenme yöntemleri, gerçek hayattaki uygulama problemlerini çok yönlü olarak ele alır ve irdeler. Buna örnek olarak, bir hastalığın teşhisinde doktorların ortak karar alarak tanı koyması, hastaların birden çok doktorun görüşünü alması, bir ürünün incelenmesi esnasında daha önce satın alan kişilerin yorumlarının okunması gibi birçok örnek gösterilebilir. Sonuç olarak, topluluk öğrenme yöntemleri karar verme süreçlerinde farklı düşüncelerin değerlendirilmesini ele alarak doğru kararı verebilmeyi hedeflemektedir (Yangın, 2019).

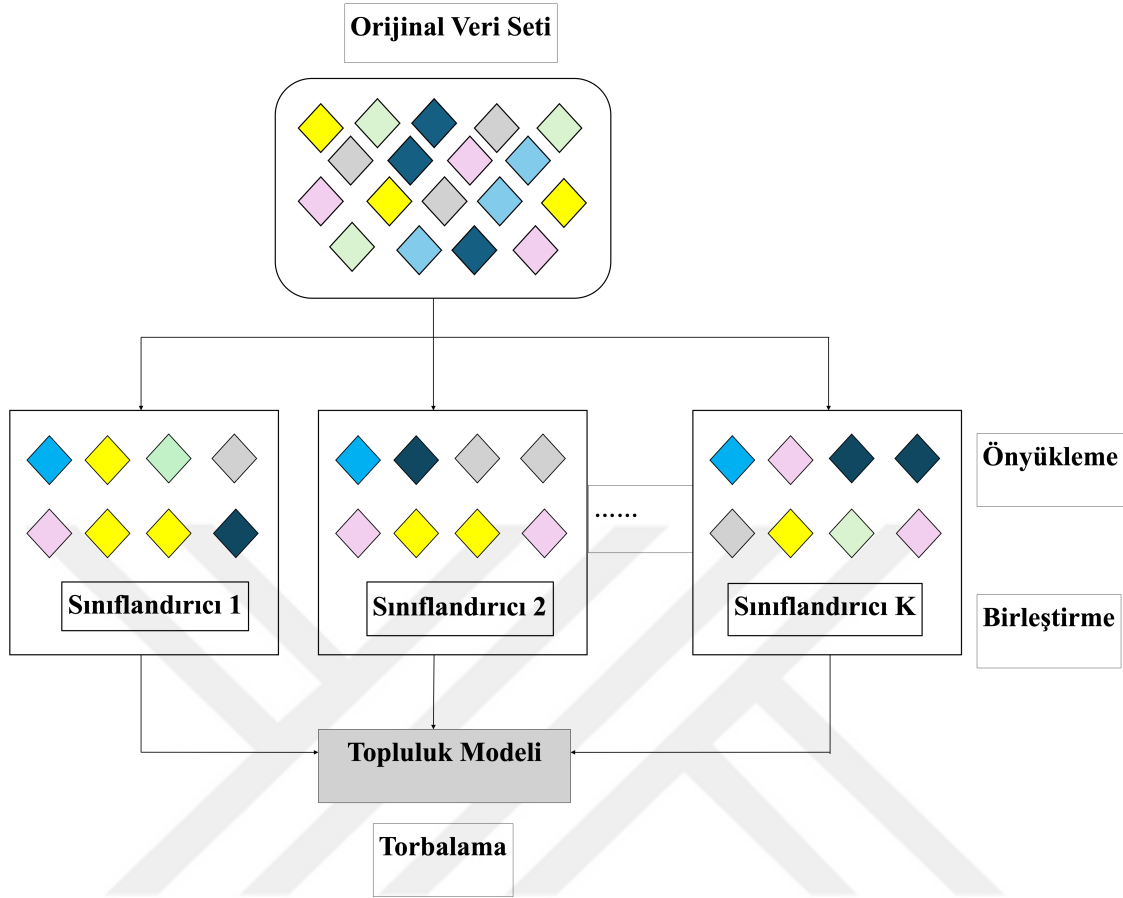
Topluluk öğrenmesi yöntemleri, sağlık uygulamalarında, saldırı tespit sistemlerinde, duygu analizi ve büyük veri gibi konularda uygulanarak gelişimine devam etmektedir. Topluluk öğrenme yöntemlerinin başarısının iyi olması için model doğruluğu ve çeşitlilik gerekmektedir. Bir makine öğrenmesi yöntemi modeli, eğitim verisine katılan verilerden

faydalanarak test verileri için iyi bir tahmin yapabiliyorsa doğruluk sağlanıyor demektir. Ayrıca test verisi için yani makine öğrenmesi yöntemi tarafından bilinmeyen örnekler için hesaplanan hatalar farklı ise makine öğrenmesi modelleri çeşitli olmaktadır. Örneğin, torbalama (bagging) eğitime katılan verileri alt örneklerle bölerek çeşitlilik elde ederken, güçlendirme (boosting) ise eğitim verilerini yeniden ağırlıklandırarak çeşitlilik sağlar (Mienye & Sun, 2022).

Topluluk öğrenmesi yöntemleri, torbalama yaklaşımı ile varyansı azaltmaktadır. Her modelin farklı veri alt kümeleri üzerinde eğitilmesi ve model tahminlerinin birleştirilmesi yoluyla daha kararlı ve güvenilir tahminler yapılarak varyans azaltılmış olur. Güçlendirme yaklaşımı ile de yanlılık (bias) azaltılmaktadır. Zayıf öğrencilerin bir araya gelmesiyle oluşan güçlü öğrenciler kullanıldığı için önceki öğrencilerde oluşan yanlış tahminler düzeltilmeye çalışıldığından bias azalmış olur.

Torbalama (Bagging), Breiman tarafından 1994 yılında ortaya atılmıştır. Torbalama, sınıflandırma problemlerinin çözümü sırasında yöntemlerin doğruluğunun artırılmasını sağlamaktadır. Torbalama, makine öğrenmesi tabanlı bir grup (ensemble) algoritmasıdır. Yöntem, varyansı düşürerek aşırı öğrenmenin engellenmesinde faydalı olmaktadır (Atasever & Özkan, 2012).

Yöntemin amacı, eğitim verisinden faydalanmak ve eğitim verisinin farklı kombinasyonlarını üreterek birden çok eğitim verisi oluşturmaktır. Bu şekilde bazı eğitim verisinde bazı eğitim verileri yer almazken bazıları birden çok kez yer alabilmektedir. Karar ağaçlarının her biri birbirinden farklı örneklerle sahip bu eğitim verileri ile eğitilmekte ve sonuç çoğunluğa göre belirlenmektedir (Atasever & Özkan, 2012). Şekil 6'da torbalama algoritmasının adımları gösterilmiştir.

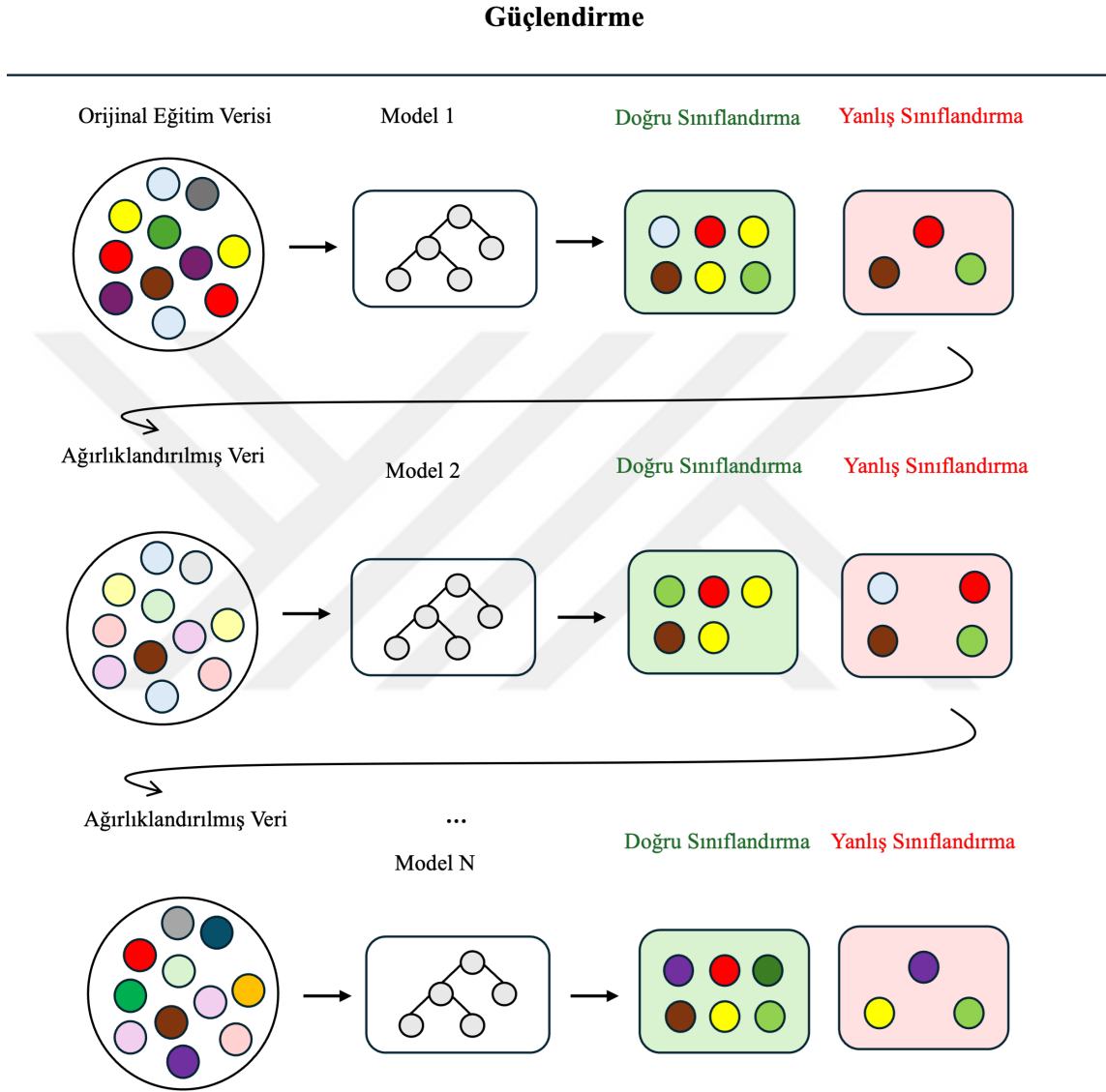


Şekil 6. Torbalama algoritma yapısı

Güçlendirme (Boosting), birden çok zayıf öğreniciyi birleştirerek güçlü bir öğrenici ile model oluşturabilen denetimli makine öğrenme algoritmasıdır. Öğrenme aşamasında birden çok öğrenen oluşturmak için eğitim setindeki örnekler yeniden ağırlıklandırılmaktadır (Taser, 2021).

Güçlendirme, kuralları birleştirerek bir tahmin kuralı üretmeye çalışır. Yöntem, ürettiği zayıf öğrenicileri kullanarak sınıf tahmini yapar. Buna ek olarak, sınıfları yapılan ağırlıklandırmadaki çoğunluğa göre birleştirmektedir. Yöntem, orijinal eğitim verisi üzerinde oluşturduğu bir dağılım veya ağırlık kümesi yardımıyla zayıf öğreniciler tarafından yanlış sınıflandırılan örneklerin ağırlığını artırarak doğru sınıflandırılmış örneklerin ağırlığını azaltmaya çalışır. Böylece, algoritma önceki öğrenicilerin bu örnekleri ne kadar doğru tahmin edebildikleri incelenerek ağırlıkları değiştirilmiş eğitim verilerinin yeniden ağırlıklandırılmasını takip eder (Çoşkun vd., 2020). Bu şekilde, önceki iterasyonlarda yanlış sınıflandırılan örneklere öncelik verilerek ele alınmasıyla, model hataları değerlendirilerek

ve bu adımlar tekrar edilerek tahmin performansı iyileştirilir. Şekil 7’de güçlendirme algoritmasının adımları gösterilmiştir.



Şekil 7. Güçlendirme algoritma adımları

KA algoritmalarında problem çözümü için karar ağaçlarının oluşturulması aşamasında dikkat edilmesi gereken en önemli kriterlerden biri dallanmanın hangi değişken ile başlayacağıdır. Çünkü oluşturulabilecek tüm ağaç yapıları oluşturulduktan sonra bunların içinden en uygun olanını seçmek çok mümkün olmayan bir durumdur. KA algoritmaları, problemin çözümüne başlamak için kök düğümden başlayarak dallanmanın hangi kriterlere

göre yapılacağını belirlemelidir. Dolayısıyla, KA algoritmalarının çoğunda en başta yapılan hesaplamalarla ağaçların oluşturulması en doğru yaklaşım olmaktadır. Bu durum, entropiye dayalı kriterler ve safsızlık fonksiyonuna dayalı kriterler olarak iki aşamada incelenmektedir (Sevimli Saitoğlu, 2015).

Entropiye dayalı kriterlerin hesaplanması kendi içerisinde kazanç ölçütü ve kazanç oranı olarak iki kriter kullanılarak yapılmaktadır. Safsızlık fonksiyonuna dayalı kriterler ise sınıflandırma problemleri için Gini Kriteri ve Twoing Bölme Kriteri olarak iki çeşittir.

Entropi, belirli olayların olup olmama olasılıklarıyla ilgili olan ve belirsizliğin ölçülmesi için kullanılan bir ölçüttür. Entropi ile bilgi arasında ters orantılı bir ilişki vardır. Yani, entropi arttıkça veriyi daha iyi tanımlamak için daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Entropi 0-1 arasında değer alır. Entropi değeri 1'e yaklaştıkça belirsizlik artmaktadır (Akman, 2010).

Entropi, veri setindeki tüm veriler tek bir sınıfa ait olduğunda 0 değerini almaktadır. Hesaplanan bütün olasılıklar eşit çıkarsa entropi en yüksek değeri almış demektir (Demirel, 2019).

$$H(X) = - \sum_{i=1}^m p_i * \log_2(p_i) \quad (1)$$

Formüldeki  $H(X)$ , hedef değişkenin entropi değerini ifade ederken,  $p_i$  ise düğümde  $i$ . sınıfta bulunma olasılığı olarak hesaplanmaktadır (Demirel, 2019).

Bilgi kazancı, ID3, C4.5, CART algoritmalarında öğrenme veri setindeki değişkenlerin veriyi ne kadar açıklayabildiği dikkate alınarak ölçüm değeri olarak bu değer alınır. Bilgi kazancı en yüksek olan değişken dallanmanın en iyi olacağı değişken olarak seçilir ve bölünme o değişkenden başlar (Akman, 2010).

Bilgi kazancı hesaplanırken, ilk olarak tüm veri setinin dallanma olmadan önceki halinin entropisi hesaplanır, daha sonra her alt dallanmanın entropisi ayrı ayrı hesaplanır. Son olarak bu iki değer arasındaki farkın en yüksek olduğu değişken en iyi dallara ayırma kriteri olarak seçilir (Akman, 2010).

Gini katsayısı, her değişkenin değerlerinin olasılık dağılımları arasındaki farkı ölçen bir kriterdir. Yani, dallanma sırasında düğümdeki karışıklığı en iyi seviyede azaltacak bölünmenin hesaplanmasına yardımcı olan değerdir (Yangın, 2019).

KA algoritmaları arasında CHAID, CART, ID3, C4.5 vb. algoritmalar bulunmaktadır. Her bir yöntem farklı veri türleri ve problem çözümlerinde optimize edilmiş tekniklerle performansı yüksek modeller oluşturulmasını sağlar.

CHAID (Ki-kare otomatik etkileşim belirleme) algoritması, 1980 yılında Kass tarafından önerilmiştir (Kass, 1980). CHAID algoritmasında optimal dallanmaların belirlenmesinde entropi değeri yerine ki-kare testi kullanılmaktadır. ID3, C4.5 ve CART algoritmaları ile ağaçta ikili dallanma yapısı oluşturulurken CHAID algoritmasında ağaçta birden çok dallanma oluşturulabilmektedir (Elasan, 2019).

CHAID algoritmasında, bağımlı değişken kategoriktir. Bağımsız değişken sürekli olursa bu değişkeni de sıralı değişkene dönüştürmek gerekir. Optimum dallanmanın sağlanması için bağımsız değişkenlerin her biri için çapraz olasılık tabloları oluşturulur. Daha sonra, Ki-kare istatistikleri ve Bonferroni düzeltmesi yapılır. Elde edilen sonuçlar dikkate alınarak bağımsız değişkenin kategorilerine göre veriler daha alt gruplara ayrılmış olur (Elasan, 2019).

CART (Clasification And Regression Tree), 1984 yılında Leo Breiman ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. CART, bağımlı değişkenin türüne göre regresyon veya sınıflandırma ağacı üretebilmektedir. Her bir düğümde en büyük bilgi kazancını sağlayan değişken ve eşik değerini kullanarak ikili karar ağaçları oluşturulmaktadır. Ağaç yapısı kök düğümden başlayıp sadece iki düğüme ayrılmaktadır (Breiman vd., 2017).

Veri sayısının az olduğu durumlarda ağacın büyümesi durur. Eğitim verisinde model tahmin performansına etkisi en az olan dal budanarak optimum tahmin oluşturulabilmektedir. Ağacın performansı test verilerine ve çapraz tablo değerlerine bakılarak ölçülebilmektedir (Şahin, 2019). Algoritma sınıflandırma için karar noktalarını belirlerken Gini katsayısını kullanmaktadır (Aziza vd., 2019).

ID3, J.Ross Quinlan tarafından 1979'da ortaya atılan makine öğrenmesi algoritmasıdır. Karar Ağacı'nın geriye doğru izleme olmadan yukarıdan aşağıya doğru oluşturulmasını sağlamaktadır. Sınıflandırma sırasında kök düğümün seçimi için entropi ve bilgi kazancı değerlerini kullanmaktadır (Gulati vd., 2016).

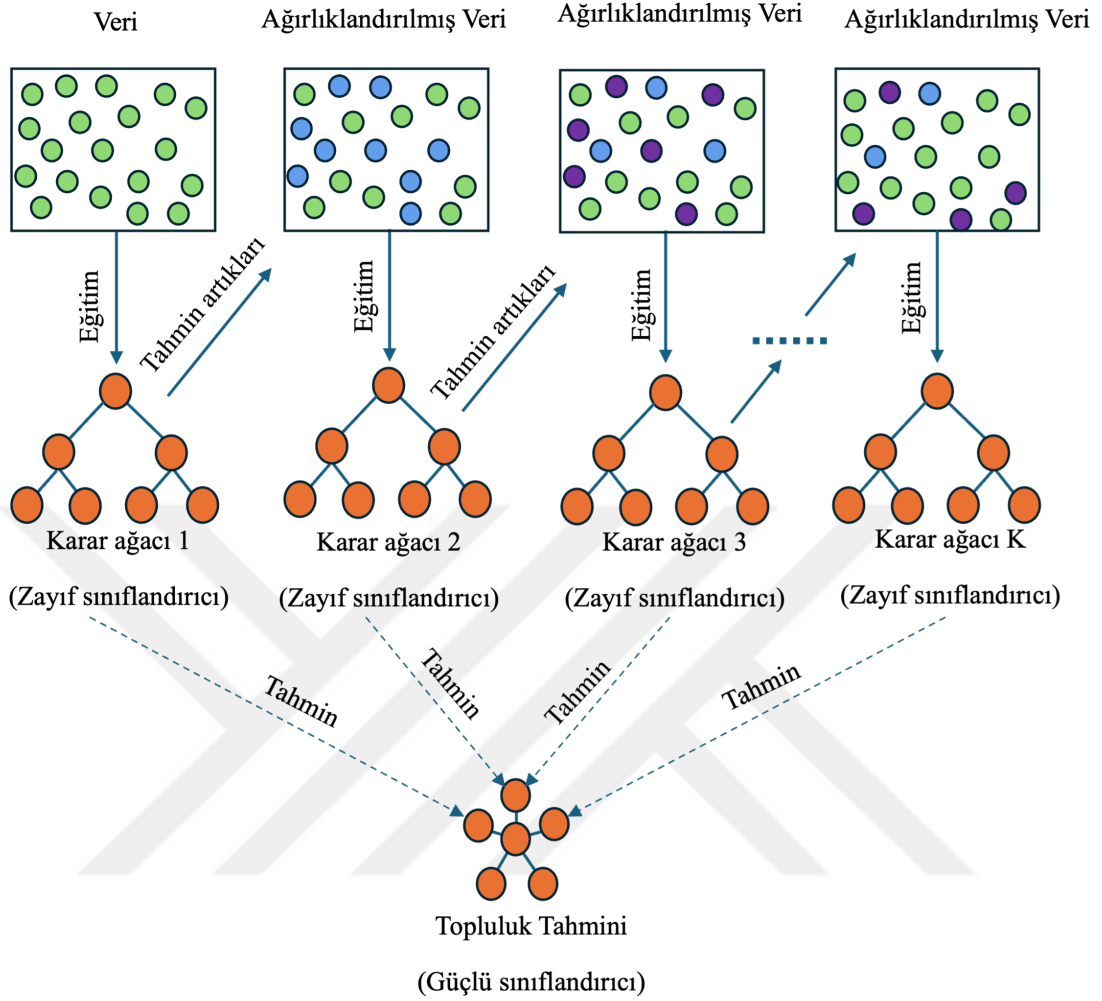
Tüm değişkenler aynı sınıfa sahipse veya bilgi kazancı 0'dan küçükse ağaç büyümesi sonlanmaktadır. ID3, sayısal değişkenler veya eksik verilerde başarısız olabilmektedir (Alsagheer vd., 2017).

C4.5 algoritması, ID3 algoritmasını tasarlayan Quinlan tarafından 1993 yılında oluşturulmuştur. ID3 algoritmasından farkı sürekli değişkenleri kategorik değişkenlere dönüştürerek çalışabilmesidir. ID3 algoritmasından farklı olarak budama işlemleri yapılmaktadır. ID3'teki aşırı öğrenme problemini çözebilmek için C4.5 algoritmasında entropi değerinin yanında Gini kazanç oranı da hesaplanmaktadır (Quinlan, 1993).

C4.5, hem kategorik hem de sürekli değişkenlerle çalışabilmekte ve eksik veri olduğunda bu verileri işleyebilmektedir. Diğer algoritmalarından en büyük farkı veride normalizasyon yapılmasıdır. Algoritmada her özneliğin normalize edilmiş bilgi kazancı dikkate alınarak en iyi bilgi kazancını veren öznelilikler karar ağacına eklenir. Bu adımlar karar ağacındaki bütün ilerlemeler için tekrarlanır. Algoritmada ön budama ya da son budama gibi işlemler yapılabilmektedir (Elasan, 2019).

### **1.7.2. Gradyan Artırma (Gradient Boosting)**

Gradyan Artırma algoritması, Friedman tarafından 2001 yılında ortaya atılan karar ağacı tabanlı bir algoritmadır (Friedman, 2001). Karar Ağaçları, kök noktasıyla başlayan verilerin yorumlanmasıyla aşağı doğru dallanmalar yapan ve yapraklar oluşturan bir yapıya sahiptir. Karar Ağaçları, sınıflandırma ve regresyon tahminlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Karar Ağaçları, diğer birçok yöntemle kıyaslandığında anlaşılması ve yorumlanması kolay olduğundan kullanımı zaman içerisinde artış göstermiştir (Kelle & Yüce, 2022).



Şekil 8. Gradyan artırma yapısı (Deng vd., 2021)

Şekil 8’de Gradyan Artırma algoritmasının yapısı ifade edilmektedir. Gradyan Artırma algoritmasında ilk olarak oluşturulan karar ağacıyla bir tahmin değeri elde edilmektedir. Her yeni iterasyonda elde edilen tahmin değeri ile hedef arasındaki fark hesaplanarak yeni bir ağaç oluşturulmaktadır. Oluşturulan her yeni karar ağacı ile bir önceki ağaçta hesaplanan hatalar en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Amaç tahmin ile hedef arasındaki farkı sıfırlamaktır (Kelle & Yüce, 2022).

Gradyan Artırma algoritmasının avantajları arasında model doğruluğunda yüksek başarı elde edilmesi, esnek bir algoritma yapısına sahip olması, hataları azaltma yeteneği ve gürültülü veriye dayanıklılık bulunmaktadır. Bununla birlikte, veri setinde yeterli düzeyde düzenleme yapılmadığında aşırı öğrenme riski taşır. Ayrıca, algoritmanın yoğun hesaplama gerektirmesi nedeniyle büyük veri setleri için kullanımı zorlaşabilmektedir.

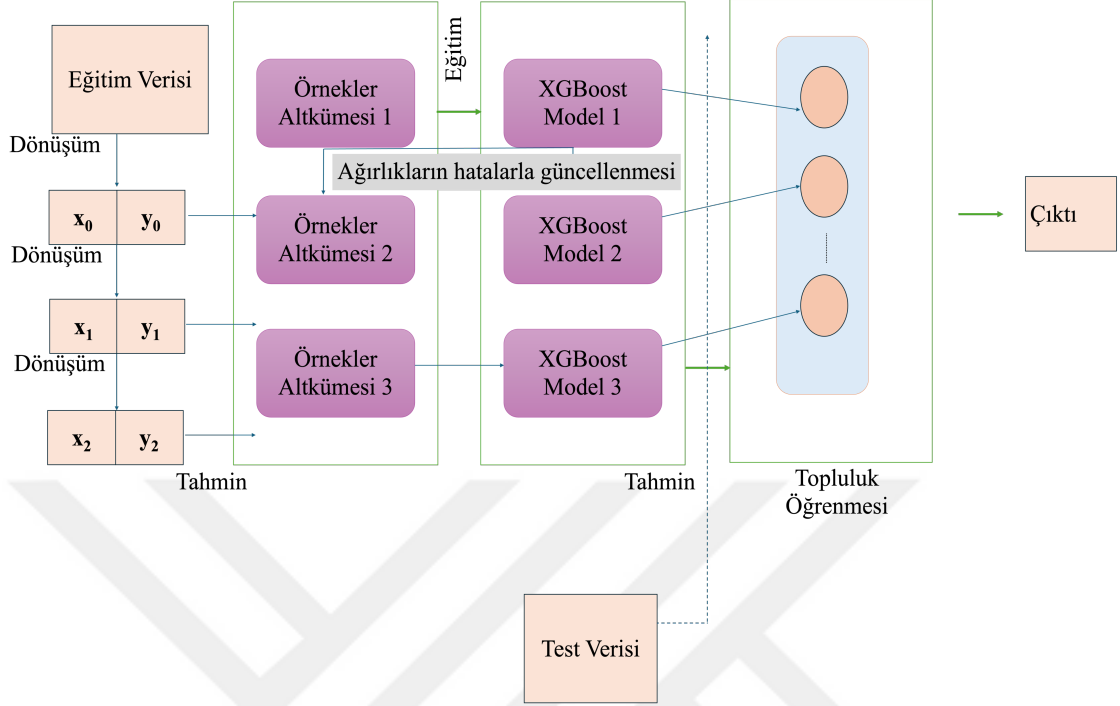


### 1.7.3. XGBoost Algoritması

XGBoost Algoritması, Chen ve Guestrin tarafından 2016 yılında geliştirilen karar ağacı tabanlı denetimli bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Karar Ağaçları, ağaca benzeyen yapısıyla kurallara dayalı olarak bir çıktı değişkenini tahmin etmeye çalışmaktadır. Bir girdi değişkeni ile başlayan bir dizi adımdan ve düğüm noktalarından oluşmaktadır. Son düğüm çıktı değişkeninin değerini vermektedir (Chen & Guestrin, 2016).

XGBoost, veri bilimi çalışmalarında kendi kendine öğrenen modellerin yüksek performans elde ettiği başarılı sonuçlar veren bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. XGBoost, ağaç yapısını artırırken adım adım öğrenen bir yapıya sahiptir. Bu sayede hata oranını minimum düzeye indirilebilmektedir. Tahmin yapılırken oluşturulan her bir ağaç önceki tahminlerdeki hataları azaltmayı hedefler.

XGBoost, Friedman'ın gradyan artırma algoritması temelli yeni nesil bir yöntemdir. Model karmaşıklığının azaltılması ve aşırı öğrenmenin önlenmesi için amaç fonksiyonuna normalizasyon işlemleri yapılarak öğrenme süreci daha hızlı hale getirilmektedir (Tokmak, 2023). Günlük hayatta, enerji, finans, sağlık gibi daha birçok alanda kullanılabilmekte olan XGBoost algoritması diğer algoritmalara göre daha yüksek tahmin gücüne ve hıza sahiptir (Yangın, 2019). XGBoost algoritmasının yapısı Şekil 9'daki gibidir.



Şekil 9. XGboost algoritma yapısı (Ma vd., 2021)

XGBoost, çok sayıdaki zayıf sınıflandırıcıyı bir araya getirerek güçlü sınıflandırıcı oluşturabilen güçlendirme algoritmalarından biridir. Öğrenme yeteneğinin çok iyi olması ve eğitimin hızlı olması sebebiyle büyük ilgi görmekte olan algoritma hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerinin çözümü için kullanılabilmektedir (Wang vd., 2020).

XGBoost algoritmasının avantajları aşağıdaki gibidir.

1. Algoritmanın baskın bir faktörü aşırı uyumdan kurtulmak için düzenleme yapabilme
2. Kayıp değerlerle çalışabilme
3. Performansın değerlendirilmesinde amaç fonksiyonuna esneklik katma
4. Kaydetme ve yeniden yükleme yapılabilmesi ile zamandan tasarruf
5. Model seçimi ve performansların değerlendirilebilmesi için çapraz tablo oluşturabilme (Ofazoğlu, 2022; Vishwakarma vd., 2023).

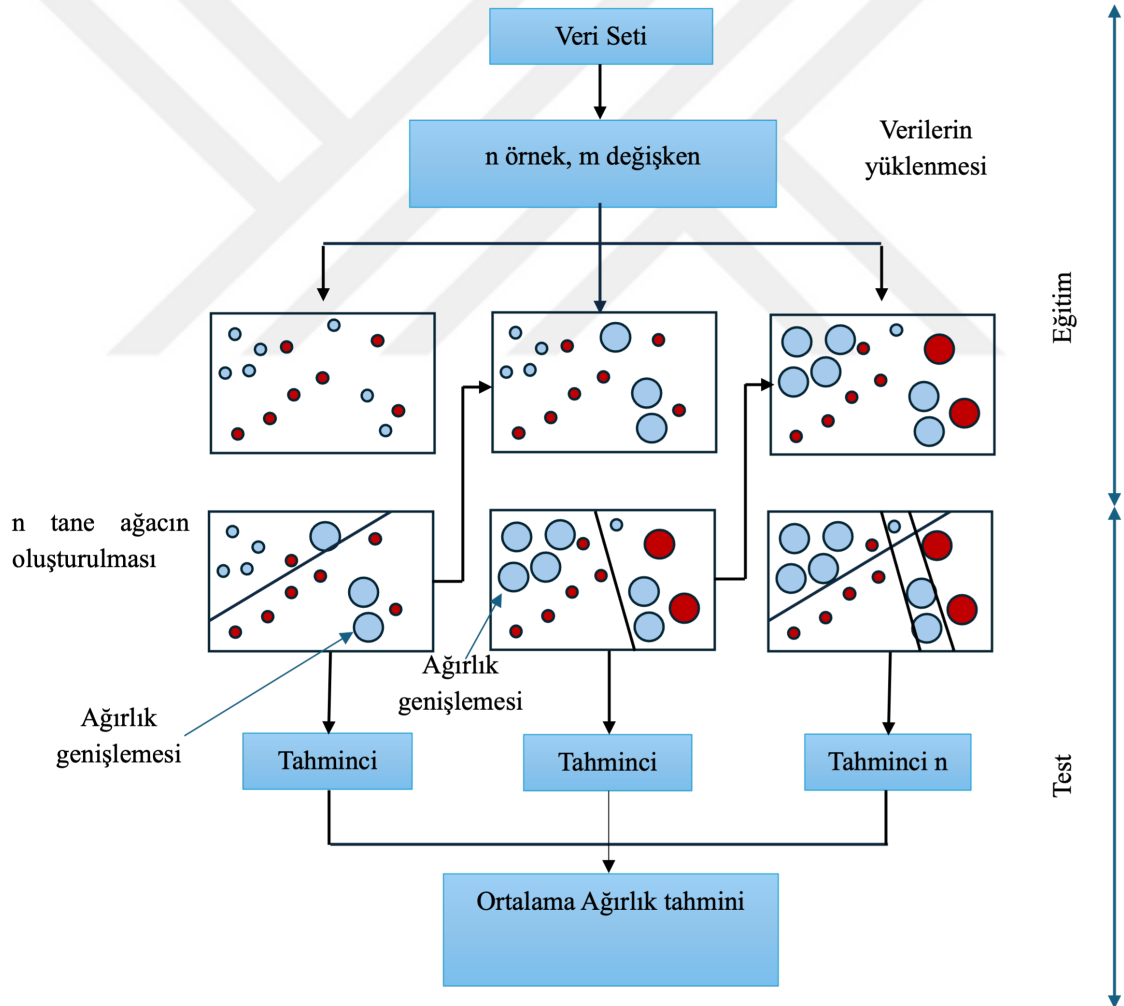
XGBoost algoritmasının dezavantajları aşağıdaki gibidir (Şimşek, 2024).

1. Çok boyutlu veri setlerinde aşırı uyuma yatkın olma
2. Çok sayıda ağaç oluşturulduğu için aşırı öğrenme riski
3. Eksik verilerle çalışamama

#### 1.7.4. CatBoost Algoritması

Gradyan Artırma (Gradient Boosting) algoritması heterojen değişkenler, gürültülü veriler ve karmaşık bağımlılıklar içeren problemleri çözebilen güçlü bir makine öğrenmesi tekniğidir. CatBoost, gradyan artırma tabanlı bir makine öğrenmesi algoritmasıdır.

CatBoost algoritması, 2017 yılında bir arama motoru olan Yandex araştırmacıları ve mühendisleri tarafından ortaya atılmıştır. Algoritmanın adı “category” ve “boosting” kelimelerinden türemiştir (Yang vd., 2023). CatBoost algoritmasının adımları Şekil 10’da ifade edilmiştir.



Şekil 10. CatBoost algoritma yapısı (Yang vd., 2023).

Günümüzde birçok yöntemle elde edilen veri setleri, genellikle heterojen yapıda olmaktadır. Yani, veri setlerindeki nicel ve kategorik değişkenler bir arada bulunmaktadır. Nicel değişkenler sayısal değerlerle ifade edilebilen ve üzerinde sayısal işlemler yapılabilen değişkenlerdir. Kategorik değişkenler ise, kısaca üzerinde sayısal işlemler yapılamayan değişkenleri ifade eder. Örneğin; boy, yaş gibi değişkenler nicel değişkenlere örnek verilebilmektedir. Cinsiyet, tedavi yöntemleri gibi değişkenler ise kategorik değişkenlere örnektir.

KA algoritmaları, genel olarak sayısal verilerle çalışabildiğinden veri setlerindeki kategorik değişkenlerin sayısal değerlere dönüştürülmesi gerekir. Veri setlerindeki kategorik değişkenler veri ön işleme adımları kullanılarak sayısal değerlere dönüştürülmektedir. Bu durumun aksine, CatBoost algoritması kategorik değişkenleri işleyebilir kategorik verilerin işlenmesi ise genellikle ön işleme aşamasında tamamlanmaktadır (Jabeur vd., 2021). CatBoost algoritması, kategorik değişkenler için en az bilgi kaybıyla iyi tahminler oluşturabilmektedir. CatBoost algoritması, kategorik değişkenleri kodlamak için sıralı artırma denilen bir yöntem uygular (Zhang vd., 2020).

LightGBM ve XGBoost algoritmalarına göre parametreleri ayarlamadan da daha iyi model tahmini yapılabilmektedir (Hua vd., 2024).

CatBoost algoritmasının avantajları aşağıdaki gibidir.

1. Kategorik değişkenlerle iyi bir şekilde çalışabilme
2. Tüm kategorik değişkenleri ve kombinasyonlarını veri setindeki diğer kategorik değişkenlerle birleştirme
3. Modelin hızlı eğitimi ve yüksek model tahmini yapabilme
4. Az veri olan durumlarda da çalışabilme
5. Ağaç yapısını seçerken yaprak değerlerinin tahmini için rastgele permütasyonlar ile aşırı uyumun önlenmesi (Jabeur, 2021; Zhang vd., 2020)

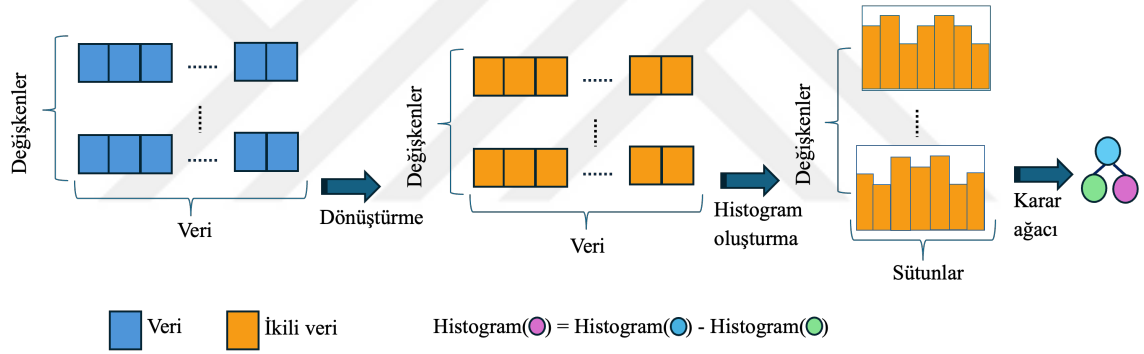
#### 1.7.5. LightGBM Algoritması

LightGBM algoritması, Ke ve arkadaşları tarafından 2017 yılında önerilen ve sınıflandırma, regresyon ve sıralama gibi çeşitli problemlerin çözümlerinde kullanılan gradyan artırma tabanlı bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. LightGBM, hızlıdır ve yüksek başarı oranı sağlayabilen bir algoritmadır. LightGBM, hesaplama verimliliğini arttırmaya

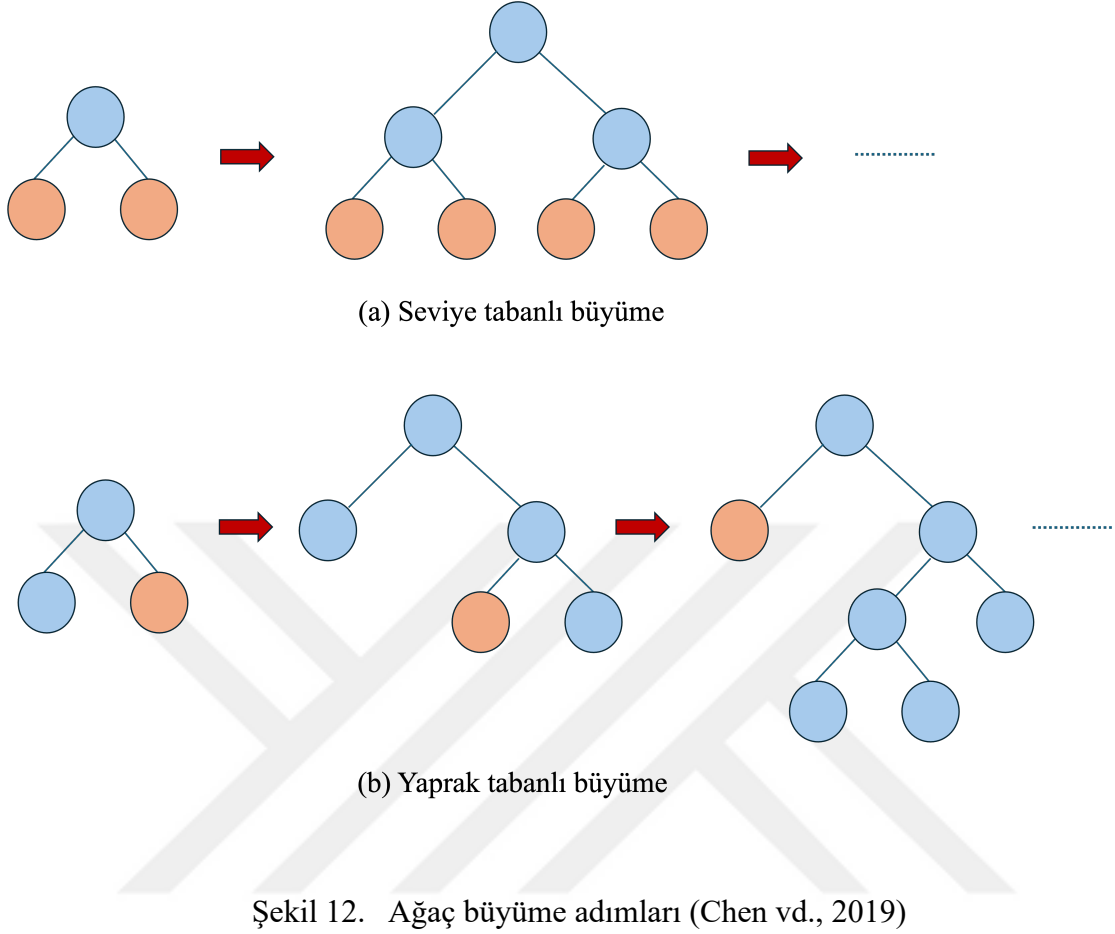
çalışmaktadır ve bu sayede büyük veri ile tahmin problemlerinin daha etkin bir şekilde çözülebilmesini sağlar (Ke vd., 2017)

LightGBM, modeli en iyi şekilde tahmin edebilmek için tek bir karar ağacının tahmini yerine birden çok karar ağacı tahminini birleştirerek model tahminini en iyiye ulaştırmaya çalışmaktadır. Bu şekilde, LightGBM algoritması, çoklu karar ağacı modellerini birbirlerine ekleyerek eğitir ve her yeni ağaç kendinden bir önceki modelin hatalarını tahmin etmeye çalışır (Chen vd., 2019).

LightGBM algoritması, veri setinin eğitim hızını artırmak ve bellek kullanımını azaltmak için histograma dayalı bir karar ağacı algoritması ve maksimum derinlik sınırı olan ağaç yapraklarına odaklı (leaf-wise) büyüme stratejisi kullanmaktadır (Liang vd., 2020). Şekil 11’de histograma dayalı bir karar ağacının nasıl bir yapıda olduğu gösterilmiştir.



Şekil 11. Histogram tabanlı karar ağacı yapısı (Liang vd., 2020)



LightGBM Algoritması'nda, Şekil 12'de (a) ve (b) olarak gösterildiği gibi her bir karar ağacının eğitim sürecinde ve veriler ayrılırken ağaç seviyesine odaklı(level-wise) ve ağaç yapraklarına odaklı(leaf-wise) olmak üzere iki strateji kullanılabilir. Seviye odaklı stratejide ağacın büyümesi süresince ağaç dengesi korunmaya çalışılırken, yaprak odaklı stratejide ise bölünme kaybın en çok azaltıldığı yapraktan devam etmektedir (Kesici, 2019). LightGBM algoritması bu yönüyle, diğer boosting algoritmalarından farklıdır.

Seviye bazlı strateji ile oluşturulan ağaçların herhangi biri yaprak bazlı strateji ile oluşturulabiliyorken bu durumun tam tersi geçerli değildir. Bu nedenle, büyük veri setlerinde yaprak bazlı stratejileri kullanmak daha iyi bir yoldur. Bunun yanı sıra, yaprak bazlı strateji ile seviye bazlı stratejide, aynı sayıda yaprak kullanımı söz konusu ise yaprak bazlı strateji kullanılarak oluşturulan karar ağacının derinliği seviye bazlı strateji kullanılarak oluşturulan karar ağacına göre daha fazla olmaktadır (Alshari vd., 2021; Dong vd., 2022; Wang vd., 2018).

Gradyan artırma tabanlı diğer algoritmalarda çok boyutlu veri setlerinde genellikle optimum bölme noktasının seçimi için ilgili değişkene ait tüm değerlerin taranması gerekir bu da zaman kaybına sebep olmaktadır. LightGBM, bu gibi durumlarda zaman kaybının önlenmesi için diğer algoritmalarından farklı iki yöntem kullanmaktadır. Bu yöntemler Gradyan Tabanlı Tek Yönlü Örnekleme ve Özel Değişken Paketleme yöntemleridir (Luo & Chen, 2020).

Gradyan artırma algoritmasında her bir değişken için hesaplanan ayrı bir ağırlık yoktur. LightGBM algoritmasında ise farklı gradyanlara sahip örnekler bilgi kazancını etkilemektedir. Dolayısıyla, daha yüksek gradyanlara sahip örnekler yani daha az eğitilen örnekler bilgi kazancı hesabı üzerinde daha fazla etkiye sahiptir (Drin, 2024).

Gradyan Tabanlı Tek Yönlü Örnekleme (GTTYÖ), model tahmin değerini korumaya çalışarak değişken sayısını azaltmaya çalışmaktadır. GTTYÖ’de veri setindeki düşük gradyanlı örnekler çıkarılarak geriye kalan örnekler üzerinden bilgi kazancı hesaplanmaktadır. Gradyan Artırma algoritması, verilerin ağırlıklarını hesaplamayı gerektirmese de bilgi kazancı hesaplanırken her veri örneği farklı gradyana sahip olmalıdır (Hajihosseini vd., 2023). Gradyan Artırma algoritması, bilgi kazancını hesaplamak için veri setindeki tüm örnekleri değerlendirirken, GTTYÖ ise önemli verileri kullanarak sadece hedeflenen değişkenlere ait örnekleri kullanmaktadır.

Özel Değişken Paketleme (ÖDP), model tahmininin değerini düşürmeden veri setindeki değişken sayısını azaltmayı yani boyut indirgemeyi hedeflemektedir. ÖDP, veri setinde farklı zamanlarda 0 değerini alan değişkenleri birleştirir. Daha sonra orijinal değişkenlere bir ofset değeri ekleyip bunları birleştirerek değişkenlerdeki bilgileri tek bir değişkende tutabilmektedir (Hancock & Khoshgoftaar, 2021).

Sonuç olarak, GTTYÖ bilgi kazanımını hesaplamak için veri setindeki önemsiz verileri göz ardı ederek veri boyutunu azaltırken, ÖDP boyut indirgemek için değişkenleri bir araya getirmektedir.

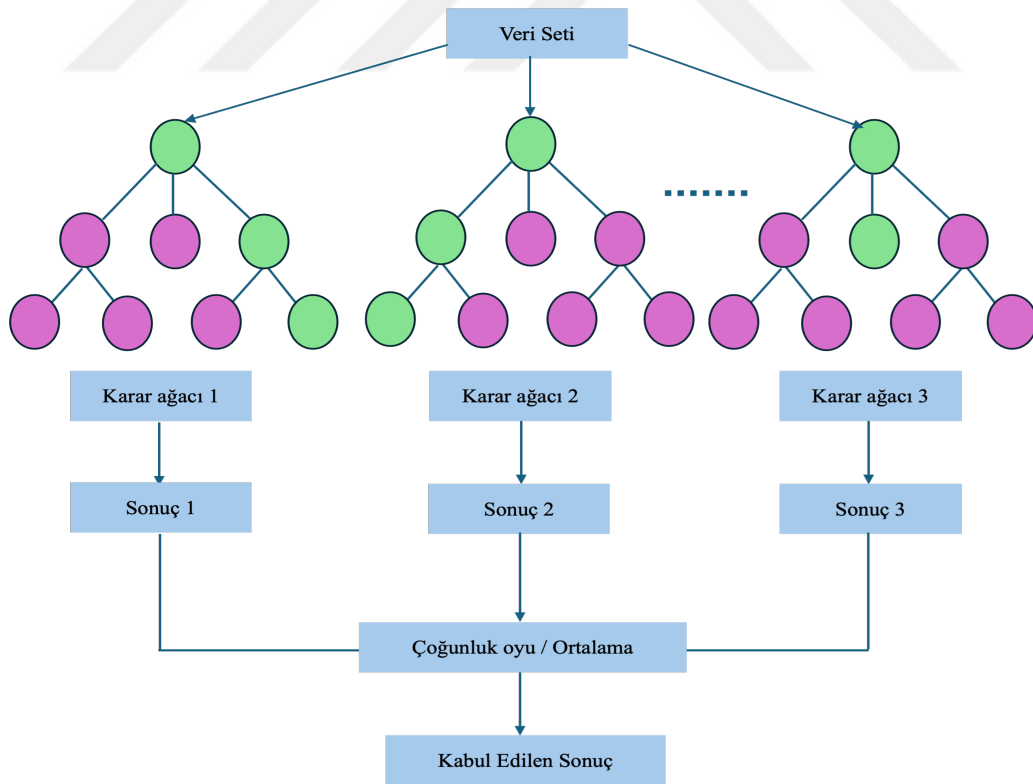
#### **1.7.6. Rastgele Orman Algoritması (Random Forest)**

Rastgele Orman Algoritması, 2001 yılında Breiman tarafından sadece bir karar ağacı üretmekten ziyade farklı eğitim kümeleri kullanarak eğitilen çok sayıda çok değişkenli ağacın birleşmesi adımlarını takip eden torbalama yöntemi ile geliştirilmiş ve Rastgele

Orman algoritması önerilmiştir. Rastgele Orman algoritması, ağaç dallanması sırasında her bir düğümdeki rastgele seçilen değişkenleri kullanarak ağaçları oluşturmaktadır. Bu aşamada, torbalama yönteminde olduğu gibi tüm değişkenler kullanılmaz (Breiman, 2001).

Rastgele Orman Algoritması, model eğitimi ve test edilmesi süresince çok sayıda karar ağacı oluşturularak oluşan sınıfların modu olan sınıfı çıktı olarak alan bir sınıflandırma algoritması yöntemidir. Rastgele Orman Algoritması'nda ağaç derinliği arttıkça karmaşıklık artar ama sonuç olarak model daha uygun olur (Topcu, 2023).

Bir girdi vektörü kullanılarak yeni değişkenlerin sınıflandırılabilmesi için bu vektör, oluşturulan ağaç yapılarının her birinde denir. Her ağaç belli bir etikete karar verir. Son sınıf etiketi tüm ağaç yapılarında en çok seçilen sınıfa ait olur (Topcu, 2023). Rastgele Orman, çok sayıdaki verilerin model tahminlerini en iyi şekilde yapabilmektedir. Bu sebeple algoritma kullanılmadan önce değişken seçme veya boyut indirgemeye gerek kalmadan analiz süreci başlatılabilmektedir. Ayrıca veri seti için de ön işleme adımlarına ihtiyaç duyulmamaktadır.



Şekil 13. Rastgele orman algoritma yapısı



Şekil 13'te görüldüğü gibi veri setinden faydalanılarak çok sayıda karar ağacı oluşmaktadır. Oluşan karar ağaçlarının sonuçları karşılaştırılarak oylama yapılır. Daha sonra ise çoğunluk oyu alan karar ağacı sonucu vermektedir.

Rastgele Orman, sınıflandırma ve regresyon problemlerinin çözümü için kullanılan klasik karar ağacı algoritmalarından farklı olarak istenen sayıda ağaç üretilmesi ve bu ağaçların her bir düğümdeki tahmin değerleriyle oluşturulabilmesi mümkündür (Breiman, 2001).

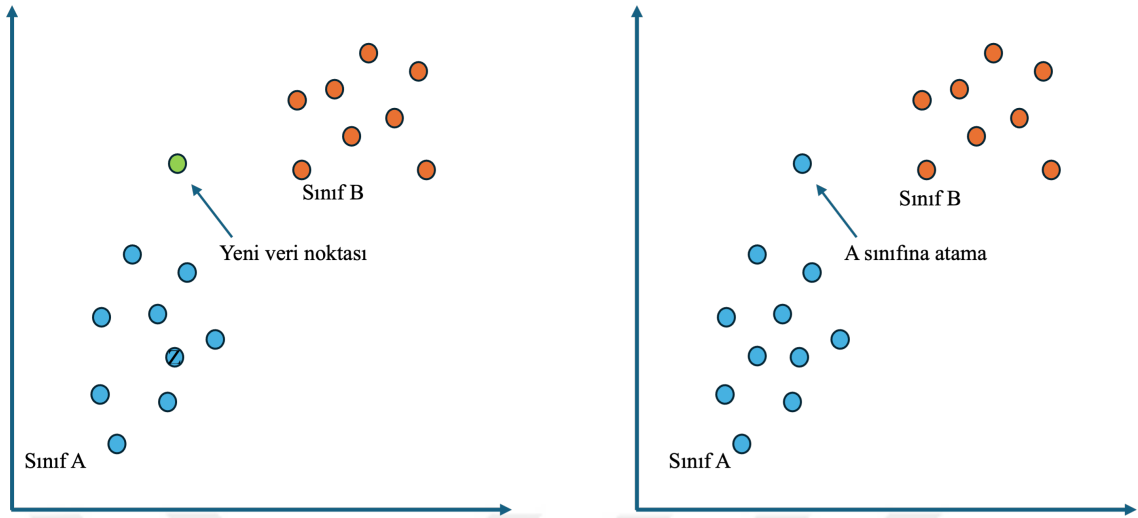
Rastgele Orman Algoritması'nın avantajları aşağıdaki gibidir (Breiman, 2001).

1. Büyük veri ile çalışabilme
2. Veri setindeki kayıp verilerle çalışarak model doğruluğunu koruma
3. Hızlı çalışan algoritma yapısına sahip olma
4. Aşırı uyum probleminin olmaması

#### **1.7.7. K-En Yakın Komşu Algoritması (K-Nearest Neighbors)**

K-en yakın komşu (KNN) algoritması, popüler bir denetimli makine öğrenmesi yöntemidir. KNN algoritması veri setindeki değişkenlere birer etiket değeri atar ve belirli sayıda kümeler oluşturur. Daha sonra veri setindeki etiketsiz olan verileri benzerlik durumlarına göre bu etiketli olan kümelere yerleştirir (Zhang, 2016). KNN algoritması, bütün değişkenler bir kümeye yerleştirildiğinde son bulur. Yani, sınıflandırılmamış yeni eklenen bir veri noktasının daha önce sınıflandırılmış olan veri kümelerindeki noktalara olan uzaklıkları hesaplanarak yeni gelen veri en yakın komşuya eklenir (Fang vd., 2023).

KNN algoritmasının performansı genellikle diğer yöntemlerden daha iyidir ve bazı durumlarda modelin tahmini için hesaplanan değer yani doğruluk oranı günümüzdeki teknolojik sınıflandırıcılardan daha yüksek çıkmaktadır. Örüntü tanıma, yüz tanıma, optik karakter tanıma, nesne tanıma, spam filtreleme, tıbbi tanı, el yazısı tanıma, alış-veriş sitelerinde ürün önerisi yapma vb. alanlarda kullanılmaktadır (Hassanat vd., 2014; Meral, 2019). KNN algoritma yapısı Şekil 14'teki gibidir.

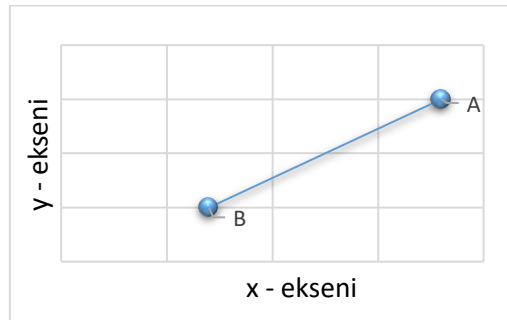


Şekil 14. KNN algoritma yapısı

KNN algoritmasının doğru ve en iyi şekilde çalışması için iki önemli adım vardır. Bu adımlardan ilki komşu sayısının (k) doğru olarak belirlenmesidir. Diğeri ise, yeni gelen değişkenlerin eğitilmiş olan verilerden oluşan komşu sınıflara olan uzaklığının (benzerliğinin) hesaplanmasıdır. Bu uzaklığın hesaplanabilmesi için bazı uzaklık formülleri kullanılmaktadır (Acet, 2022).

Öklid Uzaklığı, iki nokta arasındaki uzaklığın ölçüsüdür. Veri noktaları X-Y koordinat düzlemine yerleştirilerek X'lerin ve Y'lerin farklarının karesi alınarak toplanır ve en son bulunan değerın karekökü hesaplanır (Mulak & Talhar, 2013). Şekil 15'te verilen A ve B noktaları için öklid uzaklığı formülü aşağıdaki gibi uygulanarak sonuç hesaplanmaktadır.

$$d(A, B) = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (2)$$



Şekil 15. Öklid uzaklığı

Formül 2'deki  $d$  iki nokta arası uzaklık olarak ifade edilmektedir.  $A$  ve  $B$ , ise  $X$ - $Y$  koordinat düzlemindeki bu iki noktayı temsil eder.  $A$  ve  $B$  noktaları sırasıyla  $(x_1, y_1)$  ve  $(x_2, y_2)$  koordinatlarına sahiptir. Çok değişkenli veri setlerinde  $A$  ve  $B$  noktaları  $(x_1, x_2, \dots, x_n; y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$  şeklinde ifade edilebilmektedir.

Manhattan (City-Block) Uzaklığı, veri noktalarının koordinatlarının farkları alınarak bu değerlerin mutlak değerce toplanmasıyla elde edilmektedir.

$$d(A, B) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (3)$$

Formül 3'teki  $d$  Manhattan (City-Block) Uzaklığı'nı,  $n$  ise boyut sayısını ifade etmektedir. Manhattan (City-Block) Uzaklığı, Şekil 15'te örnek olarak verilen  $A$  ve  $B$  noktalarına göre  $|x_1 - y_1| + |x_2 - y_2|$  şeklinde hesaplanmaktadır.

Chebyshev Uzaklığı, iki nokta arasındaki maksimum uzaklığı ifade eder.

$$d(A, B) = \max |x_i - y_i| \quad (4)$$

Formül 4'deki  $d$  Manhattan (City-Block) Uzaklığı'nı,  $n$  ise boyut sayısını ifade etmektedir. Manhattan (City-Block) Uzaklığı, Şekil 15'te örnek olarak verilen  $A$  ve  $B$  noktalarına göre  $|x_1 - y_1|, |x_2 - y_2|$  şeklinde hesaplanır ve bu değerlerden hangisi en büyükse o seçilir.

Minkowski Uzaklığı, değeri hesaplanırken  $x_i$  ve  $y_i$ 'lerin mutlak değerce farkı alınarak, bu farkların  $p$ . kuvvetleri toplanır. Son olarak  $p$ . dereceden kök alma işlemi uygulanmaktadır.

$$d(A, B) = \sqrt[p]{\left( \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^p \right)} \quad (5)$$

Formül 5’te  $p$  pozitif değer alır.  $p$  değerinin bazı durumlarına göre bu uzaklık ölçütü diğer ölçütlerin değerini verebilmektedir. Örneğin;

- $p = 1$  ise Manhattan (City Block) Uzaklığı,
- $p = 2$  ise Öklid Uzaklığı,
- $p = \infty$  ise formüldeki mutlak değerce olan ifadenin en büyük değeri alınarak Chebyshev Uzaklığı hesaplanabilir(Alfeilat vd., 2017).

KNN algoritmasının avantajları aşağıdaki gibidir.

1. Kolay anlaşılabilen ve uygulaması kolay bir yapıda olması
2. Veri eğitiminin hızlı olması
3. Gürültülü verilerle çalışabilmesi
4. Kategorik verilerin sayısı fazla olduğunda da iyi performans sergileyebilmesi (Gayathri & Marimuthu, 2013; Jadhav & Channe, 2013).

KNN algoritmasının dezavantajları aşağıdaki gibidir (Alfeilat vd., 2017).

1. Her test verisi ile eğitim verileri arasındaki mesafenin hesaplanması gerektiği için hesaplama süresi artar.
2. Algoritma eğitim verilerinin hepsini hafızasında tutar bu nedenle yüksek hafızaya ihtiyaç vardır.

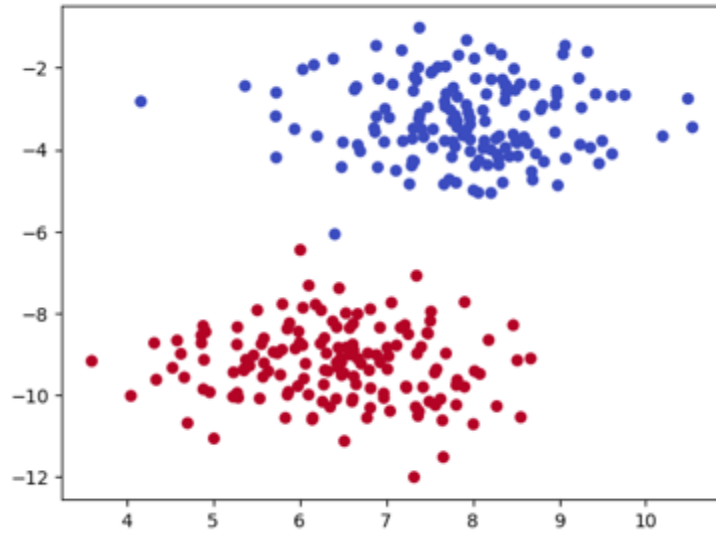
#### 1.7.8. Destek Vektör Makineleri (SVM - Support Vector Machine)

SVM algoritması sınıflandırma ve regresyon analizlerinde kullanılabilen denetimli bir makine öğrenmesi yöntemidir. Öğrenme işlemi sırasında bilinmeyen verilerde az işlem yapması ve model tahmin başarı olasılığının daha yüksek olması sayesinde diğer klasik algoritmalarından daha iyi performans gösterebilmektedir (Burges, 1998)

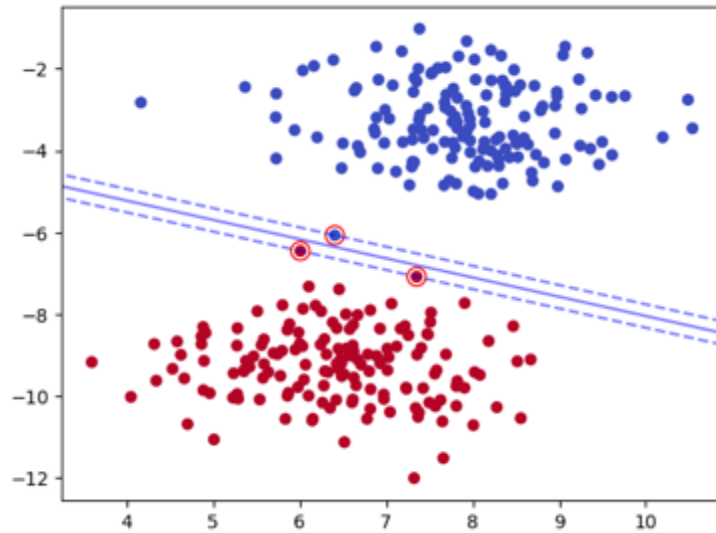
SVM algoritması, görüntü algılama, doğrulama ve tanıma, konuşma tespiti, iflas tahmin etme, uzaktan algılanan görüntü analizi, zaman serisi tahmini yapma, bilgi güvenliği sağlama gibi birçok farklı alanda uygulanmıştır (Boateng vd., 2020).

SVM hiper düzlemden yararlanarak çok boyutlu verileri iki sınıfa ayırmayı hedefler. SVM yönteminin asıl hedefi bu iki sınıf için en iyi ayırmayı yapan hiper düzlemin çizilmesidir. SVM yöntemi, çizilen hiper düzlemlerle destek vektör makineleri arasındaki

uzaklık (marjin) değeri maksimum olacak şekilde sınıflandırma yapmaya çalışır. Marjin hiper düzleme en yakın olan veriye ait noktayı belirtmek için kullanılır (Taya, 2022). SVM algoritması ilk olarak doğrusal bir sınıflandırma yöntemi olarak ortaya atılmıştır. Daha sonra doğrusal olmayan sınıflandırmalarda da kullanılmaya başlanmıştır (Rodriguez-Galiano vd., 2015).



Şekil 16. Değişkenlere ait saçılım grafiği



Şekil 17. SVM algoritması

Şekil 16’da rastgele oluşturulan 300 veriye ait saçılım grafiği görülmektedir. Şekil 17’de ise hiper düzlem çizilerek SVM algoritmasıyla sınıflandırma yapılmıştır. Kırmızı renkli daire içine alınmış noktalar destek vektör makinelerini ifade eder. Kesikli çizgilerle ifade edilen kısım ise hiper düzlemi göstermektedir.

### 1.7.9. Naive Bayes

Naive Bayes, denetimli makine öğrenmesi tabanlı bir sınıflandırma algoritmasıdır. Thomas Bayes tarafından 1812 yılında ortaya atılmış olan koşullu olasılık teorisi temelli bir yaklaşımdır. Koşullu olasılık daha önce meydana gelen olayların olasılıklarını hesaplayarak daha sonra meydana gelebilecek olayların olasılıklarının bulunmasını sağlamaktadır. Naive Bayes modeli oluşturulurken kategorileri belirli veriler eğitim verisi olarak alınmaktadır. Bu veriler kullanılarak öncel olasılıklar hesaplanır ve model kurulur. Etiketsiz değişkenler modele verilerek eğitim veri seti kullanılarak elde edilmiş olan olasılıklar hesaplanır. Hesaplanan bu olasılık değerleri kullanılarak etiketlenmemiş değişkenler üzerinde tahminler yapıp bu değişkenlerin etiketlerinin belirlenmesi sağlanmaktadır (Sammut & Webb, 2017).

Bayes teoremi, koşullu olasılık hesabı yapılabilmesini sağlar. Bayes teoremi, bir olayın gerçekleşme olasılığını aynı olayın etkisinde olan bir başka olayın gerçekleşme olasılığı ile ilişkilendirerek hesaplamaktadır.

$$P(A|B) = \frac{P(A) * P(B|A)}{P(B)} \quad (6)$$

$P(A|B)$  : B olayı gerçekleştiğinde A olayının da gerçekleşmesi olasılığı

$P(A)$ : A olayının gerçekleşme olasılığı

$P(B|A)$  : A olayı B olayı gerçekleştiğinde A olayının da gerçekleşmesi olasılığı

$P(A)$  : B olayının gerçekleşme olasılığı

### 1.7.10. Lojistik Regresyon

Regresyon, iki veya daha fazla değişken arasında ilişki olup olmadığını hesaplayabilen yöntemdir. Yöntem matematiksel olarak bir modelin oluşturulması ile değişkenleri tahmin edebilmektedir. Regresyon analizi yönteminde, bağımlı değişken sürekli olmalıdır. Bağımlı

değişken kategorik değişken olduğunda Lojistik Regresyon uygulanabilmektedir (Huang, 2021). Doğrusal regresyon analizinde bağımlı değişkenin değeri tahmin edilirken, lojistik regresyon analizinde ise bağımlı değişkenlerden birinin olasılığı hesaplanarak bu değişkenin olasılık değeri tahmin edilmeye çalışılmaktadır (Cox,1958).

Lojistik Regresyon Algoritması, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi kullanılabilecek en az sayıdaki değişkenle tanımlayabilmek ve anlamlı bir model kurulmasını hedeflemektedir. Modelin aynı zamanda iyi uyuma sahip olması da istenmektedir. Tabachnick, Fidell'e göre, gerekli olan tüm bağımsız değişkenler modele eklendikten sonra modelin sonuç değişkenini açıklama durumunun incelenmesine "uyum iyiliği kontrolü" denmektedir (Kartal, 2020).

Bağımlı değişken iki kategoriye sahipse ikili (binary) lojistik regresyon uygulanmaktadır. Bağımlı değişken ikiden fazla kategoriye sahipse çok değişkenli lojistik regresyon uygulanmaktadır.

Lojistik regresyon sağlık alanında hastalıklarda risk faktörlerinin belirlenmesinde ve tedavilerin belirlenmesi gibi durumlarda kullanılmıştır. Özellikle kanser araştırmalarında çok sık tercih edilmiştir. Yaşanılan yere veya mevsim değişimine göre hastalıkların dağılımı, ilaç etken maddesi seçimi, hizmet kalitesinin geliştirilmesi, mesleki memnuniyet belirleme ve her türlü sonucun oluşmasındaki nedenlerin araştırıldığı sınıflandırma çalışmaları gibi birçok çalışmada kullanılan bir algoritmadır (Tezer, 2018).

Lojistik Regresyon Algoritması'nın avantajları aşağıdaki gibidir (Kartal, 2020).

1. Çok değişkenli kategorik verilerle çalışma
2. Bağımsız değişkenlerin sürekli ya da kesikli olmasının önemli olmaması
3. Kolay yorumlanabilir parametrelere sahip olma
4. Bağımlı-bağımsız değişkenler arasında doğrusal ilişkinin zorunlu olmaması

### **1.8. Model Performans Değerlendirme Ölçütleri**

Makine öğrenmesinin kullanıldığı problemlerin çözümlerinde genellikle sınıflandırma algoritmaları kullanılmaktadır. Model sonuçlarının doğruluğunun değerlendirilmesi ve hata oranlarının belirlenebilmesi için karışıklık matrisi oluşturulmaktadır (Güldal & Çakıcı, 2017). Şekil 18'de karışıklık matrisi ifade edilmektedir.

|                 |         | TAHMİN DEĞERLERİ |                |
|-----------------|---------|------------------|----------------|
|                 |         | Pozitif          | Negatif        |
| GERÇEK DEĞERLER | Pozitif | DOĞRU POZİTİF    | YANLIŞ NEGATİF |
|                 | Negatif | YANLIŞ POZİTİF   | DOĞRU NEGATİF  |

Şekil 18. Karışıklık matrisi

True Positive (TP: Doğru Pozitif), pozitif sınıfına ait kaç tane verinin doğru sınıflandırıldığını temsil eder.

True Negative (TN: Doğru Negatif), negatif sınıfına ait kaç tane verinin doğru sınıflandırıldığını temsil eder.

False Negative (FN: Yanlış Negatif), gerçekte pozitif sınıfa ait olan bir verinin veri seti sınıflandırıldıktan sonra negatif sınıfa etiketlenmesidir.

False Positive (FP: Yanlış Pozitif), gerçekte negatif sınıfa ait olan bir verinin veri seti sınıflandırıldıktan sonra pozitif sınıfa etiketlenmesidir (Alan & Karabatak, 2020).

Sınıflandırma yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilen modelin başarısını ölçmek için karışıklık matrisindeki değerleri kullanarak hesaplanan bazı ölçüm değerleri vardır (Yangın, 2019). Bu değerler aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

Precision (Kesinlik), gerçekte pozitif sınıfta olup sınıflandırıldıktan sonra pozitif sınıfa etiketlenen veri sayısının pozitif sınıfa etiketlenen toplam veri sayısına oranıdır.

$$Kesinlik = \frac{TP}{TP + FP} \quad (7)$$

Accuracy (Doğruluk), bir sınıflandırma probleminin çözümünde sınıflandırıcının doğru tahmin ettiği veri sayısının toplam veri sayısına oranı ile hesaplanan değerdir.



$$Doğruluk = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (8)$$

Recall (Duyarlılık), gerçekte pozitif sınıfta olup sınıflandırıldıktan sonra pozitif sınıfa etiketlenen veri sayısının gerçekte pozitif sınıfta olan toplam veri sayısına oranıdır.

$$Duyarlılık = \frac{TP}{TP + FN} \quad (9)$$

F1 Skoru, kesinlik ve hassasiyet değerlerinin harmonik ortalamasıdır.

$$FSkoru = 2 * \frac{Kesinlik * Hassasiyet}{Kesinlik + Hassasiyet} \quad (10)$$

### 1.9. Boosting Algoritmalarının Karşılaştırılması

XGBoost, LightGBM ve CatBoost algoritmaları yapay zekâ ve makine öğrenmesi alanındaki problemlerin çözümü için kullanılan gradyan artırma(güçlendirme) tabanlı algoritmalarlardır. Şekil 19'da bu yöntemlerin tarihsel olarak ortaya çıkışı gösterilmektedir. Buna göre, ilk olarak Gradyan artırma algoritması ortaya atılmıştır. Gradyan artırma algoritması, algoritmadaki eksiklere odaklanılarak bu eksiklerin giderilmesi ve geliştirilmesiyle zamanla diğer algoritmalar geliştirilmiştir. Klasik karar ağacı algoritmalarından farklı olarak Gradyan artırma algoritmaları zayıf sınıflandırıcıları birleştirerek güçlendirmeyi ve böylece güçlü sınıflandırıcılar oluşturarak modeller üretmeyi hedeflemektedir. Algoritma her adımda oluşan hataları azaltmaya çalışarak güçlendirme işlemine devam eder. Bu çalışmada, Gradyan artırma tabanlı algoritmalar olan XGBoost, LightGBM ve CatBoost algoritmaları hem kendi aralarında hem de klasik makine öğrenmesi algoritmalarıyla karşılaştırılacaktır.



Şekil 19. Tarihsel gelişim

Şekil 19’da görülen algoritmalar sırasıyla Gradyan Artırma (Friedman, 2001), XGBoost (Chen & Guestrin, 2016), LightGBM (Ke vd., 2017) ve CatBoost (Yang vd., 2023) şeklindedir.

Bu algoritmalar klasik olarak nitelendirilebilen makine öğrenmesi algoritmalarıyla teknik özellikler ve performans bakımından karşılaştırılabilir. Klasik makine öğrenmesi yöntemleri denetimli, denetimsiz, yarı denetimli ve takviyeli öğrenme yöntemleri olarak genel bir çerçevede toplanmaktadır. Bu çalışmada kullanılacak olan klasik makine öğrenmesi yöntemleri ise, Karar Ağaçları, Rastgele Orman, KNN, SVM, Naive Bayes ve Lojistik Regresyon yöntemleridir.

XGBoost, LightGBM ve CatBoost algoritmaları genel olarak klasik makine öğrenmesi algoritmalarına göre daha iyi performans göstermektedir. Gradyan tabanlı modern algoritmalar olarak nitelendirilen bu üç algoritma, büyük ve karmaşık veri setlerinde eğitim sürelerinin hızlı olması sayesinde zamanı etkili bir şekilde kullanabilmeyi sağlar. Model performansının yüksek olması, algoritma adımları içerisinde düzenleme yapılabilmesi ve parametre ayarlama sayesinde aşırı uyum problemini çözer. Ayrıca, kategorik veriler ve kayıp değer içeren veri setlerinde çalışarak verileri doğrudan işleyebilirler. Böylece, veri ön işleme ihtiyacı azalmış olur ve modellerin uygulanabilirliği artar.

Klasik makine öğrenmesi yöntemleri, daha az veri içeren veri setleriyle daha iyi performans gösterebilmektedir. Fakat diğer üç algoritmaya göre daha çok veri ön işleme adımları gerekir ve aşırı uyuma karşı daha savunmasızdırlar. Oluşturulan modeller açısından karşılaştırmak gerekirse, klasik yöntemlerde daha basit ve anlaşılır modeller oluşturulmasına rağmen bu üç algoritma çok daha avantajlı durumdadır. Bellek kullanımı açısından karşılaştırılırsa, klasik algoritmalar daha az hesaplama gerektirir ve böylece daha az bellek kullanımı sağlanmış olur. Karmaşık modellerde model performansını güçlendirme açısından gradyan tabanlı modern yöntemler daha fazla hiperparametre ayarı sağlayabildiğinden klasik yöntemlere göre modelin performansını iyileştirme konusunda çok daha iyidirler. Ancak bu

durumda doğru hiperparametre ayarını bulmak bazen zorlaşabilir. Klasik algoritmalarda ise, hiperparametreler daha az olduğu için daha kolay kullanıma sahiptirler.

Sonuç olarak, XGBoost, LightGBM ve CatBoost algoritmaları yüksek performans ve hız gerektiren uygulama problemlerinin çözümünde klasik algoritmalara göre daha iyi sonuç vermektedir.

Bu üç algoritma kendi aralarında karşılaştırılırsa, CatBoost algoritması aynı derinlikteki her bir düğümün aynı koşula sahip olduğu gradyan artırma tabanlı bir algoritmadır. Bu sayede simetrik ve dengeli ağaçlar oluşturabilmektedir. XGBoost ve LightGBM ise asimetrik ağaçlar oluşturur. XGBoost ve LightGBM, asimetrik ağaç yapısı oluşturmaya rağmen XGBoost seviye bazında büyüme sağlarken, LightGBM yaprak bazında büyüme sağlar.

Özellikle daha büyük veri setlerinde XGBoost algoritmasına göre CatBoost ve LightGBM algoritmaları daha hızlıdır. LightGBM algoritması ağacı seçici olarak büyütmesine rağmen yine de XGBoost algoritmasına göre daha hızlıdır ve daha küçük modeller oluşturmaktadır.

Model tahmin süresi kıyaslanacak olursa, CatBoost diğer iki algoritmaya göre daha hızlıdır ve böylece daha kısa sürede tahmin yapılabilmesini sağlamaktadır. Farklı değişken türleri için XGBoost ve LightGBM algoritmalarında örneğin; çilek, elma, portakal, armut gibi farklı meyveleri içeren bir veri seti ele alınırsa çileğin “çilektir”, elmanın “elmadır” gibi kategorik olarak kodlanması gerekir. CatBoost algoritmasında bu şekilde diğer iki yöntemdekinden farklı olarak bir ön işlemeye gerek olmadan da kategorik veriler sıralı algoritmalar oluşturularak kodlanabilir. XGBoost algoritması kategorik verilerle çalışamazken, LightGBM kullandığı bir parametre ayarı ile kategorik verilerle de çalışabilmektedir.

CatBoost, XGBoost ve LightGBM algoritmalarına göre daha yüksek model performansı sağlar. CatBoost algoritmasının kategorik verilerle ilgili bazı tanımlamaları algoritmayı yavaşlatmasına rağmen yine de XGBoost algoritmasından daha hızlıdır.

XGBoost algoritmasının model doğruluğu ve eğitimi yüksektir. Bunun sebebi algoritmanın çok uzun yıllardır kullanılması ve böylece daha iyi öğrenme kaynaklarına ulaşılabilmesi ve geliştiriciler tarafından aktif olarak kullanılmasıdır. XGBoost algoritması kendinden önceki algoritmalara göre daha hızlı ve daha doğru tahminler oluşturmaktadır.

LightGBM algoritması, bölme kriteri belirlerken mevcut verideki örnekleri filtrelemek için yeni bir yöntem olarak GTTYÖ kullanırken, XGBoost algoritması en iyi bölme kriterini belirlemek için sıralanmış algoritma ve histogram tabanlı algoritma kullanmaktadır.

LightGBM algoritması, GTTYÖ kullanarak düşük gradyanlara sahip örnekleri atarak eğitim süresini kısaltır. Bu sayede bellek kullanımı azaltılmış olur. Ayrıca yaprak bazlı büyüme sayesinde daha derin ve daha doğru modeller oluşturulabilmektedir. XGBoost algoritmasında ise sıralanmış algoritma ve histogram tabanlı algoritma kullanılarak daha dengeli ağaçlar oluşturulabilir. Ama bu durum hesaplama maliyetini artırabilmektedir.

CatBoost algoritması ise, sıralı artırma algoritmaları kullanarak kategorik verilerle çalışabilmeyi sağlar. Bu farklılıklar, LightGBM'in çok boyutlu veri setlerinde daha hızlı çalışmasını sağlarken, XGBoost'un daha dengeli ve performansı yüksek modeller oluşturmasına yardımcı olur. CatBoost algoritması ise kategorik değişkenlerde üstün performans sağlamaktadır.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışmanın hedefi, YBÜ'ye gelerek değerlendirilmesi yapılan hastalara fizik tedavinin uygulanıp uygulanmayacağına karar verme noktasında uzman doktorlara yani fizyoterapistlere bir karar destek sistemi oluşturmaktır. Bu amaçla, hastaların değerlendirilmesi yapıldıktan sonra hastaların ihtiyaçları doğrultusunda fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarının planlanması amacıyla hastalara ait veriler hazırlanan veri toplama formuna kaydedilmiştir (EK-1). Veri girişinden önce Google Forms'lar kullanılarak veri formu dijital ortama aktarılmıştır. Böylece, veri girişi yapılırken kolaylık sağlanmıştır. Bu çalışmada kullanılacak olan veriler Trabzon KTÜ Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları Yoğun Bakım Ünitesi'ndeki hastaların değerlendirmeleri sonucunda toplanmıştır. Veri seti, hastaların değerlendirilmeleri yapılarak rehabilitasyon önerilip önerilmemesinin tahmini için çeşitli sınıflandırma yöntemlerine göre sınıflandırılacaktır. Toplamda 9 yöntem kullanılacak ve model tahminleri kıyaslanacaktır. Çalışmaya 56 hasta dahil edilmiştir. Fakat hastaların üniteye her gelişleri veya kalış süreleri göz önüne alındığında bir hastanın birden çok kez değerlendirilmesi yapılmış ve veri formuna kaydedilmiştir. Bu şekilde, çalışmada 56 hasta için toplam 247 kez değerlendirme yapılmıştır. Aşağıda çalışmada kullanılan değişkenler verilmektedir.

Veri setindeki değişkenler Demografik bilgiler, Primer yatış tanıları, Eşlik eden hastalıklar, Hastanın günlük durumu, Tedavi ve ilaç bilgileri, Vital bulgular ve solunuma ait değerler, Laboratuvar bulguları, Hastanın semptomları, Glasgow Koma Skalası, Richmond Ajitasyon Sedasyon Skalası, Kas iskelet sistemi değerlendirmesi, Mobilite değerlendirmesi ve Fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulama kararı şeklinde belirlenmiştir.

1. Demografik bilgiler: Hastanın yaşı, cinsiyet, boy, vücut ağırlığı, vücut kitle indeksi, sigara kullanımı
2. Primer yatış tanıları
3. Eşlik eden hastalıklar
4. Hastanın günlük durumu: Sepsis, Akut Böbrek Yetmezliği, Diyaliz, İleus, Deliryum, Beslenmeye ait bilgiler
5. Tedavi ve ilaç bilgileri: Sedatif ilaç, steroid, vazopressör, nöromusküler bloker ilaç kullanımı ve enfeksiyona ait bilgiler

6. Vital bulgular ve solunuma ait değerler: Kan basıncı, kalp hızı, ateş, kan glikoz düzeyi, solunum frekansı, oksijen saturasyonu, FiO2, solunum desteği
7. Laboratuvar bulguları: Hemoglobin, hemotokrit, trombosit, INR, lökosit, C-reaktif protein, sedimantasyon hızı
8. Hastanın semptomları: Hırıltılı solunum, sekresyon, nefes darlığı, öksürük, ödem, ağrı
9. Glasgow Koma Skalası: Hastanın göz açıklığını, sözel yanıtını ve motor yanıtını dikkate alarak bilinç düzeyini belirlemek için kullanılan bir araçtır. 3 ila 15 arasında puanlama yapılarak belirlenir. Puan değeri arttıkça bilinç düzeyi de artıyor demektir. Bu skalada en ciddi bilinç kaybı 3 puan iken, 15 puan ise normal bilinç düzeyini belirtir.
10. Richmond Ajitasyon Sedasyon Skalası: Hastaların ajitasyon ve sedasyon düzeylerini ölçmek için kullanılan bir değerlendirme ölçeğidir. Hastanın davranışları dikkate alınarak -5 ila 4 arasından puanlama yapılır. Pozitif değerler ajitasyonu, negatif değerler ise sedasyonu ifade eder.
11. Kas iskelet sistemi değerlendirmesi:
  - Normal eklem hareketi değerlendirmesi: Fizyoterapist tarafından alt ve üst ekstremitelerde eklem açıklığı değerlendirilerek normal, hafif kısıtlılık, orta kısıtlılık ve şiddetli kısıtlılık şeklinde sınıflandırılan ölçüttür. Alt ekstremitelerde bacakları, üst ekstremitelerde ise kolları ifade eder.
  - Kas kuvveti değerlendirmesi: Fizyoterapist alt ve üst ekstremitelerde kasları için değerlendirme yapmaktadır. Fizyoterapistin söylediklerini uygulayabilen veya söylenene cevap verebilen hastalarda kas kuvveti değerlendirmesi, üst ve alt ekstremitelere uygulanır ve 12 adet kas grubu değerlendirilir.
12. Mobilite değerlendirmesi: Yoğun Bakım Mobilite Skalası 10 seçenekten oluşmaktadır. “0” puan pasif aktiviteyi ifade ederken “10” puan yardımcı olmadan bağımsız yürümeyi ifade eder.
13. Fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulama kararı: Hastanın günlük değerlendirmesi sonucunda, fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamalarının önerilme, önerilmeme veya kısıtlı önerilme durumu belirlenir.

Yapılacak olan analizler için kullanılacak değişkenler Tablo 1’de aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan değişkenler

| Değişkenler                         | Değişkenler                       | Değişkenler                            |
|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|
| Zaman damgası                       | Sepsis                            | Oksijen saturasyonu                    |
| Tarih                               | Akut Böbrek Yetmezliği            | Spontan Solunum                        |
| Hasta Id                            | Diyaliz                           | Solunum Desteği                        |
| Hastanın Yaşı                       | İleus                             | FiO2(%)                                |
| Cinsiyet                            | Gaz/Gaita Çıkış GünP              | PaCO2                                  |
| Boy                                 | Deliryum                          | Dispne (Borg Skalası)                  |
| Vücut Ağırlığı                      | Kanama                            | Ateş                                   |
| BMI                                 | Beslenme                          | Hemoglobin                             |
| Tıbbi geçmiş                        | Sedatif İlaç                      | Hemotokrit                             |
| Sigara Kullanıyor Paket x Yıl       | Steroid                           | Trombosit                              |
| Sigara Bırakmış Paket x Yıl         | Vazopressör                       | INR                                    |
| Hiç Sigara Kullanmamış              | Nöromusküler bloker               | Lökosit                                |
| Sigara kullanımı değerlendirilemedi | Enfeksiyon                        | C-reaktif Protein                      |
| Primer Yatış Tanıları               | Diğer                             | Sedimentasyon Hızı                     |
| Komorbidite                         | Kan basıncı Sistolik              | Kan Glikoz Düzeyi                      |
| Charlson Komorbidite İndeks         | Kan basıncı Diastolik             | Hastanın Semptomları Hırıltılı solunum |
| Toplam Puan                         | Kalp hızı                         | Hastanın Semptomları Nefes darlığı     |
| Yoğun Bakım Süresi (Gün)            | Solunum frekansı                  | Hastanın Semptomları Öksürük           |
| Hastanın Semptomları Ödem           | Pasif Rom Sol El Bileği Ekstansör | Aktif Rom Sol                          |

Tablo 1'in devamı

| Değişkenler                               | Değişkenler                               | Değişkenler                                                 |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Hastanın Semptomları<br>Sekresyon         | Pasif Rom Sol Kalça<br>Fleksör            | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sağ<br>Omuz Abdüktör            |
| Ağrı                                      | Pasif Rom Sol Diz<br>Ekstansör            | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sağ<br>Dirsek Fleksör           |
| Hastanın Semptomları                      | Pasif Rom Sol Ayak<br>Bileği Dorsifleksör | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sağ<br>El Bileği Ekstansör      |
| Göz Yanıtı                                | Pasif Rom Sol                             | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sağ<br>Kalça Fleksör            |
| Motor Yanıt                               | Aktif Rom Sağ Omuz<br>Abdüktör            | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sağ<br>Diz Ekstansör            |
| Verbal Yanıt                              | Aktif Rom Sağ Dirsek<br>Fleksör           | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sağ<br>Ayak Bileği Dorsifleksör |
| Toplam Skor                               | Aktif Rom Sağ El Bileği<br>Ekstansör      | Kas Kuvveti Değerlendirilmesi Sağ                           |
| Richmond Ajitasyon<br>Sedasyon Skalası    | Aktif Rom Sağ Kalça<br>Fleksör            | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sol<br>Omuz Abdüktör            |
| Pasif Rom Sağ Omuz<br>Abdüktör            | Aktif Rom Sağ Diz<br>Ekstansör            | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sol<br>Dirsek Fleksör           |
| Pasif Rom Sağ Dirsek<br>Fleksör           | Aktif Rom Sağ Ayak<br>Bileği Dorsifleksör | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sol El<br>Bileği Ekstansör      |
| Pasif Rom Sağ El Bileği<br>Ekstansör      | Aktif Rom Sağ                             | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sol<br>Kalça Fleksör            |
| Pasif Rom Sağ Kalça<br>Fleksör            | Aktif Rom Sol Omuz<br>Abdüktör            | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sol<br>Diz Ekstansör            |
| Pasif Rom Sağ Diz<br>Ekstansör            | Aktif Rom Sol Dirsek<br>Fleksör           | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sol<br>Ayak Bileği Dorsifleksör |
| Pasif Rom Sağ Ayak<br>Bileği Dorsifleksör | Aktif Rom Sol El Bileği<br>Ekstansör      | Kas Kuvveti Değerlendirmesi Sol                             |
| Pasif Rom Sağ                             | Aktif Rom Sol Kalça<br>Fleksör            | Mobilite                                                    |
| Pasif Rom Sol Omuz<br>Abdüktör            | Aktif Rom Sol Diz<br>Ekstansör            | Uzman Doktor Görüşü                                         |
| Pasif Rom Sol Dirsek<br>Fleksör           | Aktif Rom Sol Ayak<br>Bileği Dorsifleksör | Rehabilitasyon Kısıtlı Önerildi                             |



Yoğun bakım ünitelerinde hastalara uygulanan tedavilerin sonucunda bazı hastalar yeniden servise yönlendirilebilmekte veya sağlıklı bir şekilde evlerine dönebilmektedir. Bazı durumlarda ise hastalarda belli bir süre sonra yeniden yoğun bakım veya fizik tedavi ihtiyacı oluşabilmektedir. Bu sebeple, çalışmada toplanan veriler bir hastanın birkaç kez gelişini kapsayabilmektedir. Ayrıca hastaların gün gün değerlendirilmesi dikkate alındığında yine aynı durum oluşmaktadır. Örneğin, bir hastanın ilk değerlendiriliş tarihi dikkate alınırsa diğer günler de yoğun bakımda kalmaya devam ederse yeniden değerlendirmeler olacaktır. Bu durum, hastaların her gelişine ve hastaların kalış sürelerine göre kodlanmıştır.

Veri seti düzenlemesinde hastaların her birine kod verilmiştir. Örneğin;  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{30}$ ;  $B_1, B_2, B_3, \dots, B_{30}$  şeklinde harflendirme yoluyla her harf için 30 hasta kaydedilerek kodlanmış olup farklı bir tabloda tutulmuştur. Bu şekilde hastaların durumu yeniden değerlendirildiğinde hangi hastanın bilgilerinin nereye ait olduğu tutulabilecektir.

Veri girişi yapılırken hastaların yoğun bakım ünitesinde kalış süresi ve birden çok kez geliş göz önüne alınarak her hastaya kodun yanında bir de ayrı ayrı sıra numarası verilmiştir. Bu şekilde, Hasta ID olarak veri girişi yapılmıştır. Örneğin; ilk kez gelen bir hastanın ilk değerlendirmesi veri formunda A1\_1 şeklinde kodlanmaktadır. Bir sonraki gün veya yoğun bakıma bir sonraki gelişindeki değerlendirmesinde ise A1\_2 şeklinde kodlanır. Veriler bu şekilde kodlanarak sıralama devam eder. Bu şekilde verilen kodların, Google Forms’larda Hasta ID değişkeni benzersiz değer olarak alınarak veri girişi yapılmıştır. Tablo2’de anlatıldığı gibi kodlama yapılmıştır.

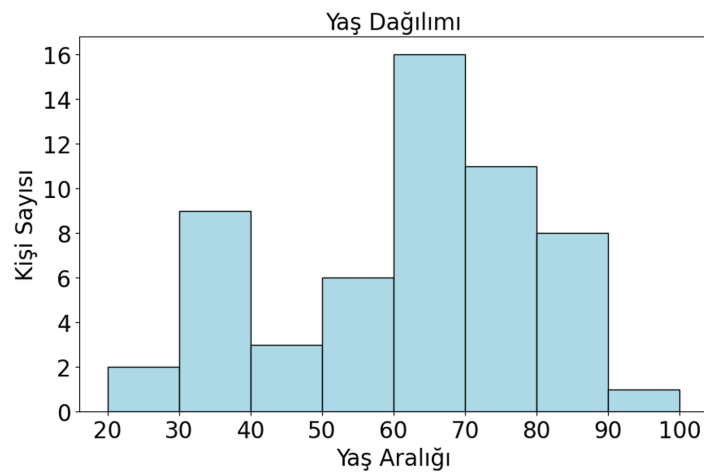
Tablo 2. Hastalar için ID’lerin tanımlanması

| Tarih      | Hasta Id |
|------------|----------|
| 21.03.2024 | A1_1     |
| 22.03.2024 | A1_2     |
| 25.03.2024 | A1_3     |
| 26.02.2024 | A2_1     |
| 27.02.2024 | A2_2     |

Çalışmada toplam 108 değişken kullanılmıştır. Karar değişkeni yani bağımlı değişken Uzman Doktor Görüşü değişkenidir. “Zaman Damgası” verilerin giriliş zamanını ifade eder. Zaman damgası, Tarih ve Hasta Id sütunları dışındaki kalan veriler bağımsız değişkenleri yani X değişkenlerini ifade eder. Analiz yapılmadan önce bu 3 sütun dışındaki veriler seçilmiştir ve analiz o şekilde yapılmıştır.

Veri formlarının Google Forms üzerinden girişi yapıldıktan sonra veriler bir dosyaya kaydedilmiştir. Sınıflandırma algoritmalarının daha doğru ve güvenilir olarak çalışabilmesi için bağımsız değişkenlerin sayısallaştırılması gerekir. Bunun için de genellikle veri ön işleme ve veri temizleme işlemleri yapılmaktadır. Kategorik değişkenlerin sayısallaştırılması için One Hot Encoding yöntemi kullanılmıştır. One Hot Encoding ikiden fazla kategorik değere sahip değişkenlerin bulunduğu sütunlarda her bir hücreye göre değerlendirme yaparak o hücrede değer varsa “1” yoksa “0” değeri verilerek veri setine yeni sütunlar eklenir. Böylece kategorik değişkenler sayısallaştırılmış olur. Verideki kayıp değerler gerekli olan kısımlarda ortalama ve mod ile tamamlanmıştır. Çünkü sınıflandırma algoritmalarının hemen hemen hepsi veri setinde kayıp değer varken çalışmamaktadır.

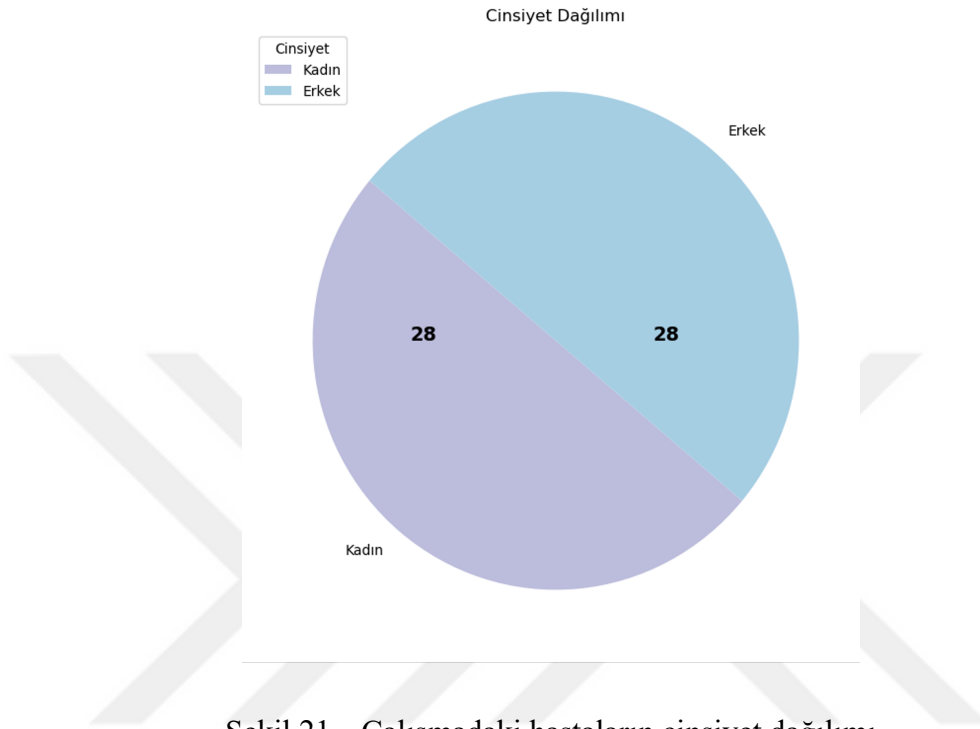
Verilere gerekli düzenleme işlemleri yapıldıktan sonra çalışmaya katılan hastaların yaş aralığı, cinsiyeti gibi özellikleri grafiklerle özetlenmiştir.



Şekil 20. Yaş grafiği

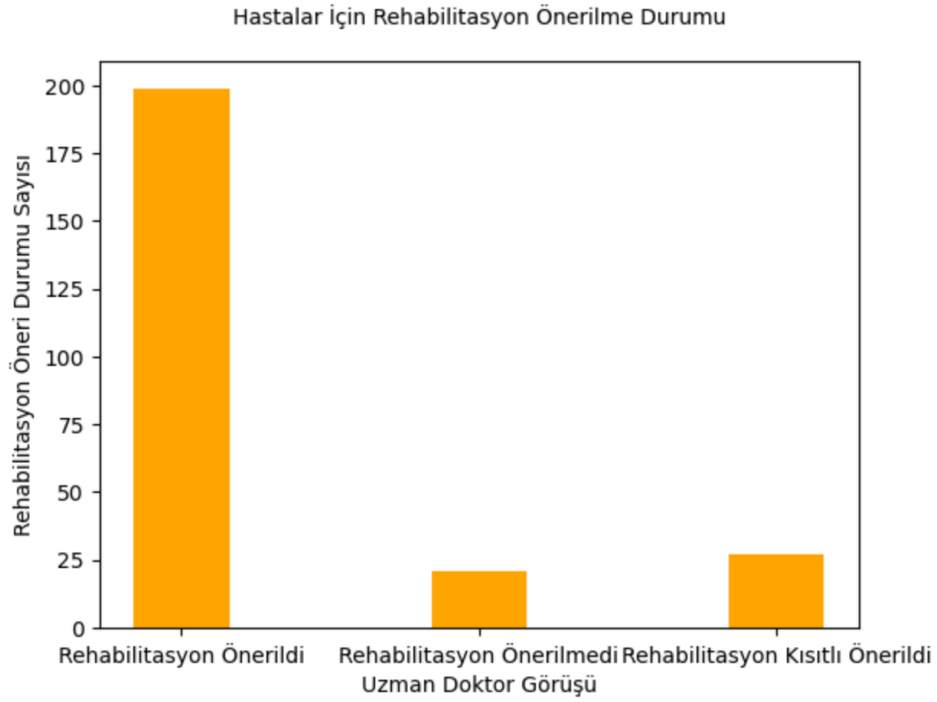
Şekil 20’ de görüldüğü gibi çalışmaya katılan hastaların yaş aralığı 20-90’lı yaşlar arasında değişmektedir. Burada, min hasta yaşı 21 ve max hasta yaşı ise 94’tür. Bu grafik daha önce açıklandığı gibi hastaların ilk değerlendirmesine ait tutulan dosyadan çizilmiştir.

Hastaların yaş ortalaması 61,14 ve standart sapması 18,09 olarak hesaplanmıştır. Grafikten de anlaşılacağı üzere en çok kişi sayısına sahip yaş aralığı 60-70 yaş aralığıdır.



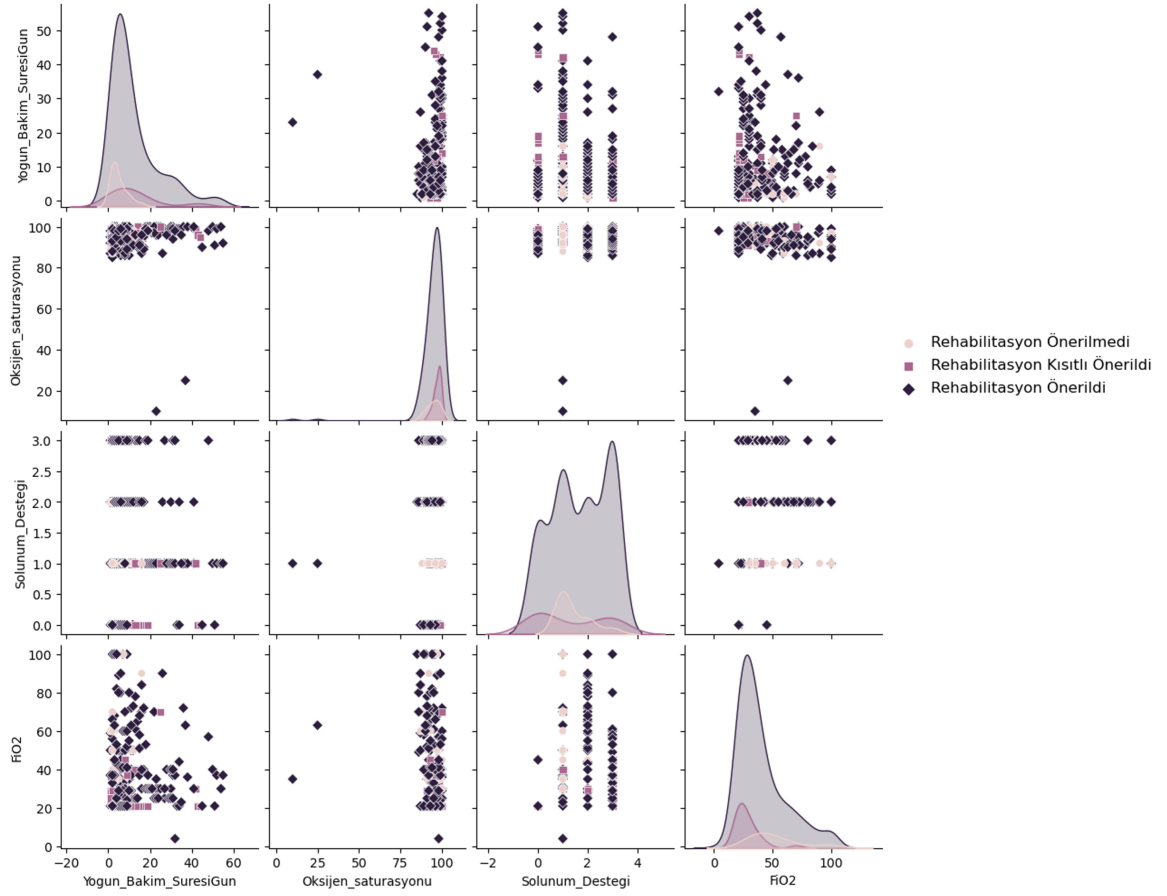
Şekil 21. Çalışmadaki hastaların cinsiyet dağılımı

Şekil 21’de görüldüğü gibi çalışmaya dahil edilen hastaların %50’si erkektir ve %50’si de kadındır. Toplam 56 hastanın olduğu çalışmada 28 erkek, 28 de kadın hasta bulunmaktadır.



Şekil 22. Rehabilitasyon öneri durumu

Şekil 22’de Uzman doktorların verdikleri karara göre yapılan hasta değerlendirmeleri sonucunda rehabilitasyon önerilmesi, önerilmemesi veya kısıtlı önerilmesi sayısal olarak ifade edilmiştir. 200 kez Rehabilitasyon Önerildi, 25 kez Rehabilitasyon Önerilmedi ve 27 kez Rehabilitasyon kısıtlı önerildi seçeneklerine karar verilmiştir. Yapılacak olan bu tez çalışmasında fizyoterapistlere yardımcı olabilmek adına yanlış tedavilerin önüne geçilmesi ve hızlıca karar verilebilmesi için yardımcı olabilecek karar destek sistemi geliştirilmiştir.



Şekil 23. Uzman doktor görüşü için karşılaştırma

Şekil 23'te fizyoterapistlerin rehabilitasyon önerilip önerilmemesine karar verirken en çok dikkat ettiği değişkenlerden bazılarının saçılım ve dağılım grafikleri verilmiştir. Uzman doktorlar yani fizyoterapistlerin hasta değerlendirmesinden sonraki adımda rehabilitasyon önerilmesine karar verirken kullandıkları değişkenler daha fazladır. Çalışmada hepsi detaylıca veri setine eklenmiştir. Burada kullanılan değişkenler öngörü olması açısından uzman doktor bilgisine danışılarak grafiğe eklenmiştir.

Veriler eğitim ve test verisi olarak ayrılmıştır. Verilerin %80'i eğitim verisi olarak %20'si de test verisi olarak alınarak karşılaştırılacak olan sınıflandırma problemlerine koyulmuştur.

Bu çalışma kapsamında modern makine öğrenmesi algoritmalarından olan XGBoost, CatBoost, LightGBM algoritmaları ile klasik makine öğrenmesi algoritmalarından KNN, Destek Vektör Makineleri, Naive Bayes ve Lojistik Regresyon algoritmalarının model performansı ölçülerek karar mekanizması oluşturulacaktır.

Modern makine yöntemlerinin performansı diğer klasik yöntemlere göre daha yüksektir. Özellikle büyük veri setleri için bu algoritmalar klasik yöntemlere göre daha iyi tahmin performansı sağlayabilmektedirler. Çünkü topluluk yöntemleri tabanlı olan bu yöntemler birden çok zayıf öğreniciyi birleştirerek güçlü bir tahmin modeli oluşturmaktadır. Örneğin, XGBoost ve LightGBM birden çok karar ağacını bir araya getiren gradyan artırma tabanlı iki yöntemdir. Böylece daha doğru ve güvenilir tahminler elde edilebilir.

Ayrıca modern makine öğrenmesi yöntemleri aşırı uyumu azaltabilmektedir. Aşırı uyum, bir modelin eğitim verilerine aşırı uyum sağlayarak yeni gelecek olan değişkenlerin sınıfını yanlış tahmin etmesi durumudur.



### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Klasik makine öğrenmesi yöntemleri, uzun bir geçmişe dayanır ve genellikle doğru parametre ayarlarıyla iyi tahmin sonuçları verebilirler. Örneğin, SVM, lineer regresyon, ve KNN gibi klasik yöntemler, veri setinin yapısına ve boyutuna bağlı olarak güçlü sonuçlar verebilir. Bu yöntemler genellikle basit matematiksel formüllere dayanır. Böylece, model başarı tahminini anlaşılması ve yorumlanması kolay olur.

XGBoost, CatBoost, LightGBM gibi daha yeni makine öğrenimi yöntemleri diğer klasik yöntemlere kıyasla daha karmaşık ve esnek modeller oluşturabilmektedir. Bu yöntemler, ağaç tabanlı öğrenme algoritmalarını temel aldıkları için daha yüksek model tahmin başarısına sahiptir. Özellikle çok boyutlu ve karmaşık veri setlerinde, bu algoritmaların performansı genellikle klasik yöntemlerden daha iyidir.

Sonuç olarak, klasik makine öğrenimi yöntemleri genellikle kolay çalışılabilen veri setleri için uygun olabilirken, XGBoost, CatBoost, LightGBM algoritmaları, büyük veri setleri ve karmaşık ilişkilerle başa çıkabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında sınıflandırma ve model tahminlerinin yapılabilmesi için makine öğrenmesi yöntemlerinden farklı sınıflandırma yöntemleri olan 9 farklı yöntem karşılaştırılarak model tahminlerinin başarısı ölçülmüştür. Yöntemler iki gruba ayrılarak kendi içlerinde karşılaştırılarak en iyi sonucu hangi grubun verdiğine karar verilecektir.

1. grupta karşılaştırılacak yöntemler sırasıyla XGBoost, CatBoost ve LightGBM 'dir.  
2. grupta karşılaştırılacak diğer 6 yöntem ise Karar Ağaçları, Rastgele Orman, KNN, SVM, Naive Bayes ve Lojistik Regresyon'dur.

Model tahminleri yapılırken model performansını en iyi şekilde ifade edebilecek değişkenler hiperparametre optimizasyonu yapılarak seçilmiştir.

XGBoost algoritması için kullanılan parametreler 'eta': 0.2, 'learning\_rate': 0.1, 'max\_depth': 4, 'n\_estimators': 100 ve 'subsample': 1.0 olarak alınmıştır.

eta: Öğrenme katsayısıdır. [0,1] arasında değer alır.

learning\_rate: Öğrenme oranıdır.

max\_depth: Ağacın derinliğini ifade etmeye yarayan parametredir.

n\_estimators: Model tahmini yapılırken modelin kaç tane zayıf sınıflandırıcıdan oluşacağını belirlemeye yarayan parametredir.

subsample: XGBoost'un ağaçları büyütmeden önce eğitim verilerinin oran olarak ne kadarını rastgele örnekleyeceğini belirtmek için kullanılır.

CatBoost algoritması için kullanılan parametreler 'depth': 2, 'iterations': 500, 'learning\_rate': 0.8, 'loss\_function': 'MultiClass' olarak alınmıştır.

depth: Her bir karar ağacının maksimum derinliğini ifade eder.

iterations: Algoritma kurulurken oluşabilecek maksimum ağaç sayısını belirlemeye yarar. İterasyon sayısını sınırlayıcı başka parametreler kullanılırsa bu sayıdan da daha az ağaç üretilebilir.

learning\_rate: Öğrenme oranıdır. Zayıf sınıflandırıcıların her biri (genellikle karar ağaçları) için performansa katkısının ne kadar olacağını belirleyen bir hiperparametredir.

loss\_function: Modelin hipermatrelerinin ayarlanması ve optimize edilmesini sağlar.

LightGBM algoritması için kullanılan parametreler 'max\_depth': 6, 'num\_class': 2, 'num\_leaves': 40 olarak alınmıştır.

max\_depth: Maksimum derinliği belirlemeye yarar. Ağaç yaprak bazında büyür. Aşırı uyumla başa çıkmak için kullanılan bir parametredir.

num\_class: Çok sınıflı sınıflandırma problemlerinde kullanılır. Sınıf sayısını belirlemeye yarar.

num\_leaves: Her bir karar ağacı için maksimum yaprak sayısını belirlemeye yarar.

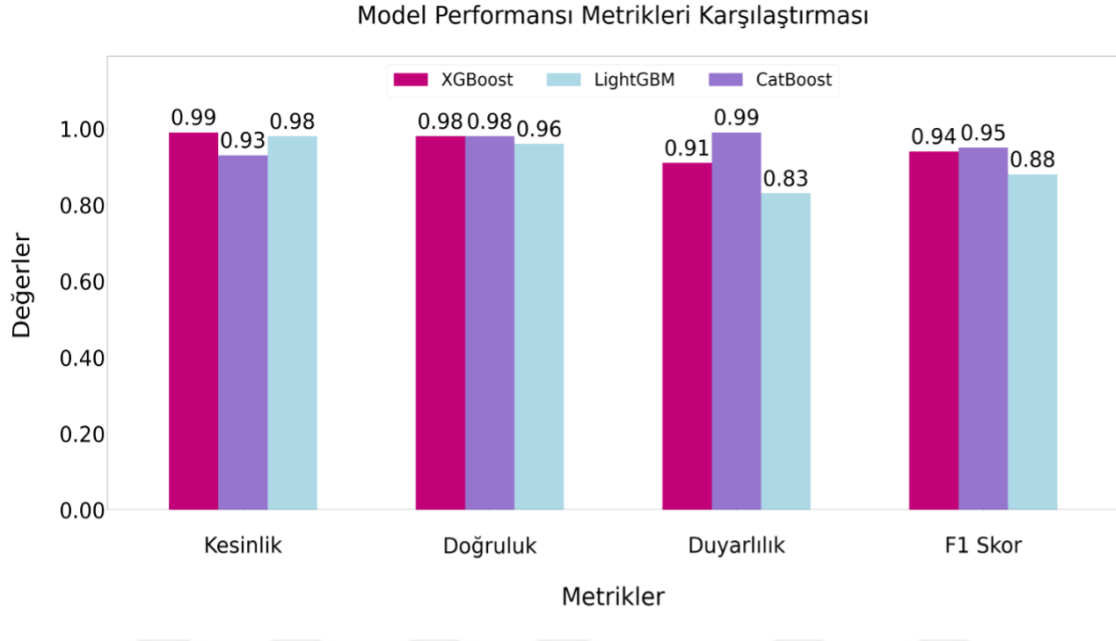
Tablo 3. Farklı yöntemlere göre model performansı karşılaştırması 1. grup

| Performans Metrikleri | XGBoost | CatBoost    | LightGBM |
|-----------------------|---------|-------------|----------|
| Precision             | 0.99    | 0.93        | 0.98     |
| Accuracy              | 0.98    | 0.98        | 0.96     |
| Recall                | 0.91    | 0.99        | 0.83     |
| F1 Score              | 0.94    | <b>0.95</b> | 0.88     |

Python Programı kullanılarak yapılan sınıflandırmalar sonucunda karşılaştırılan 1. grup içerisinde model tahmin performansı için Tablo 3'teki F1 skoru değerlerine bakılırsa

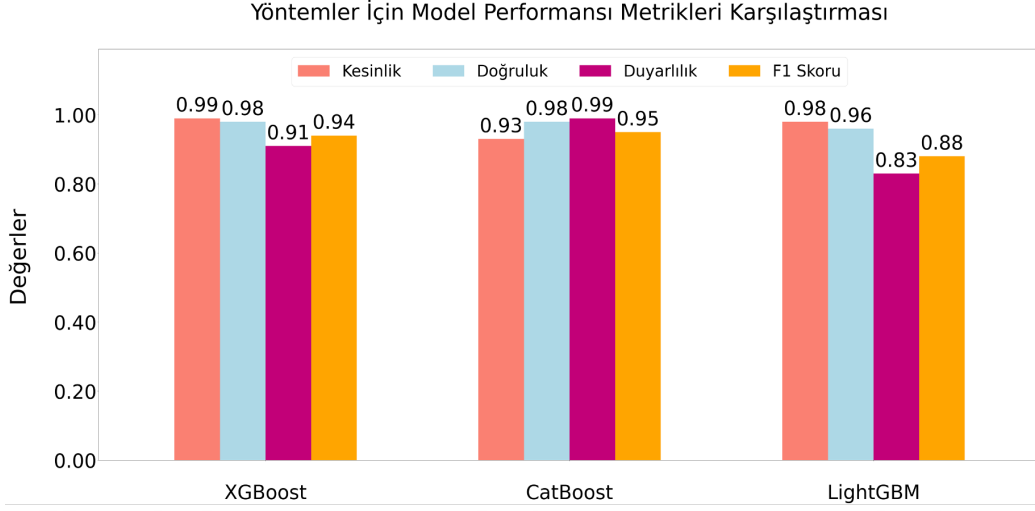


sırasıyla sonuçlar XGBoost algoritması için 0.94, CatBoost Algoritması için 0.95 ve son olarak LightGBM Algoritması için 0.88 bulunmuştur. Algoritmalar arasındaki karşılaştırmada bu grup içerisinde 0.95 ile en iyi sonucu veren CatBoost algoritmasıdır.



Şekil 24. Model performansı metrikleri karşılaştırması 1. grup

Şekil 24'teki grafikte 1. gruptaki sınıflandırma yöntemleri olan XGBoost, CatBoost ve LightGBM algoritmalarına ait Kesinlik, Doğruluk, Duyarlılık ve F1 Skor değerlendirme metrikleri her sınıflandırma yöntemi için her renk farklı bir algoritmayı ifade edecek şekilde gösterilmiştir. Örneğin, mor renkli sütunlar sırasıyla CatBoost Algoritması'nın Kesinlik, Doğruluk, Duyarlılık ve F1 Skor model metriklerini ifade etmektedir. CatBoost Algoritması için bu değerler sırasıyla 0.93, 0.98, 0.99 ve 0.95'tir.



Şekil 25. Farklı yöntemler için performans değerlendirme metrikleri 1. grup

Şekil 25'teki grafikte 1. gruptaki sınıflandırma yöntemleri olan XGBoost, CatBoost ve LightGBM algoritmalarına ait Kesinlik, Doğruluk, Duyarlılık ve F1 Skor değerlendirme metrikleri her algoritma için kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Örneğin, ilk sütun Kesinlik, ikinci sütun Doğruluk, üçüncü sütun Duyarlılık ve son olarak dördüncü sütun F1 Skor metrik değerlerini ifade eder. CatBoost Algoritması için bu değerler sırasıyla 0.93, 0.98, 0.99 ve 0.95'tir.

Karar ağaçları algoritması için kullanılan parametreler 'criterion': 'gini', 'max\_depth': 20, 'max\_leaf\_nodes': 4, 'min\_samples\_split': 2, 'splitter': 'best' olarak alınmıştır.

criterion: Bir bölünmenin kalitesini ölçmeye yarayan parametredir.

max\_depth: Maksimum ağaç derinliğini belirlemek için kullanılan parametredir.

max\_leaf\_nodes: Bir ağacın sahip olabileceği maksimum yaprak düğüm sayısını belirlemeye yarar.

min\_samples\_split: Bir düğümün dallanması için gereken minimum örnek sayısını ifade etmeye yarar.

splitter: Her düğüm için bölünmenin rastgele veya en iyi bölme kriterine göre seçileceği şekilde ayarlanan parametredir.

Rastgele orman algoritması için kullanılan parametreler 'criterion': 'gini', 'max\_depth': 20, 'max\_leaf\_nodes': 6, 'min\_samples\_split': 5, 'n\_estimators': 100 olarak alınmıştır.

criterion: Bir bölünmenin kalitesini ölçmeye yarayan parametredir.

max\_depth: Maksimum ağaç derinliğini belirlemek için kullanılan parametredir.

`max_leaf_nodes`: Bir ağacın sahip olabileceği maksimum yaprak düğüm sayısını belirlemeye yarar.

`min_samples_split`: Bir düğümün dallanması için gereken minimum örnek sayısını ifade etmeye yarar.

`n_estimators`: Ormandaki ağaç sayısını ifade etmeye yarayan parametredir.

KNN algoritması için kullanılan parametreler `'algorithm'`: `'ball_tree'`, `'metric'`: `'manhattan'`, `'n_neighbors'`: 4, `'weights'`: `'distance'` olarak alınmıştır.

`algorithm`: En yakın komşuları belirlemek için kullanılan algoritmayı seçmeye yarar.

`metric`: Uzaklığı hesaplamak için kullanılan parametredir.

`n_neighbors`: Sınıflandırmada kullanılacak komşu sayısını belirlemeye yarar.

`weights`: Tahminde kullanılan ağırlık fonksiyonudur.

SVM algoritması için kullanılan parametreler `'C'`: 0.1, `'gamma'`: `'scale'`, `'kernel'`: `'linear'` olarak alınmıştır.

`C`: Düzenleme parametresidir. Pozitif değerler alır. Modelin performansını ve genelleme yeteneğini artırır.

`gamma`: Çekirdek katsayısını belirlemeye yarar.

`kernel`: Algoritmada kullanılacak çekirdek türünü belirlemede kullanılmaktadır.

Naive Bayes algoritması için kullanılan parametre `'var_smoothing'`: 1.4508287784959373e-09 olarak alınmıştır.

`var_smoothing`: Hesaplama kararlılık için varyanslara eklenen tüm özelliklerin en büyük varyansının bir kısmını belirlemeye yarar.

Lojistik Regresyon algoritması için kullanılan parametreler `'C'`: 10, `'penalty'`: `'l2'` olarak alınmıştır.

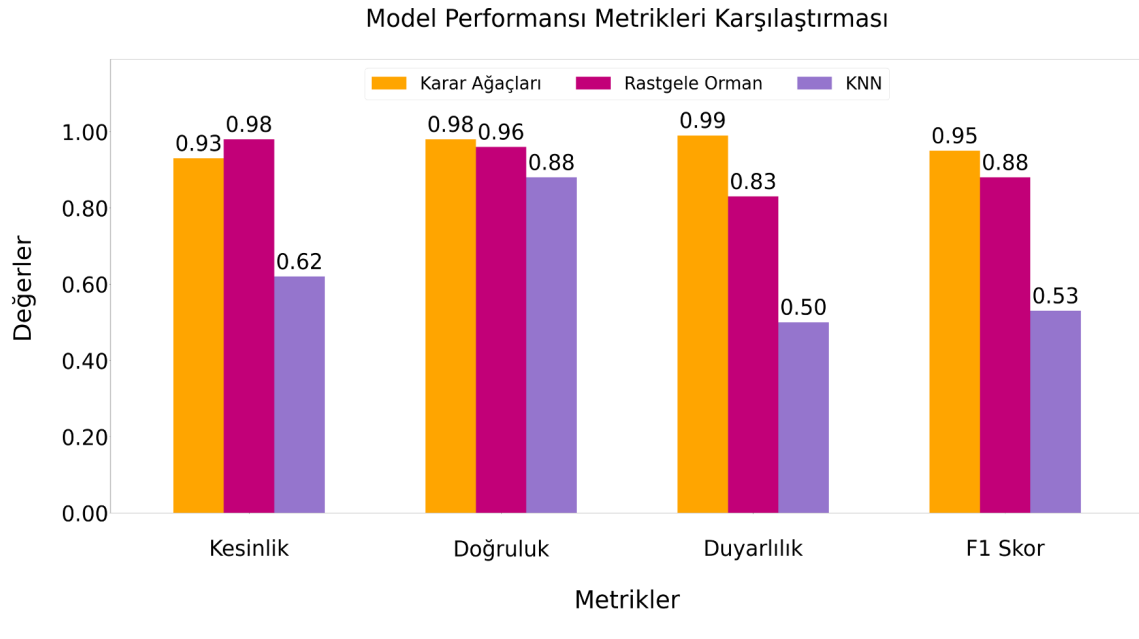
`C`: Pozitif float türünde bir sayı olmalıdır. Modelin aşırı uyumu ile uyumsuzluğu arasında denge kurmaya çalışır.

`penalty`: Modelin aşırı uyuma karşı kontrol altına almaya yardımcı olur.

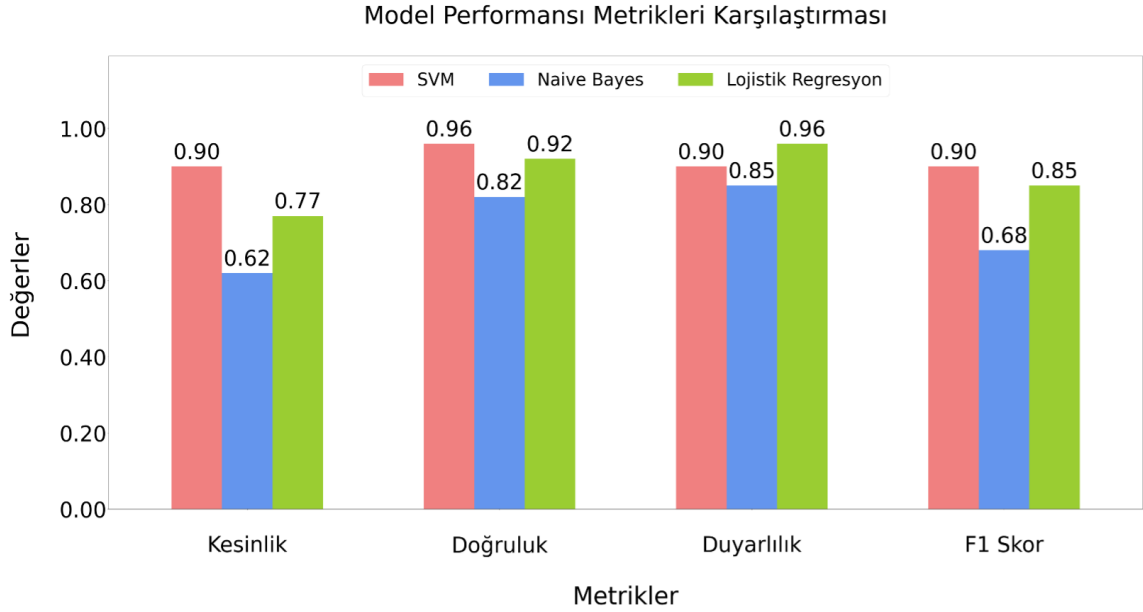
Tablo 4. Farklı yöntemlere göre model performansı karşılaştırması 2. grup

| Performans Metrikleri | Karar Ağaçları | Rastgele Orman | KNN  | SVM  | Naive Bayes | Lojistik Regresyon |
|-----------------------|----------------|----------------|------|------|-------------|--------------------|
| <b>Precision</b>      | 0.93           | 0.98           | 0.62 | 0.90 | 0.62        | 0.77               |
| <b>Accuracy</b>       | 0.98           | 0.96           | 0.88 | 0.96 | 0.82        | 0.92               |
| <b>Recall</b>         | 0.99           | 0.83           | 0.50 | 0.90 | 0.85        | 0.96               |
| <b>F1 Score</b>       | <b>0.95</b>    | 0.88           | 0.53 | 0.90 | 0.68        | 0.85               |

Python Programı kullanılarak yapılan sınıflandırmalar sonucunda karşılaştırılan 2. Grup içerisinde model tahmin performansı için Tablo 4'te F1 Skoru değerlerine bakılırsa sırasıyla sonuçlar Karar Ağaçları Algoritması için 0.95, Rastgele Orman Algoritması için 0.88, KNN Algoritması için 0.53, SVM Algoritması için 0.90, Naive Bayes 0.68 ve son olarak Lojistik Regresyon Algoritması için 0.85 bulunmuştur. Algoritmalar arasındaki karşılaştırmada bu grup içerisinde 0.95 ile en iyi sonucu veren yöntem Karar Ağaçları algoritmasıdır.

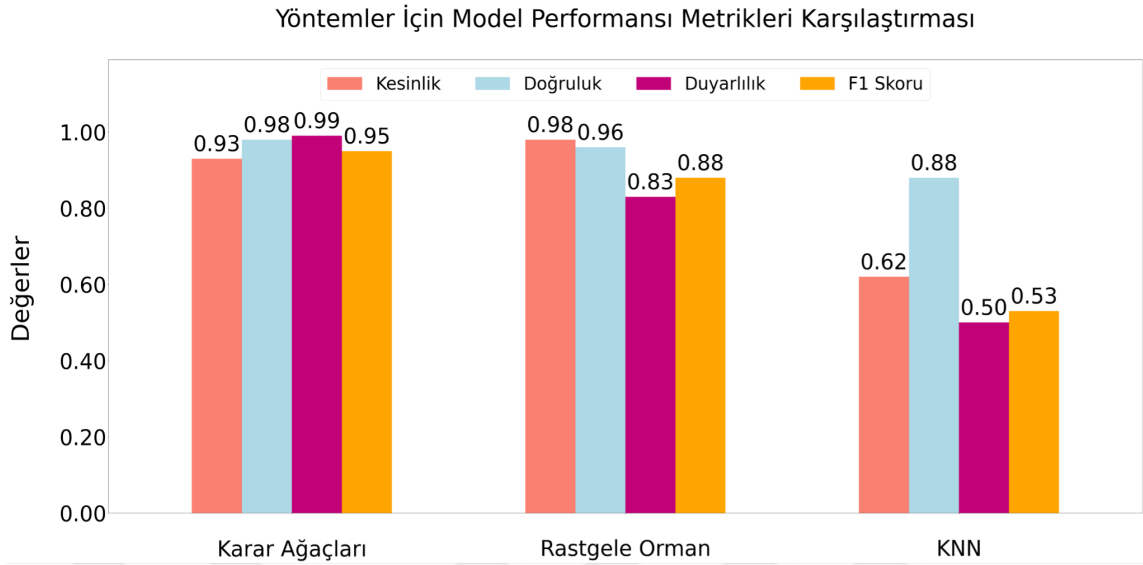


Şekil 26. Model performansı metrikleri karşılaştırması 2. grup

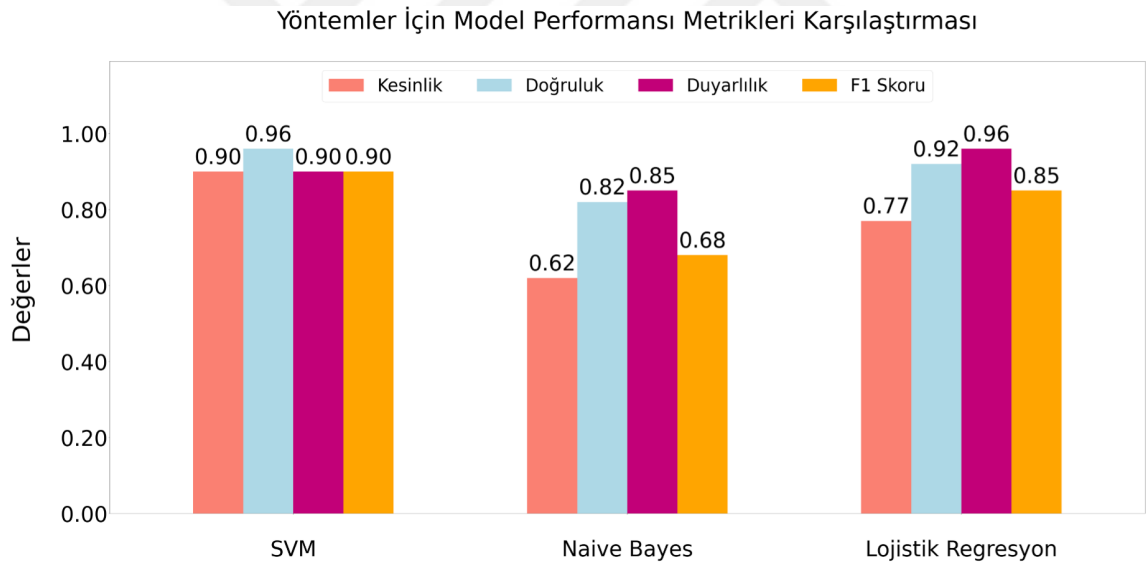


Şekil 27. Model performansı metrikleri karşılaştırması 2. grup-devamı

Şekil 26 ve 27'deki grafikte 2. gruptaki sınıflandırma yöntemleri olan Karar Ağaçları, Rastgele Orman, KNN, SVM, Naive Bayes ve Lojistik Regresyon algoritmalarına ait Kesinlik, Doğruluk, Duyarlılık ve F1 Skoru değerlendirme metrikleri her sınıflandırma yöntemi için her renk farklı bir algoritmayı ifade edecek şekilde gösterilmiştir. Örneğin, Şekil 27'deki pembe renkli sütunlar sırasıyla SVM Algoritması'nın Kesinlik, Doğruluk, Duyarlılık ve F1 Skoru model metriklerini ifade etmektedir. SVM Algoritması için bu değerler sırasıyla 0.90, 0.96, 0.90 ve 0.90'tir.



Şekil 28. Farklı yöntemler için performans değerlendirme metrikleri 2. grup

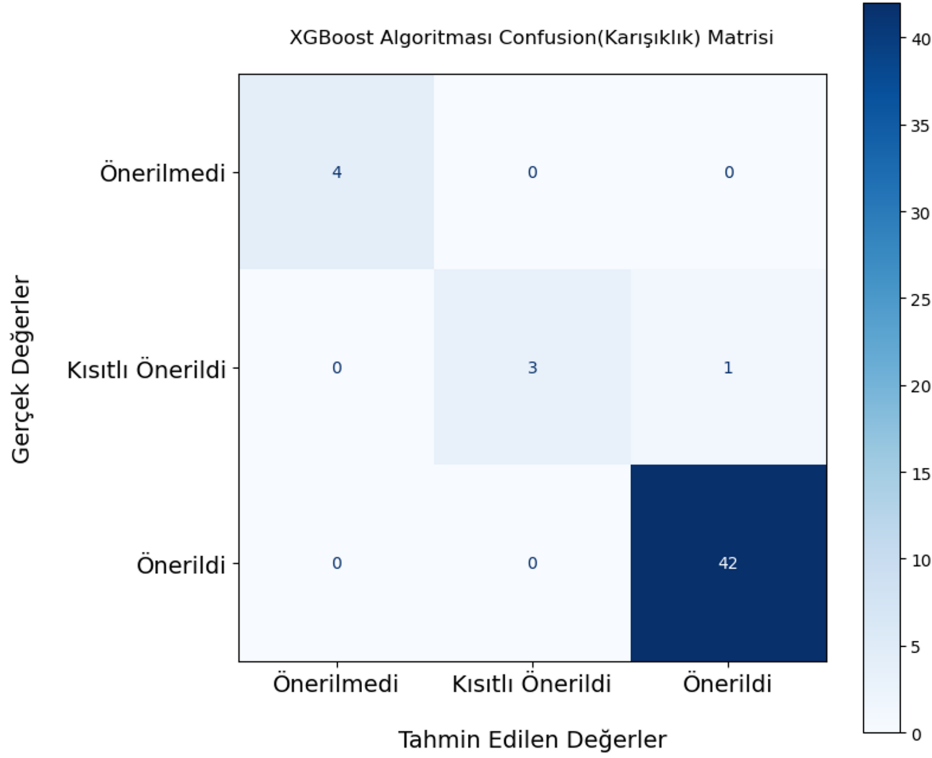


Şekil 29. Farklı yöntemler için performans değerlendirme metrikleri 2. grup-  
devam

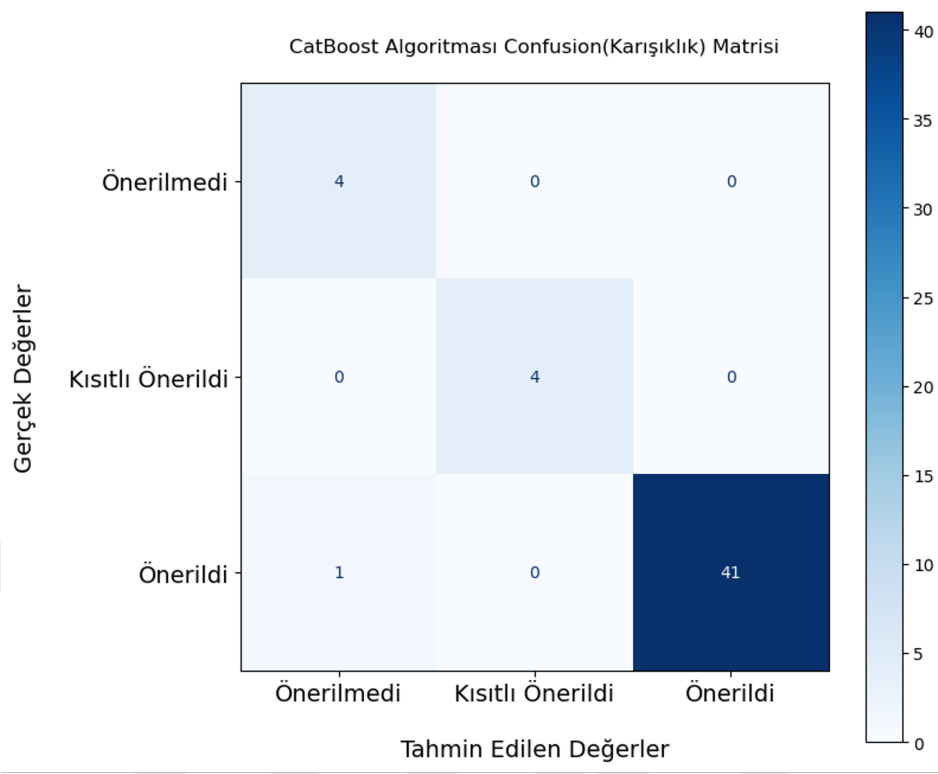
Şekil 28 ve 29'daki grafiklerde 2. gruptaki sınıflandırma yöntemleri olan Karar Ağaçları, Rastgele Orman, KNN, SVM, Naive Bayes ve Lojistik Regresyon algoritmalarına ait Kesinlik, Doğruluk, Duyarlılık ve F1 Skor değerlendirme metrikleri her algoritma için kendi içerisinde değerlendirilmiştir. Örneğin, SVM Algoritması için ilk sütun Kesinlik, ikinci sütun Doğruluk, üçüncü sütun Duyarlılık ve son olarak dördüncü sütun F1 Skor metrik

değerlerini ifade eder. SVM Algoritması için bu değerler sırasıyla 0.90, 0.96, 0.90 ve 0.90'dır.

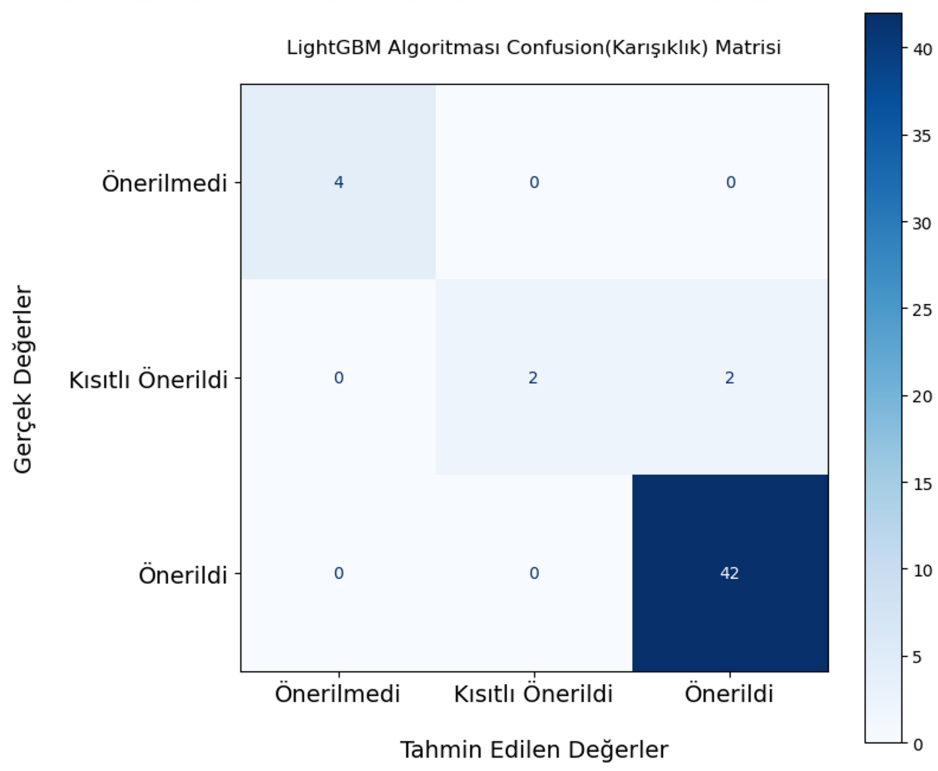
Karışıklık Matrisi, etiketli verilerin sınıflandırılması sonucunda verilerin ne kadarının doğru ne kadarının yanlış olduğunu sayısal olarak ifade etmeye yarar. Bu çalışmada oluşturulmuş olan karışıklık matrisleri Şekil 30-38'deki gibi her bir yöntem için ayrı ayrı eklenmiştir. Karışıklık matrisleri oluşturulurken test verileri dikkate alınmıştır. Veri seti test ve eğitim verisi olarak ayrıldığında test verisi toplam 50 tane olmuştur. Geriye kalan 197 veri ise eğitim verisini oluşturmaktadır.



Şekil 30. XGBoost algoritması için karışıklık matrisi



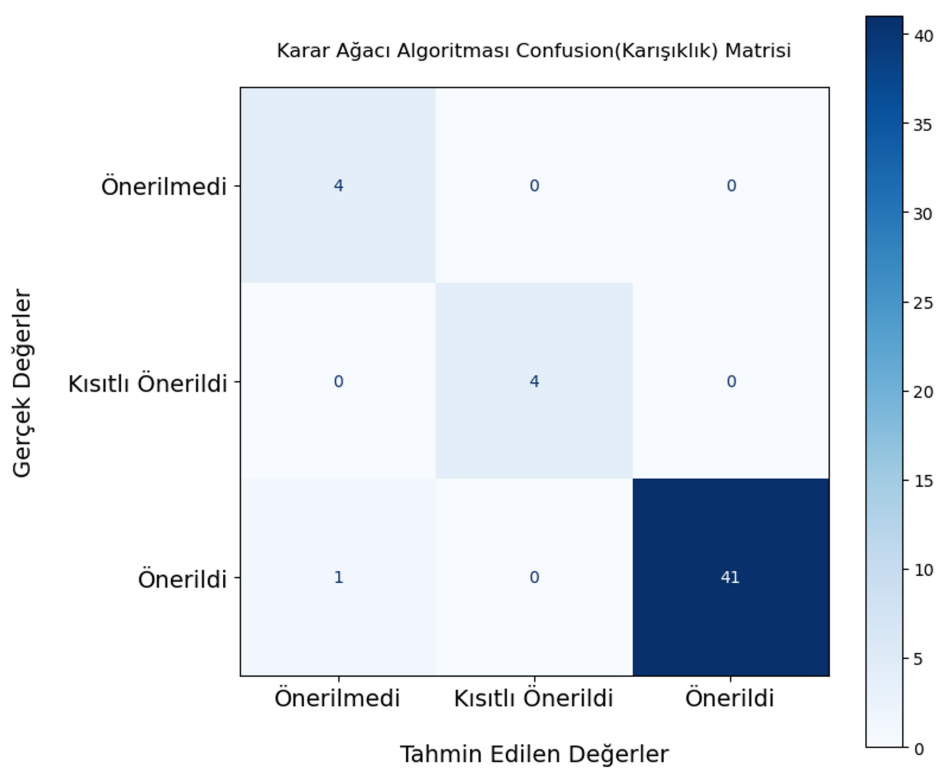
Şekil 31. CatBoost algoritması için karışıklık matrisi



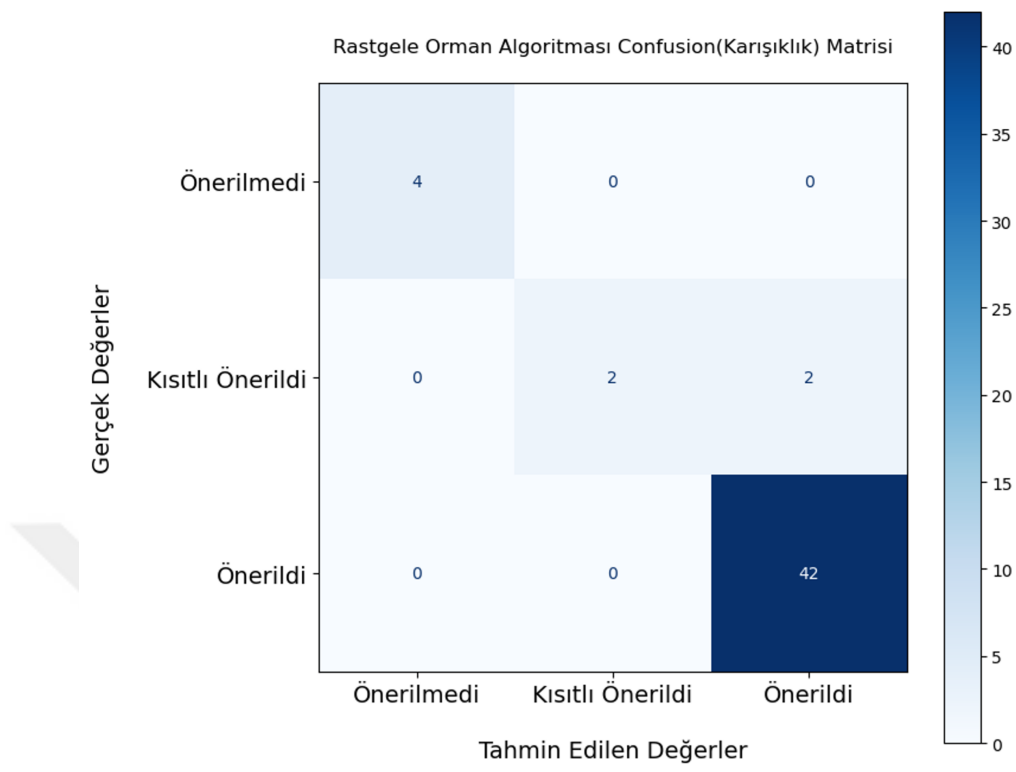
Şekil 32. LightGBM algoritması için karışıklık matrisi



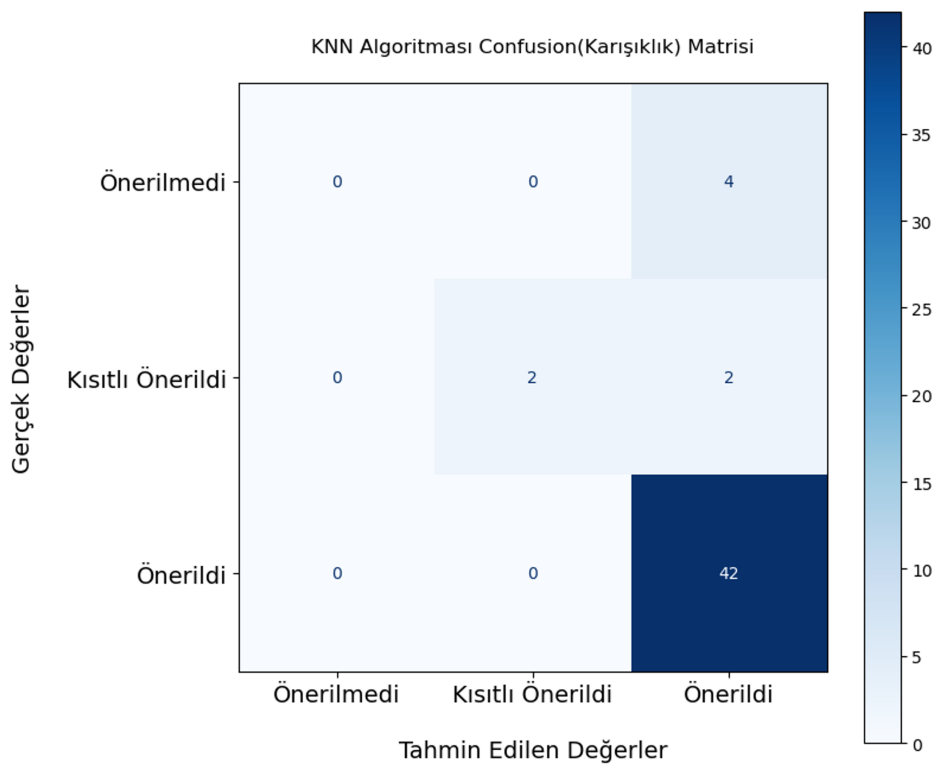
Şekil 30-32 ile ifade edilen şekiller 1. gruptaki algoritmalara ait çapraz tablolardır. Gerçek değerler incelendiğinde örneğin XGBoost algoritması için, toplamda gerçekte, “Rehabilitasyon Önerilmedi” olan 4, “Rehabilitasyon Kısıtlı Önerildi” olan 4 ve “Rehabilitasyon Önerildi” olan 42 gözlem vardır. Gerçekte “Rehabilitasyon Önerildi” olan 42 tane gözlemin 42 tanesi de doğru tahmin edilmiştir. Gerçekte “Rehabilitasyon Önerilmedi” olan 4 gözlemin 4’ü de doğru tahmin edilmiştir. Gerçekte “Rehabilitasyon Kısıtlı Önerildi” olan 4 gözlemin 3’ü doğru ve 1 tanesi de “Rehabilitasyon Önerildi” olarak yanlış tahmin edilmiştir.



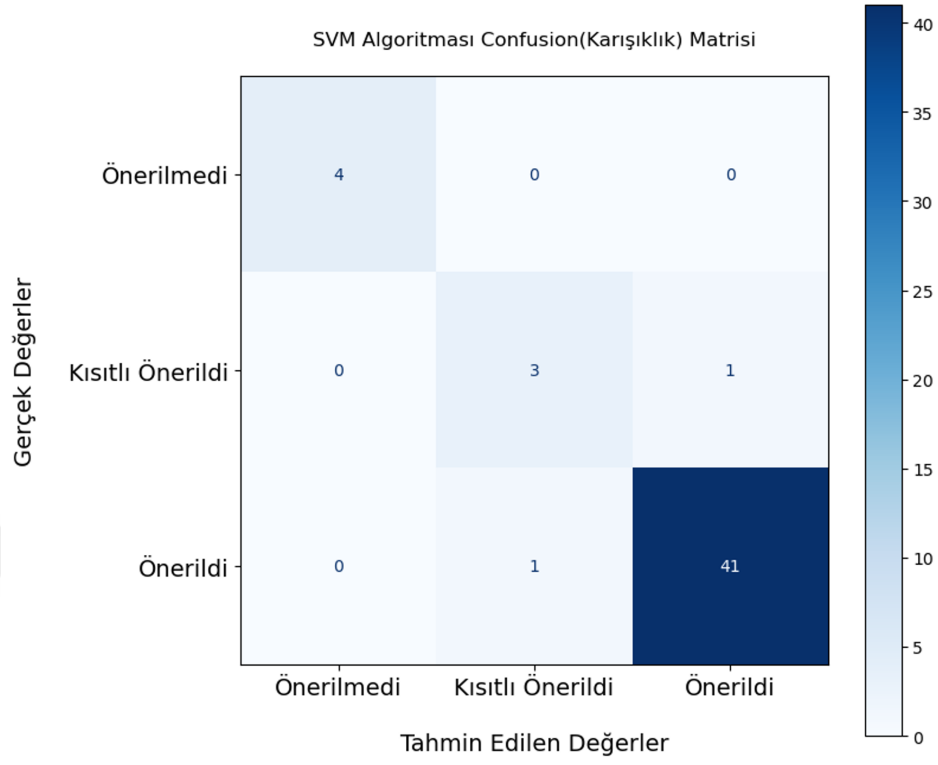
Şekil 33. Karar Ağacı algoritması için karışıklık matrisi



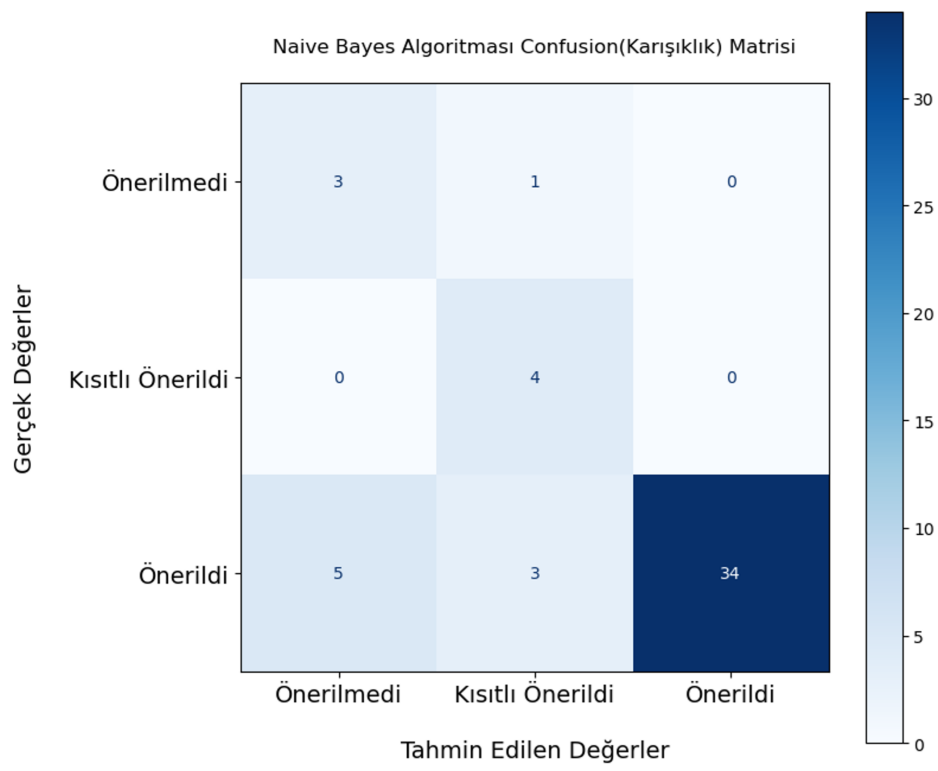
Şekil 34. Rastgele Orman algoritması için karışıklık matrisi



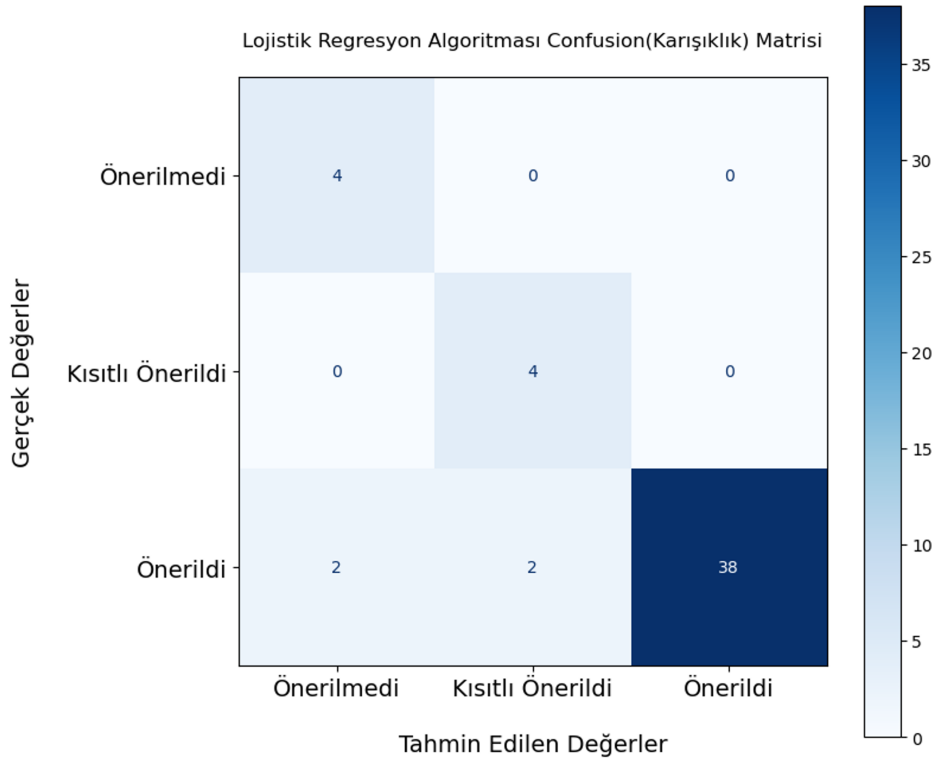
Şekil 35. KNN algoritması için karışıklık matrisi



Şekil 36. SVM algoritması için karışıklık matrisi

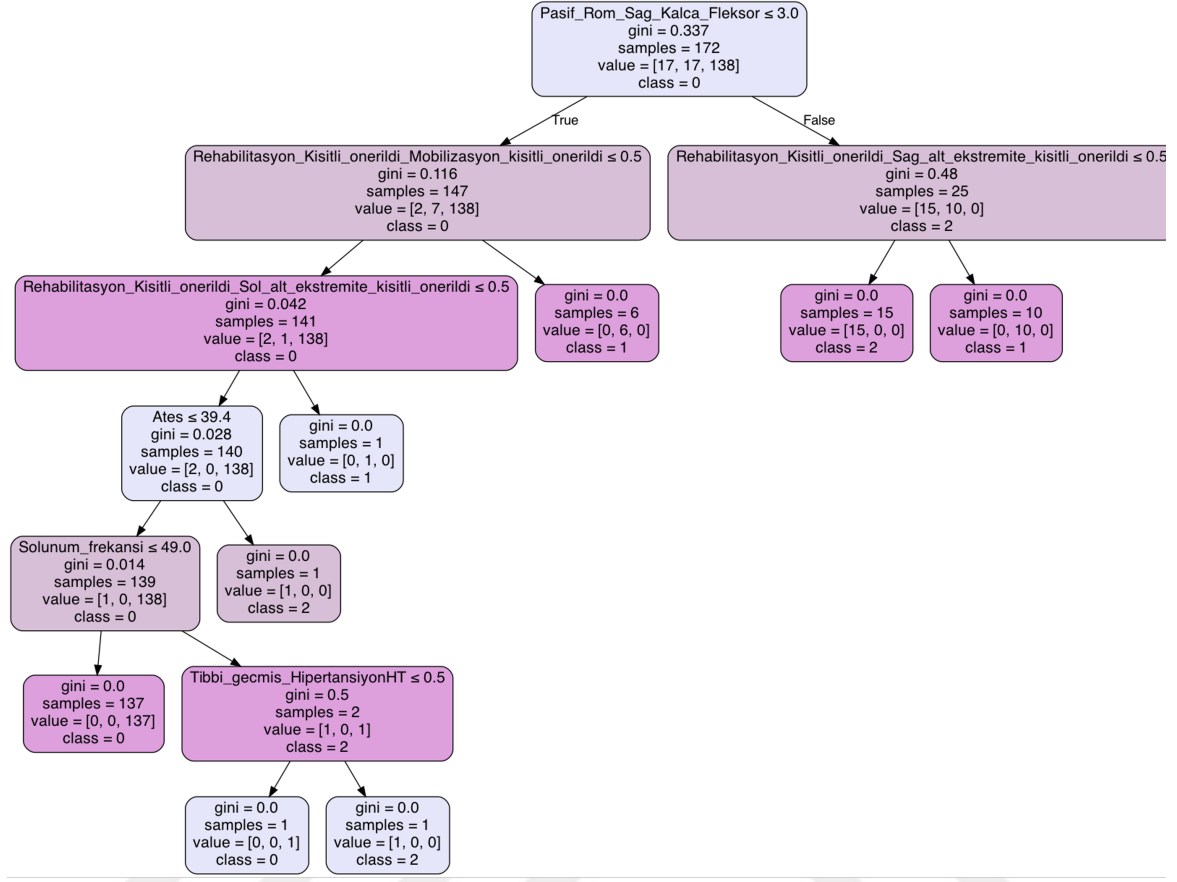


Şekil 37. Naive Bayes algoritması için karışıklık matrisi



Şekil 38. Lojistik Regresyon algoritması için karışıklık matrisi

Şekil 33-38 ile ifade edilen şekiller 2. gruptaki algoritmalara ait çapraz tablolardır. Gerçek değerler incelendiğinde örneğin SVM algoritması için, toplamda gerçekte, “Rehabilitasyon Önerilmedi” olan 4, “Rehabilitasyon Kısıtlı Önerildi” olan 4 ve “Rehabilitasyon Önerildi” olan 42 gözlem vardır. Gerçekte “Rehabilitasyon Önerildi” olan 42 tane gözlemin 41 tanesi doğru tahmin edilmiştir. Diğer gözlem “Rehabilitasyon Kısıtlı Önerildi” şeklinde yanlış tahmin edilmiştir. Gerçekte “Rehabilitasyon Önerilmedi” olan 4 gözlemin 4’ü de doğru tahmin edilmiştir. Gerçekte, “Rehabilitasyon Kısıtlı Önerildi” olan 4 gözlemin 3’ü doğru 1 tanesi de “Rehabilitasyon Önerildi” olarak yanlış tahmin edilmiştir.



Şekil 39. Karar ağacı modeli

Şekil 39’da Karar Ağacı Algoritması’na ait karar ağacı Python ile `export_graphviz` kullanılarak görselleştirilmiştir. Veride ön işleme işlemleri yapılmış olduğu için değişken sayısı artmıştır. `Pasif_Rom_Sag_Kalca_Fleksor` değişkeninin olduğu yer başlangıç düğümü yani kök düğümdür. İlk düğüm için Karar Ağacı, hesaplanan değerlerin 3’ten küçük veya büyük olmasına göre dallanmıştır. Hesaplanan değer 3’ten küçükse algoritma `Rehabilitasyon_Kisitli_onerildi_Mobilizasyon_kisitli_onerildi` değişkeninin olduğu yaprağa dallanırken büyükse diğer yaprağa dallanma yapar 25 örnek olmuş olur. Hiperparametre optimizasyonu yapıldığı için `max_leaf_nodes= 10` değerinden daha küçük olarak ele alınmıştır. Fakat burada ağacı daha iyi şekilde görselleştirebilmek için 10 olarak alınmıştır.

Karar Ağacı Algoritması’nda dallanmaların olduğu yapraklar için her bir dallanma derinliği ifade eder. “Sample” olarak ifade edilen kısımlar o anki kullanılan örneklem sayısını belirtmektedir. “Value” değeri dallanmadan sonra verilerin hangi sınıfa ait olduğunu

gösterir. Aynı zamanda Gini katsayı değeri 0 ise eğitim örneklerinin tamamı aynı sınıfa ait demektir.



#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yoğun bakım ünitelerinde fizyoterapistlerin varlığı, hastaların rehabilitasyon ve fiziksel iyileşme süreçlerini önemli derecede etkilemektedir. Çünkü yoğun bakım hastaları genellikle ciddi sağlık sorunlarıyla mücadele etmektedir. Fizyoterapistler, hastaların değerlendirilmesi sonucunda solunum fonksiyonlarını, kas gücünü, hareket kabiliyetini ve fonksiyonel bağımsızlıklarını artırmak için çeşitli teknikler ve egzersizler kullanır.

Yoğun bakım hastaları, yatış süreleri boyunca kas gücü kaybı ve solunum problemleri gibi olumsuz durumlarla karşı karşıya kalabilmektedirler. Fizyoterapistler, hastalara özel egzersiz programları, pasif hareketler, aktif hareketler ve solunum egzersizleri uygulayarak bu komplikasyonların önlenmesine ve tedavisine yardımcı olurlar. Bu müdahaleler, hastaların daha hızlı ve daha etkili bir şekilde iyileşmelerini sağlayarak en kısa süre içerisinde yoğun bakım ünitesinden taburcu olmalarına yardımcı olabilir. Ayrıca, fizyoterapistler, hastaların yatak yaralarını önlemek ve solunum fonksiyonlarını optimize etmek için uygun pozisyonlama tekniklerini uygulanmaktadır. Mekanik ventilatörle desteklenen hastalar için solunum kaslarının gücü ve dayanıklılığını artırmak amacıyla özel solunum egzersizleri de uygulanmaktadır.

Fizyoterapistler ayrıca, yoğun bakım ünitesinde çalışan diğer sağlık personeliyle iş birliği içerisinde çalışır. Böylece, hastaların tam ve kapsamlı bir şekilde rehabilitasyon hizmetlerinden ve tedavilerden yararlanmaları sağlayarak iyileşme süreci hızlandırmaktadır.

Yoğun bakım ünitelerindeki fizyoterapistler, hastaların fiziksel fonksiyonlarını optimize etmek, oluşabilecek komplikasyonları önlemek ve iyileşme sürecini desteklemek için önemli bir role sahiptirler. Fizyoterapistlerin uzmanlığı ve müdahaleleri, hastaların sağlıklı bir şekilde iyileşmelerine ve yoğun bakım ünitesinden daha iyi bir durumda ayrılmasına yardımcı olmaktadır. Bazı durumlarda fizyoterapistin bilgi seviyesi ve zaman göz önüne alındığında tedavi için en hızlı ve en doğru kararı verilebilmesi gerekir. Bu gibi durumlarda hızlı ve doğru kararlar alınabilmesi için karar destek sistemleri önemli bir role sahiptir. Çünkü ani karar anında fizyoterapistin o anki bilgi seviyesi yeterli olamayabilir veya yoğun bakım ünitesinde yeterli sayıda fizyoterapist olmayabilir. Oluşturulacak olan sistemle hem hastalar için eşit şekilde tedavi uygulanabilmesi sağlanmış olacak hem de fizyoterapistlerin yükü azaltılmış olacaktır. Klinik karar destek sistemi için bu tez ön çalışma niteliğinde olup veriler kısıtlı süre içerisinde toplanmıştır.

Karar destek sisteminin oluşturulabilmesi için çeşitli modern ve klasik makine öğrenmesi yöntemlerinin model performansları değerlendirilmiştir. Bulgular Bölümü'nde bahsedildiği gibi modern makine öğrenmesi yöntemlerine ait model performans metriklerinin değerleri daha yüksek çıkmıştır. Model performansı için en iyi değeri veren modern algoritma CatBoost algoritması olmuştur. Klasik makine öğrenmesi yöntemlerinden Karar ağacı algoritması da aynı performansı göstermiştir. Bu durumun sebebi veri sayısının az olmasıdır. Klasik makine öğrenmesi yöntemleri az sayıda veri olduğunda daha iyi performans sergilediğinden sonuç bu şekilde çıkmıştır. Veri sayısının fazla olduğu durumlarda modern makine öğrenmesi yöntemleri klasik yöntemlere göre daha iyi çalışmaktadır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda model tahminleri için F1 Skoru dikkate alınmıştır. İki grup şeklinde kıyaslanmış olan algoritmalarından en iyi sonucu veren 1. Grupta CatBoost Algoritması'nın F1skoru 0.95'tir, 2. Grupta ise Karar Ağacı Algoritması en iyi performansı göstermiştir ve F1 Skoru değeri 0.95'tir. Daha önce anlatıldığı gibi gradyan artırma tabanlı makine öğrenmesi yöntemleri genel olarak klasik makine öğrenmesi yöntemlerine göre daha başarılı modeller oluşturmuştur. Bunun başlıca sebebi ise algoritmaların zayıf sınıflandırıcılar kullanarak daha sonra güçlü sınıflandırma oluşturmasıdır. Bahsedildiği gibi XGBoost, LightGBM ve CatBoost algoritmaları arasında da en iyi model tahmini CatBoost algoritmasıyla yapılmıştır. F1 skoru değerleri sırasıyla 0.94, 0.95 ve 0.88 olarak hesaplanmıştır.

Bu tez çalışması genişletilerek TUSEB 2024-B-01 çağrısı ile birlikte proje olarak sunulmuş olup, halen değerlendirme sürecindedir. Proje kapsamında 5 tane Fizyoterapi ve Rehabilitasyon uzmanı, 2 tane Göğüs Hastalıkları Yoğun Bakım Uzmanı, 3 tane de Yapay Zekâ alanında uzman akademisyen çalışacaktır. Proje başvurusu Nisan 2024 tarihinde yapılmıştır. Projede iki temel hedef vardır. Bunlardan ilki rehabilitasyonun önerilmesi, önerilmemesi veya kısıtlı önerilmesi durumudur. İkincisi ise rehabilitasyon önerilmişse hangi tedavilerin önerildiği ve bu önerilerin ne kadarının uygulanabildiği ne kadarının uygulanamadığının değerlendirmesini yapabilecek bir karar destek sistemi oluşturulması hedeflenmektedir.

Fizik tedavi ve rehabilitasyon uygulamaları, hastaların sağlık ve fonksiyonel iyileşmelerini desteklemek için önemli bir tedavi yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, pozisyonlama, eklem hareket açıklığı egzersizleri, kuvvetlendirme egzersizleri gibi çeşitli tedavi



yöntemlerini içerir. Bu yöntemlerin hastalara uygulanması ve etkilerinin değerlendirilmesi, rehabilitasyon sürecinin başarısını belirlemek açısından önemlidir.

Tez kapsamında rehabilitasyon önerilip önerilmemesi veya kısıtlı önerilmesi durumu tahmin edilmiş olup proje kapsamında devam edecek olan çalışmaların daha da geliştirilerek hedefin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Planlanan uygulamanın geliştirilmesi ile evde sağlık hizmeti şeklinde de hastaneye gelmekte güçlük çeken hastalar için tedavi planları oluşturulabilecektir. Bu şekilde yapılacak olan çalışmanın diğer sağlık çalışanlarına da fayda sağlanacak düzeye gelmesi planlanmaktadır.



## 5. KAYNAKLAR

- Acet, A. (2022). SVM, NB, KNN, Adaboost ve Random Forest Sınıflandırma Algoritmaları Kullanılarak Meme Kanserinin Tahmini. İNÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Malatya.
- Ağdaş, E. (2021). Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Ünitesinin Simülasyon Yöntemi ile Değerlendirilmesi. I.M.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Akalın, B., & Demirbaş, M. B. (2022). Rehabilitasyon Hizmetlerinde Yapay Zekâ Uygulamaları. *Acta Infologica*, 6(2), 141-161.
- Akman, M. (2010). Veri Madenciliğine Genel Bakış ve Random Forest Yönteminin İncelenmesi: Sağlık Alanında Bir Uygulama. A.Ü., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Alan, A., & Karabatak, M. (2020). Veri Seti - Sınıflandırma İlişkisinde Performansa Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 32(2), 531-540.
- Alfeilat, H. A. A., Hassanat, A. B. A., Lasassmeh, O., Tarawneh, A. S., Alhasanat, M. B., & Salman H. S. E., & Prasath, V. B. S. (2017). Effects of Distance Measure Choice on K-Neighbor Classifier Performance: A Review. *arXiv Preprint*, 56.
- Alsagheer, R. H. A., Alharan A. F. H., & Al-Haboobi A. S. A. (2017). Popular Decision Tree Algorithms of Data Mining Techniques: A Review. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 6(6), 133-142.
- Alshari, H., Saleh A., Y., & Odabaş, A. (2021). Comparison of Gradient Boosting Decision Tree Algorithms for CPU Performance. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 37(1), 157-168.
- Arwa, E. O., & Folly, K. A. (2020). Reinforcement Learning Techniques for Optimal Power Control in Grid-Connected Microgrids: A Comprehensive Review. *IEEE Access*, 8, 208992-209007.
- Atasever, Ü. H., & Özkan, C. (2012). Arazi Örtüsünün Belirlenmesinde Torbalama-Karar Ağaçları Yönteminin Kullanımı. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Zonguldak.
- Aziza E. Z., Amine, L. M. E., Mohamed, M., & Abdelhafid, B. (2019). Decision Tree CART Algorithm for Diabetic Retinopathy Classification. 2019 6th International Conference on Image and Signal Processing and Their Applications (ISPA). Mostaganem, Algeria.
- Bin, C., Cimin, S., Li, N., Wang, L., & Chen, D. (2022). Thermotherapy For Shoulder Pain : A Protocol for Systematic Review. *Medicine*, 101(3).

- Boateng, E. Y., Otoo, J., & Abaye D. A. (2020). Basic Tenets of Classification Algorithms K-Nearest-Neighbor, Support Vector Machine, Random Forest and Neural Network: A Review. *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 8(4), 341-357.
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.
- Breiman, L., Friedman J., Olshen, R. A., & Stone C. J. (2017). *Classification and Regression Trees*. New York: CRC.
- Burges, C. J. C. (1998). A Tutorial on Support Vector Machines For Pattern Recognition. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(2), 121–167.
- Chen, T., & Guestrin, C. (2016). XGBoost: A Scalable Tree Boosting System. *KDD: Knowledge Discovery and Data Mining*, California.
- Chen, T., Xu, J., Ying, H., Chen, X., Feng, R., Fang, X., Gao, H., & Wu, J. (2019). Prediction of Extubation Failure for Intensive Care Unit Patients Using Light Gradient Boosting Machine. *IEEE Access*, 7, 150960-150968.
- Cox, D. R. (1958). The Regression Analysis of Binary Sequences. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 20(2), 215–232.
- Çakmak, A., İnce, D. İ., Sağlam, M., Savcı, S., Yağlı, N. V., Kütükcü, E. Ç., Özel, C. B., Ulu, H. S., & Arıkan, H. (2019). Physiotherapy and Rehabilitation Implementation in Intensive Care Units: A Survey Study. *Turkish Thorac Journal*, 20(2), 114-119.
- Çekiç, E. (2022). Yapay Zeka Derin Öğrenme Algoritmaları ile MR Görüntüleri ve Ameliyat Sırasındaki Mikroskop Görüntüleri Kullanılarak Derin Öğrenme Tekniği ile Tümör Sınıflaması Yapılması ve Tümörün Normal Beyin Dokusundan Ayırt Edilmesinin Sağlanması. MÜ, Uzmanlık Tezi, İstanbul.
- Çilhoroz, Y., & Işık, O. (2021). Yapay Zekâ: Sağlık Hizmetlerinden Uygulamalar. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(2), 573-588.
- Çoşkun, K. (2020). Ağ Saldırılarının Sınıflandırılmasında Karar Ağaçlarına Dayalı Arttırma (Boosting) Algoritmalarının Karşılaştırılması. *MSKÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Muğla*.
- Demirel, Ş. (2019). Karar Ağacı Algoritmaları ve Çocuk İşçiliği Üzerine Bir Uygulama. *MÜ., Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*.
- Deng, H., Zhou, Y., Wang, L., & Zhang, C. (2021). Ensemble Learning for the Early Prediction of Neonatal Jaundice with Genetic Features. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21(1), 338.
- Drin, S. (2024). Forecast model of the price of a product with a cold start. *Örebro University School of Business*.

- Dong, S., Khattak, A., Ullah, I., Zhou, J., & Hussain A. (2022). Predicting and Analyzing Road Traffic Injury Severity Using Boosting-Based Ensemble Learning Models with SHAPley Additive exPlanations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 2925.
- Elasan, S. (2019). Veri Madenciliğinde Farklı Karar Ağaçları ve K-En Yakın Komşuluk Yöntemlerinin İncelenmesi: Kadın Hastalıkları ve Doğum Verisinde Bir Uygulama. YYÜ, Sağlık Bilimleri Entitüsü, Doktora Tezi, Van.
- Fang, M., Chen, Y., Xue, R., Wang, H., Chakraborty, N., Su, T., & Dai, Y. (2023). A Hybrid Machine Learning Approach for Hypertension Risk Prediction. *Neural Computing and Applications*, 35, 14487-14497.
- Friedman, J., H. (2001). Greedy Function Approximation: A Gradient Boosting Machine. *The Annals of Statistics*, 29(5), 1189-1232.
- Gayathri, K., & Marimuthu, A. (2013). Text Document Pre-Processing with The KNN for Classification Using the SVM. 2013 7th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO), s. 453-457. Caibmatore.
- Gulati, P., Sharma, A., & Gupta, M. (2016). Theoretical Study of Decision Tree Algorithms to Identify Pivotal Factors for Performance Improvement: A Review. Article in *International Journal of Computer Applications*, 141(14), 19-25.
- Güldal, H., & Çakıcı, Y. (2017). Ders Yönetim Sistemi Yazılımı Kullanıcı Etkileşimlerinin Sınıflandırma Algoritmaları ile Analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(4), 1355-1367.
- Hagen, K. B., Dagfinrud, H., Moe, R. H., Østerås, N., Kjekken, I., Grotle, M., & Smedslund, G. (2012). Exercise Therapy for Bone and Muscle Health: An Overview of Systematic Reviews. *BMC Medicine*, 10, 1-11.
- Hajihosseini, M., Maghsoudi, A., & Ghezelbash, R. (2023). A Novel Scheme for Mapping of MVT-Type Pb-Zn Prospectivity: LightGBM, a Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree Machine Learning Algorithm. *Natural Resources Research*, 32(6), 2417-2438.
- Hancock, J., & Khoshgoftaar, T. M. (2021). Leveraging LightGBM for Categorical Big Data. 2021 IEEE Seventh International Conference on Big Data Computing Service and Applications (BigDataService) , s. 149-154. Oxford.
- Hassanat, A. B., Abbadi, M. A., Altarawneh, G. A., & Alhasanat, A. A. (2014). Solving the Problem of the K Parameter in the KNN Classifier Using An Ensemble Learning Approach. *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 12(8), 33-39.
- Hua, Y., Xie, S., & Jin, X. (2024). A Novel Sampled-Data Asynchronous Catboost Model with Knowledge-Based Guidance for Product Quality Estimation in the Industrial Processes. *Measurement*, 225.

- Huang, C. Y. (2021). Risk Factors Analysis of Car Door Crashes Based on Logistic Regression. *Sustainability*, 13(18).
- Hyland, S. L., Faltys, M., Hüser, M., Lyu, X., Gumbsch, T., Esteban, C., Bock C., Horn M., Moor M., Rieck B., Zimmermann M., Bodenham, D., Borgwardt K., Rättsch G., & Merz, T. M. (2020). Early Prediction of Circulatory Failure in The Intensive Care Unit Using Machine Learning. *Nature Medicine*, 26(3), 364-373.
- Jabeur, S. B., Gharib, C., Mefteh-Wali, S., & Arfi, W. B. (2021). Catboost Model and Artificial Intelligence Techniques for Corporate Failure Prediction. *Technological Forecasting and Social Change*, 166, 120658.
- Jadhav, S. D., & Channe, H. P. (2013). Comparative Study of K-NN, Naive Bayes and Decision Tree Classification Techniques. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5, 1842-1845.
- Jamaludin, A., Lootus, M., Kadir, T., Zisserman, A., Urban, J., Battié, M. C., Fairbank J., & McCall, I. (2017). ISSLS PRIZE IN BIOENGINEERING SCIENCE 2017: Automation of Reading of Radiological Features From Magnetic Resonance Images (MRIs) of The Lumbar Spine Without Human Intervention is Comparable with An Expert Radiologist. *European Spine Journal*, 26, 1374-1383.
- Karaahmetoğlu, F. S., & Pehlivan, E. (2024). Akciğer Hastalıklarında Elektroterapi Uygulamaları. *Sağlık Profesyonelleri Araştırma Dergisi*, 6(1), 44-53.
- Kale, E. (2021). Meteorological Drought Forecasting Using Decision Tree. ABÜ., Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Kartal, N. (2020). Kilo Vermeyi Etkileyen Faktörlerin İkili Lojistik Regresyon Analiziyle İncelenmesi. SCÜ., Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.
- Kass, G. V. (1980). An Exploratory Technique for Investigating Large Quantities of Categorical Data. *Royal Statistical Society*, 29(2), 119-127.
- Kayambu, G., Boots, R., & Paratz, J. (2013). Physical Therapy for The Critically Ill in the ICU: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Critical Care Medicine*, 41(6), 1543-1554.
- Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., & Liu T-Y. (2017). LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30.
- Keçeci, S. (2020). Mesleki Kas İskelet Sistemi Sorunlarının Çözümüne Manuel Terapi ve Pilatesin Etkisinin Belirlenmesi. Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tarsus .
- Kelle, A. C. & Yüce, H. (2022). MQTT Trafiğinde DoS Saldırılarının Makine Öğrenmesi ile Sınıflandırılması ve Modelin SHAP ile Yorumlanması. *Journal of Materials and Mechatronics A*, 3(1), 50-62.

- Kesici, M. (2019). Güç Sistemlerinde Geçici Hal Kararsızlığının ve Gelişiminin Derin Öğrenme ve Karar Ağacı Tabanlı Yöntemler ile Geniş Alan Ölçümlerine Dayalı Olarak Erken Kestirimi. İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kılıç, S. (2023). Explaining Artificial Neural Networks with Decision Tree Ensembles. H.Ü., Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Korhonen, O., Väyrynen, K., Krautwald, T., Bilby, G., Broers, H. A. T., Giunti, G., & Isomursu, M. (2020). Data-Driven Personalization of a Physiotherapy Care Pathway: Case Study of Posture Scanning. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 7(2).
- Li, J., Kwong, P. W. H., Lua, E. K., Chan, M. Y. L., Choo, A., & Donnelly, C. J. W. (2023). Development of A Convolutional Neural Network (CNN) Based Assessment Exercise Recommendation System for Individuals With Chronic Stroke: A Feasibility Study. *Topics in Stroke Rehabilitation*, 30(8), 786-795.
- Liang, W., Luo, S., Zhao, G., & Wu, H. (2020). Predicting Hard Rock Pillar Stability Using GBDT, XGBoost, and LightGBM Algorithms. *Mathematics*, 8(5), 765.
- Lin, Y. -F., Lin, D. -H., Jan, M. -H., Lin, C. -H. J., & Cheng, C. -K. (2014). Orthopedic Physical Therapy. *Comprehensive Biomedical Physics*. 10, ss. 379-400.
- Luo, S., & Chen, T. (2020). Two Derivative Algorithms of Gradient Boosting Decision Tree for Silicon Content in Blast Furnace System Prediction. *IEEE Access*, 8, 196112-196122.
- Ma, M., Zhao, G., He, B., Li, Q., Dong, H., Wang, S., & Wang, Z. (2021). XGBoost-Based Method for Flash Flood Risk Assessment. *Journal of Hydrology*, 598, 126382.
- Mahesh, B. (2020). Machine Learning Algorithms-A Review. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 9(1), 381-386.
- Malanga, G. A., Yan, N., & Stark, J. (2015). Mechanisms and Efficacy of Heat and Cold Therapies for Musculoskeletal Injury. *Postgraduate Medicine*, 127(1), 57-65.
- Meral, B. (2019). Breast Cancer Data Classification Using SVM, NB and KNN Algorithms. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Meyer, A., Zverinski, D., Pfahringer, B., Kempfert, J., Kuehne, T., Sündermann, S., Stamm C., Hofmann T., Falk V., & Eickhoff C. (2018). Machine Learning for Real-Time Prediction of Complications in Critical Care: A Retrospective Study. *The Lancet Respiratory Medicine*, 6(12), 905-914.
- Mienye, I. D., & Sun, Y. (2022). A Survey of Ensemble Learning: Concepts, Algorithms, Applications, and Prospects. *IEEE Access*, 10, 99129-99149.
- Mlodzinski E., Stone, D. J., & Celi L. A. (2020). Machine Learning for Pulmonary and Critical Care Medicine: A Narrative Review. *Pulmonary Therapy*, 6(1), 67-77.

- Mohammed, M., Khan, M. B., & Bashier E. B. M. (2017). *Machine Learning Algorithms and Applications*. CRC Press.
- Moons, P., Deyk, K. V., Bleser, L. D., Marquet, K., Raes, E., Geest, S. D., & Budts, W. (2006). Quality of Life and Health Status in Adults with Congenital Heart Disease: A Direct Comparison with Healthy Counterparts. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation*, 13(3), 407-413.
- Mooventhana, A., & Nivethitha, L. (2014). Scientific Evidence-Based Effects of Hydrotherapy on Various Systems of the Body. *North American Journal of Medical Sciences*, 6(5), 199-209.
- Mulak, P., & Talhar, N. (2013). Analysis of Distance Measures Using K-Nearest Neighbor Algorithm on KDD Dataset. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 4(7), 2102-2104.
- Nadler, S. F., Weingand, K., & Kruse, R. J. (2004). The Physiologic Basis and Clinical Applications of Cryotherapy and Thermotherapy for the Pain Practitioner. *Pain Physician*, 7(3), 395-399.
- Oflazoğlu, L. (2022). Comparison of Random Forest and XGBoost Implementation's Success to Predict Bank Profitability: Evidence from Turkish Deposit Banks. GAÜN., Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep.
- Olczak, J., Fahlberg, N., Maki, A., Razavian, A. S., Jilert, A., Stark, A., Sköldenberg, O., & Gordon, M. (2017). Artificial Intelligence for Analyzing Orthopedic Trauma Radiographs Deep Learning Algorithms—Are They on Par With Humans for Diagnosing Fractures?. *Acta Orthopaedica*, 88(6), 581-586.
- Özata, M., & Aslan, Ş. (2004). Klinik Karar Destek Sistemleri ve Örnek Uygulamalar. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 5(2), 11-17.
- Özdemir, S. (2018). Random Forest Yöntemi Kullanılarak Potansiyel Dağılım Modellemesi ve Haritalaması: Yukarıgökdere Yöresi Örneği. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 19(1), 51-56.
- Parker, A. M., Sricharoenchai, T., & Needham, D. M. (2013). Early Rehabilitation in the Intensive Care Unit: Preventing Physical and Mental Health Impairment. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 1(4), 307-314.
- Pinsky, M. R., & Dubrawski, A. (2014). Gleaning Knowledge From Data in the Intensive Care Unit. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 190(6), 606-610.
- Quinlan, J. (1986). Induction of Decision Trees. *Machine Learning*, 1, 81–106.
- Quinlan, J. R. (1993). *C4.5 Programs for Machine Learning*. Elsevier.

- Ravali, R. S., Vijayakumar, T. M., Lakshmi, K. S., Mavaluru, D., Reddy, L. V., Retnadhas, M., & Thomas, T. (2022). A Systematic Review of Artificial Intelligence for Pediatric Physiotherapy Practice: Past, Present, and Future. *Neuroscience Informatics*, 2.
- Reddy, Y. C. A. P., Viswanath, P., & Reddy, B. E. (2018). Semi-Supervised Learning: A Brief Review. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(8), 81-85.
- Rodriguez-Galiano, V., Sanchez-Castillo, M., Chica-Olmo, M., & Chica-Rivas, M. (2015). Machine Learning Predictive Models for Mineral Prospectivity: An Evaluation of Neural Networks, Random Forest, Regression Trees and Support Vector Machines. *Ore Geology Reviews*, 71, 804-818.
- Rowe, M., Nicholls, D. A., & Shaw, J. (2022). How to Replace A Physiotherapist: Artificial Intelligence and the Redistribution of Expertise. *Physiotherapy Theory and Practice*, 38(13), 2275-2283.
- Sammut, C., & Webb, G. I. (2017). *Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining*. New York: Springer.
- Sarker, I. H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2, 160.
- Sevimli Saitoğlu, Y. (2015). Sınıflama ve Regresyon Ağaçları. MÜ., Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Sharma, D., & Kumar, N. (2017). A Review on Machine Learning Algorithms, Tasks and Applications. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 6(10), 1548-1552.
- Şahin, N. (2019). Yapay Sinir Ağları ve Karar Ağaçları Modelleri ile İşletmelerin Finansal Başarısızlıklarının Tahminlenmesi. Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Şevgin, Ö., & Ekinalan, B. R. (2023). SAĞLIK & BİLİM 2023 Fizyoterapi ve Rehabilitasyon-I. Yoğun Bakımda Fizyoterapi ve Rehabilitasyon, İstanbul, Efeakademi Yayınları.
- Şimşek, F. F. (2024). Optik ve Radar Görüntüleri ile Aşırı Gradyan Artırma Algoritması Kullanılarak Tarımsal Ürün Desen Tespiti. *Geomatik*, 9(1), 54-68.
- Tack, C. (2019). Artificial Intelligence and Machine Learning | Applications in Musculoskeletal Physiotherapy. *Musculoskeletal Science & Practice*, 39, 164-169.
- Taser, P. Y. (2021). Application of Bagging and Boosting Approaches Using Decision Tree-Based Algorithms in Diabetes Risk Prediction. *Proceedings*, 74(1), 6.
- Taya, Ö. (2022). Destek Vektör Makineleri ve Lojistik Regresyon Yöntemi ile Sınıflandırma: Türkiye'nin İthalat ve İhracat Örneği. İ.N.Ü., Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Malatya.



- Tezer, D. (2018). Yapay Sinir Ağları, Lojistik Regresyon ve Destek Vektör Makinesi İstatistik Yöntemlerinin Sınıflandırmadaki Karşılaştırılması. Biruni Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tokmak, M. (2023). XGBoost Algoritması ile İkili Parçacık Sürü Optimizasyonu Öznitelik Seçme Tabanlı Jar Kötü Amaçlı Yazılımlarının Tespiti. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10(1), 140-152.
- Topcu, S. (2023). Koroner Arter Hastalığında Klinik Sonlanımların Öngörülmesinde Lojistik Regresyon Analizi, Cart ve Rastgele Orman Algoritmalarının Karşılaştırılması. ATAÜNİ., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.
- Uğuz, S., (2019). Makine Öğrenmesi Teorik Yönleri ve Python Uygulamaları ile Bir Yapay Zekâ Ekolü. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Uzun, T. (2020). Yapay Zekâ ve Sağlık Uygulamaları. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi , 3(1), 80-92.
- Vanhorebeek, I., Latronico, N., & Van den Berghe, G. (2020). ICU-Acquired Weakness. Intensive Care Medicine, 46(4), 637-653.
- Vishwakarma, D. K., Bilal, A., & Zahoor, A. (2023). Hybrid XGBoost and Extreme Machine Learning Algorithm on Diabetes Disease Prediction. 2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT), s. 1-7. Delhi.
- Wang, B., Wang Y., Qin, K., & Xia, Q. (2018). Detecting Transportation Modes Based on LightGBM Classifier from GPS Trajectory Data. 2018 26th International Conference on Geoinformatics, s. 1-7, Kunming.
- Wang, L., Wang, X., Chen, A., Jin, X., & Che, H. (2020). Prediction of Type 2 Diabetes Risk and Its Effect Evaluation Based on the XGBoost Model. Healthcare, 8(3), 247.
- Watson, T. (2002). Current Concepts in Electrotherapy. Haemophilia, 8(3), 413-418.
- Yang, H., Liu, Z., Li, Y., Wei, H., & Huang, N. (2023). CatBoost–Bayesian Hybrid Model Adaptively Coupled with Modified Theoretical Equations for Estimating the Undrained Shear Strength of Clay. Applied Sciences, 13(9), 5418.
- Yangın, G. (2019). XGBoost ve Karar Ağacı Tabanlı Algoritmaların Diyabet Veri Setleri Üzerine Uygulaması. MSGSÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yıldırım, B. F., & Özdemirci, F. (2019). Kurumlarda Örtük Bilginin Yapay Zekâ Destekli Tavsiye Sistemleri Aracılığıyla Ortaya Çıkarılması. Bilgi Yönetimi, 2(1), 34-43.
- Yılmaz Ak, H., & Yıldız, M. (2018). Mekanik Ventilasyona Pratik Yaklaşım. Koşuyolu Heart Journal, 21(1), 65-69.

- Zaman, N., & Li, J. (2014). Semantics-Enhanced Recommendation System for Social Healthcare. 2014 IEEE 28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA) , s. 765-770. Victoria.
- Zhang, Y., Zhao, Z., & Zheng, J. (2020). Catboost: A New Approach for Estimating Daily Reference Crop Evapotranspiration in Arid and Semi-Arid Regions of Northern China. *Journal of Hydrology*, 588.
- Zhang, Z. (2016). Introduction to Machine Learning: K-Nearest Neighbors. *Annals of Translational Medicine*, 4(11), 218.
- Zhou, Z-H. (2012). *Ensemble Methods Fundamentals and Algorithms*. New York, CRC Press.



## 6. EKLER

| Hasta Veri Giriş Formu                       |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Demografik Bilgiler:                      |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |
| Hastanın yaşı:                               |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |
| Cinsiyet:                                    | Kadın: <input type="checkbox"/> Erkek: <input type="checkbox"/>                                                                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |
| Boy:                                         |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |
| Vücut ağırlığı:                              |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |
| BMI:                                         |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |
| Tıbbi geçmiş:                                |                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |
| Sigara                                       | Kullanıyor: <input type="checkbox"/> PaketxYıl:<br>Bırakmış: <input type="checkbox"/> PaketxYıl:<br>Hiç içmemiş: <input type="checkbox"/>                                 |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |
| Primer Yatış Tanıları:<br>(Birden Çok Seçim) | <b>CERRAHI</b><br><input type="checkbox"/> Acil Post-operatif<br><input type="checkbox"/> Elektif Post-operatif<br><input type="checkbox"/> Post-Operatif<br>Komplikasyon | <b>DAHİLİ</b><br><input type="checkbox"/> Kardiyak<br><input type="checkbox"/> Respiratuar<br><input type="checkbox"/> Enfeksiyöz<br><input type="checkbox"/> Obstetrik | <b>DAHİLİ</b><br><input type="checkbox"/> Nefrolojik<br><input type="checkbox"/> Endokrinolojik<br><input type="checkbox"/> Gastrointestinal<br><input type="checkbox"/> İntoksikasyonlar | <b>DAHİLİ</b><br><input type="checkbox"/> Onkolojik<br><input type="checkbox"/> Hematolojik<br><input type="checkbox"/> Nörolojik |

|                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kororbidite:<br>(Birden Çok Seçim) | <input type="checkbox"/> Yok<br><input type="checkbox"/> Hipertansyon<br><input type="checkbox"/> Kalp yetmezliğı<br><input type="checkbox"/> Koroner Arter Hastalığı<br><input type="checkbox"/> Aritmi<br><input type="checkbox"/> Kalp Kapak Hastalığı<br><input type="checkbox"/> Astım<br><input type="checkbox"/> KOAH<br><input type="checkbox"/> Pulmoner HT<br><input type="checkbox"/> Akciğer CA<br><input type="checkbox"/> Kronik Renal Yetmezlik<br><input type="checkbox"/> Kronik Renal Hastalık<br><input type="checkbox"/> Diyabet Mellitus<br><input type="checkbox"/> Metabolik Sendrom<br><input type="checkbox"/> Hiper/Hipotoridi<br><input type="checkbox"/> Troid CA | <input type="checkbox"/> Surrenal Ca<br><input type="checkbox"/> FMF<br><input type="checkbox"/> Romatoid Artrit<br><input type="checkbox"/> SLE<br><input type="checkbox"/> A. Spondilit<br><input type="checkbox"/> Behçet<br><input type="checkbox"/> Vaskülitler<br><input type="checkbox"/> Skleroderma<br><input type="checkbox"/> HIV<br><input type="checkbox"/> HCV/HBV<br><input type="checkbox"/> Siroz/Kronik KC Hast<br><input type="checkbox"/> Bilier Sistem Hast. <input type="checkbox"/> İnflamatuvar Barsak Hast.<br><input type="checkbox"/> Karaciğer CA<br><input type="checkbox"/> Biliyer Sistem CA | <input type="checkbox"/> Pankreas CA<br><input type="checkbox"/> Kolon/İntestinal CA<br><input type="checkbox"/> Renal Ca<br><input type="checkbox"/> Hemolitik Anemiler<br><input type="checkbox"/> Hematolojik CA<br><input type="checkbox"/> Kanama Bozukluğu Hast<br><input type="checkbox"/> Malignite Hematolojik<br><input type="checkbox"/> SVO<br><input type="checkbox"/> Epilepsi<br><input type="checkbox"/> Alzeimer<br><input type="checkbox"/> Parkinson<br><input type="checkbox"/> Nöromuskuler Hast<br><input type="checkbox"/> Malignite Santral SSS.<br><input type="checkbox"/> Organ Nakil Alıcısı<br><input type="checkbox"/> Diğer ( belirtiniz ..... ) |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Charlson Kororbidite<br>İndeks | <b>Charlson Kororbidite İndeksi</b><br>var      yok<br><input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub>                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                | <b>1</b> Miyokard enfarktüsü<br><b>2</b> Konjestif kalp yetmezliğı<br><b>3</b> Periferik vasküler hastalık<br><b>4</b> Serebrovasküler hastalık<br><b>5</b> Demans<br><b>6</b> Kronik Akciğer Hastalığı<br><b>7</b> Konnektif doku hastalığı<br><b>8</b> Peptik ülser hastalığı<br><b>9</b> Hafif düzeyde karaciğer hastalığı<br><b>10</b> Diyabet | <input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> | <b>11</b> Hemipleji<br><b>12</b> Orta-şiddetli böbrek hastalığı<br><b>13</b> Son organ hasarı yapan diyabet<br><b>14</b> Herhangi tümör varlığı<br><b>15</b> Lösemi<br><b>16</b> Lenfoma<br><b>17</b> Orta-şiddetli karaciğer hastalığı<br><b>18</b> Metastatik solid tümör<br><b>19</b> AIDS | <input type="checkbox"/> <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>3</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>6</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub><br><input type="checkbox"/> <sub>6</sub> <input type="checkbox"/> <sub>0</sub> |
| Toplam puan:                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Yoğun Bakım Süresi:            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Komorbiditeler/<br>Günlük Durum | <b>Sepsis:</b> Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/><br><b>Akut Böbrek Yetmezliği:</b> Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/><br><b>Diyaliz:</b> Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/><br><b>İleus:</b> Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/> <b>Gaz/Gaita Çıkış Gün:</b><br><b>Deliryum:</b> Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/> Hipoaktif: <input type="checkbox"/> Hiperaktif: <input type="checkbox"/> Miks: <input type="checkbox"/><br><b>Kanama:</b> Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/> GİS: <input type="checkbox"/> Cerrahi Yeri: <input type="checkbox"/> Santral: <input type="checkbox"/><br><b>Beslenme:</b> Oral: <input type="checkbox"/> Enteral: <input type="checkbox"/> Parenteral: <input type="checkbox"/> |
| Tedavi ve İlaç Bilgileri:       | <b>Sedatif İlaç:</b> Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/><br>Benzodiazepin: <input type="checkbox"/> Dexmedetomidine: <input type="checkbox"/><br>Propofol: <input type="checkbox"/> Opioid: <input type="checkbox"/><br><b>Steroid:</b> Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/> Düşük(<0.5): <input type="checkbox"/> Yüksek(>0.5): <input type="checkbox"/><br><b>Vazopressör:</b> Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/> <0.2: <input type="checkbox"/> 0.2-0.5: <input type="checkbox"/> >0.5: <input type="checkbox"/><br><b>Nöromusküler bloker:</b> Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/><br><b>Enfeksiyon:</b> <input type="checkbox"/>                                                                                                                                   |
|                                 | <b>Diğer:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Uzman Doktor Görüşleri:         | Rehabilitasyon önerildi: <input type="checkbox"/><br>Rehabilitasyon önerilmedi: <input type="checkbox"/><br>Rehabilitasyon kısıtlı önerildi: <input type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Mobilizasyonu kısıtlayan durum</li> <li><input type="checkbox"/> Göğüs fizyoterapisini kısıtlayan durum</li> <li><input type="checkbox"/> Sağ üst ekstremitayı kısıtlayan durum</li> <li><input type="checkbox"/> Sol üst ekstremitayı kısıtlayan durum</li> <li><input type="checkbox"/> Sağ alt ekstremitayı kısıtlayan durum</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

|  |                                                                 |
|--|-----------------------------------------------------------------|
|  | <input type="checkbox"/> Sol alt ekstremitmeyi kısıtlayan durum |
|--|-----------------------------------------------------------------|

|                                    |                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2. Değerlendirme Bulguları:</b> |                                                                                                                                                                                                         |
| Kan basıncı:                       |                                                                                                                                                                                                         |
| Kalp hızı:                         |                                                                                                                                                                                                         |
| Solunum frekansı:                  |                                                                                                                                                                                                         |
| Oksijen saturasyonu:               |                                                                                                                                                                                                         |
| Spontan Solunum                    | Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/><br>Komut alıyor: <input type="checkbox"/> Komut almıyor: <input type="checkbox"/>                                                           |
|                                    |                                                                                                                                                                                                         |
| Solunum Desteği:                   | Var: <input type="checkbox"/> Yok: <input type="checkbox"/><br>MV: <input type="checkbox"/> NIMV: <input type="checkbox"/> Spontan solunumda diğer destekler: <input type="checkbox"/>                  |
| FiO2:                              |                                                                                                                                                                                                         |
| PaCO2                              |                                                                                                                                                                                                         |
| Dispne (Borg Skalası)              | 0: Nefes darlığı yok      5: Şiddetli<br>0.5: Çok çok hafif      6:<br>1: Çok hafif      7: Çok şiddetli<br>2: Hafif      8:<br>3: Orta      9: Çok çok şiddetli<br>4: Biraz şiddetli      10: Maksimal |
| Ateş:                              |                                                                                                                                                                                                         |

| Laboratuvar Bulguları:                     | Hemoglobin:<br><br>Hemotokrit:<br><br>Trombosit:<br><br>INR:<br><br>Lökosit:<br><br>C-reaktif Protein:<br><br>Sedimentasyon Hızı:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---|------------------|----|------------------|----------------------------------------------------------------|---------|-----------|--------------------------------------------------|----|---------|----------------------------------------------------|------------------|----------|---------------------------------------------------|---|-----------------|---|-------------------|--------|----------------------------------------------------|----|----------------|----------------------------------------------------|-----|------------------------|-------------------------------------------|----|----------------|--------------------------------------------------|----|----------------|---------------------------------------|---|-----|---|--|--|-----------|---|--|--|
|                                            | Kan Glikoz Düzeyi:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| Hastanın semptomları:                      | Hırıltılı solunum: <input type="checkbox"/><br><br>Sekresyon: <input type="checkbox"/> Spontan Çıkarabilir: <input type="checkbox"/><br>Aspirasyon: <input type="checkbox"/><br><br>Nefes darlığı: <input type="checkbox"/><br><br>Öksürük: <input type="checkbox"/><br><br>Ödem: <input type="checkbox"/><br><br>Ağrı: <input type="checkbox"/> Lokalizasyon: VAS:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| Glasgow Koma Skalası:                      | <table border="1" data-bbox="580 1312 1278 1469"> <thead> <tr> <th colspan="2">Göz Yanıtı (E)</th><th colspan="2">Motor Yanıt (M)</th><th colspan="2">Verbal Yanıt (V)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Spontan</td><td>4</td><td>Komutlara Uyuyor</td><td>6</td><td>Oryante</td><td>5</td></tr> <tr> <td>Sözel Uyarılarla</td><td>3</td><td>Uyarıyı Lokalize Ediyor</td><td>5</td><td>Konfüzyonel</td><td>4</td></tr> <tr> <td>Ağrılı Uyarılarla</td><td>2</td><td>Uyarıya Kaçınma (Normal Fleksiyon)</td><td>4</td><td>Kelimeler</td><td>3</td></tr> <tr> <td>Yok</td><td>1</td><td>Global Fleksör Yanıt (Anormal Fleksiyon)</td><td>3</td><td>Sesler</td><td>2</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td>Global Ektensör Yanıt</td><td>2</td><td>Yok</td><td>1</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td>Yanıt Yok</td><td>1</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Toplam Skor:</p>                                                                                                                                                                                                                                               | Göz Yanıtı (E)                                                 |   | Motor Yanıt (M)  |    | Verbal Yanıt (V) |                                                                | Spontan | 4         | Komutlara Uyuyor                                 | 6  | Oryante | 5                                                  | Sözel Uyarılarla | 3        | Uyarıyı Lokalize Ediyor                           | 5 | Konfüzyonel     | 4 | Ağrılı Uyarılarla | 2      | Uyarıya Kaçınma (Normal Fleksiyon)                 | 4  | Kelimeler      | 3                                                  | Yok | 1                      | Global Fleksör Yanıt (Anormal Fleksiyon)  | 3  | Sesler         | 2                                                |    |                | Global Ektensör Yanıt                 | 2 | Yok | 1 |  |  | Yanıt Yok | 1 |  |  |
| Göz Yanıtı (E)                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Motor Yanıt (M)                                                |   | Verbal Yanıt (V) |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| Spontan                                    | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Komutlara Uyuyor                                               | 6 | Oryante          | 5  |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| Sözel Uyarılarla                           | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Uyarıyı Lokalize Ediyor                                        | 5 | Konfüzyonel      | 4  |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| Ağrılı Uyarılarla                          | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Uyarıya Kaçınma (Normal Fleksiyon)                             | 4 | Kelimeler        | 3  |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| Yok                                        | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Global Fleksör Yanıt (Anormal Fleksiyon)                       | 3 | Sesler           | 2  |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Global Ektensör Yanıt                                          | 2 | Yok              | 1  |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Yanıt Yok                                                      | 1 |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| Richmond Ajitasyon<br><br>Sedasyon Skalası | <table border="1" data-bbox="580 1588 1278 1986"> <thead> <tr> <th>Skor</th><th></th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+4</td><td>Boğuşma halinde</td><td>İleri derecede boğuşuyor/şiddet uyguluyor. Personel tehlikede.</td></tr> <tr> <td>+3</td><td>Çok ajite</td><td>Tüpleri veya kateterleri çeker/çıkarır. Agresif.</td></tr> <tr> <td>+2</td><td>Ajite</td><td>Anlamsız hareket. Ventilatör ile senkronize değil.</td></tr> <tr> <td>+1</td><td>Huzursuz</td><td>Endişeli fakat hareketler agresif/şiddetli değil.</td></tr> <tr> <td>0</td><td>Uyanık ve sakin</td><td></td></tr> <tr> <td>-1</td><td>Uykulu</td><td>Sese göz teması ile uyanıklığı sürdürüyor (&gt;10sn).</td></tr> <tr> <td>-2</td><td>Hafif sedatize</td><td>Sese göz teması ile kısa süreli uyanıklık (&lt;10sn).</td></tr> <tr> <td>-3</td><td>Orta derecede sedatize</td><td>Sese hareket yanıtı fakat göz teması yok.</td></tr> <tr> <td>-4</td><td>Derin sedatize</td><td>Sese yanıt yok, fiziksel uyarıya hareket yanıtı.</td></tr> <tr> <td>-5</td><td>Uyandırılmıyor</td><td>Sese veya fiziksel uyarıya yanıt yok.</td></tr> </tbody> </table> | Skor                                                           |   |                  | +4 | Boğuşma halinde  | İleri derecede boğuşuyor/şiddet uyguluyor. Personel tehlikede. | +3      | Çok ajite | Tüpleri veya kateterleri çeker/çıkarır. Agresif. | +2 | Ajite   | Anlamsız hareket. Ventilatör ile senkronize değil. | +1               | Huzursuz | Endişeli fakat hareketler agresif/şiddetli değil. | 0 | Uyanık ve sakin |   | -1                | Uykulu | Sese göz teması ile uyanıklığı sürdürüyor (>10sn). | -2 | Hafif sedatize | Sese göz teması ile kısa süreli uyanıklık (<10sn). | -3  | Orta derecede sedatize | Sese hareket yanıtı fakat göz teması yok. | -4 | Derin sedatize | Sese yanıt yok, fiziksel uyarıya hareket yanıtı. | -5 | Uyandırılmıyor | Sese veya fiziksel uyarıya yanıt yok. |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| Skor                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| +4                                         | Boğuşma halinde                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | İleri derecede boğuşuyor/şiddet uyguluyor. Personel tehlikede. |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| +3                                         | Çok ajite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Tüpleri veya kateterleri çeker/çıkarır. Agresif.               |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| +2                                         | Ajite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Anlamsız hareket. Ventilatör ile senkronize değil.             |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| +1                                         | Huzursuz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Endişeli fakat hareketler agresif/şiddetli değil.              |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| 0                                          | Uyanık ve sakin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| -1                                         | Uykulu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sese göz teması ile uyanıklığı sürdürüyor (>10sn).             |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| -2                                         | Hafif sedatize                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sese göz teması ile kısa süreli uyanıklık (<10sn).             |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| -3                                         | Orta derecede sedatize                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sese hareket yanıtı fakat göz teması yok.                      |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| -4                                         | Derin sedatize                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sese yanıt yok, fiziksel uyarıya hareket yanıtı.               |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |
| -5                                         | Uyandırılmıyor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sese veya fiziksel uyarıya yanıt yok.                          |   |                  |    |                  |                                                                |         |           |                                                  |    |         |                                                    |                  |          |                                                   |   |                 |   |                   |        |                                                    |    |                |                                                    |     |                        |                                           |    |                |                                                  |    |                |                                       |   |     |   |  |  |           |   |  |  |

| 3.Kas İskelet Sistemi Değerlendirmesi                                                                         |                           |                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------|
| ROM Değerlendirmesi:<br><br>(Normal ROM (0), Hafif Kısıtlılık(1), Orta Kısıtlılık(2), Şiddetli kısıtlılık(3)) |                           | Pasif ROM                 | Aktif ROM |
|                                                                                                               | Omuz Abdüktör:            |                           |           |
|                                                                                                               | Dirsek Fleksör:           |                           |           |
|                                                                                                               | El Bileği Ekstansör:      |                           |           |
|                                                                                                               | Kalça Fleksör:            |                           |           |
|                                                                                                               | Diz Ekstansör:            |                           |           |
|                                                                                                               | Ayak Bileği Dorsifleksör: |                           |           |
|                                                                                                               | Değerlendirilemedi:       |                           |           |
| Kas Kuvveti Değerlendirmesi:<br><br>(MRC 0-5 arası)                                                           | Sağ :                     | Sol:                      |           |
|                                                                                                               | Omuz Abdüktör:            | Omuz Abdüktör:            |           |
|                                                                                                               | Dirsek Fleksör:           | Dirsek Fleksör:           |           |
|                                                                                                               | El Bileği Ekstansör:      | El Bileği Ekstansör:      |           |
|                                                                                                               | Kalça Fleksör:            | Kalça Fleksör:            |           |
|                                                                                                               | Diz Ekstansör:            | Diz Ekstansör:            |           |
|                                                                                                               | Ayak Bileği Dorsifleksör: | Ayak Bileği Dorsifleksör: |           |
|                                                                                                               | Değerlendirilemedi:       |                           |           |



|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mobilite: | <ol style="list-style-type: none"> <li>0. Aktivite yok, yatakta yatıyor</li> <li>1. Yatakta oturabilir, yatakta egzersiz</li> <li>2. Pasif bir şekilde sandalyeye taşınabilir (ayakta durmadan)</li> <li>3. Yatağın kenarında oturabilir</li> <li>4. Ayakta durabilir</li> <li>5. Sandalyeye transfer olabilir</li> <li>6. Yerinde (yatak başında) adım sayabilir</li> <li>7. 2 veya daha fazla kişinin yardımıyla yürüyebilir</li> <li>8. Bir kişinin yardımıyla yürüyebilir</li> <li>9. Destekli yürüyebilir</li> <li>10. Desteksiz yürüyebilir</li> </ol> |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| 4.Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Uygulamaları                                                                                                                                                                                  |                                                 |                            |                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|
| Planlanan FTR yaklaşımları                                                                                                                                                                                                    | Planlanan Seans<br>(Günlük Sıklık, Set, Tekrar) | Uygulanan FTR yaklaşımları | Uygulanan Seans<br>(Günlük Sıklık, Set, Tekrar) |
| <b>1. Pozisyonlama:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Yüksek Yatış</li> <li><input type="checkbox"/> Sağ Tarafa Yan Yatış</li> <li><input type="checkbox"/> Sol Tarafa Yan Yatış</li> </ul> |                                                 |                            |                                                 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| <p><b>2. Eklem Hareket Açıklığı Egzersizleri</b></p> <p><b>(Pasif, Aktif Asistif, Aktif)</b></p> <p><b>A AS P</b></p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Omuz Fleksiyon-Ekstansiyon</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Omuz Abdüksiyon-Addüksiyon</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Dirsek Fleksiyon-Ekstansiyon</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> El Bileği Fleksiyon-Ekstansiyon</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Kalça ve Diz Fleksiyon-Ekstansiyon</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Kalça Abdüksiyon-Addüksiyon</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Ayak Bileği Dorsi-Plantar Fleksiyon</p> |  |  |  |
| <p><b>3. Kuvvetlendirme Egzersizleri:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Omuz Fleksiyon-Ekstansiyon</p> <p><input type="checkbox"/> Omuz Abdüksiyon-Addüksiyon</p> <p><input type="checkbox"/> Dirsek Fleksiyon-Ekstansiyon</p> <p><input type="checkbox"/> El Bileği Fleksiyon-Ekstansiyon</p> <p><input type="checkbox"/> Kalça ve Diz Fleksiyon-Ekstansiyon</p> <p><input type="checkbox"/> Kalça Abdüksiyon-Addüksiyon</p> <p><input type="checkbox"/> Ayak Bileği Dorsi-Plantar Fleksiyon</p> <p><input type="checkbox"/> Baş Kontrolü</p> <p><input type="checkbox"/> Gövde Kontrolü</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |
| <p><b>4. <input type="checkbox"/> Solunum Kontrolü</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |  |
| <p><b>5. <input type="checkbox"/> Diyafragmatik Solunum</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |

|                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| <b>6. Torakal Ekspansiyon Egzersizleri</b><br><input type="checkbox"/> Apikal<br><input type="checkbox"/> Lateral Bazal<br><input type="checkbox"/> Posterior Bazal                                                 |  |  |  |
| <b>7. <input type="checkbox"/> Aktif Solunum Teknikleri Döngüsü</b>                                                                                                                                                 |  |  |  |
| <b>8. <input type="checkbox"/> İnsentif Spirometre</b>                                                                                                                                                              |  |  |  |
| <b>9. Sekresyon için Manuel Teknikler</b><br><input type="checkbox"/> Perküsyon<br><input type="checkbox"/> Vibrasyon<br><input type="checkbox"/> Shaking                                                           |  |  |  |
| <b>10. Mobilizasyon</b><br><input type="checkbox"/> Yatak kenarında oturma<br><input type="checkbox"/> Sandalyede oturma<br><input type="checkbox"/> Oda içinde yürüme<br><input type="checkbox"/> Koridorda yürüme |  |  |  |
| <b>11. Abdomen Masajı</b>                                                                                                                                                                                           |  |  |  |
| <b>12. NMES</b>                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |
| <b>13. Ödem Masajı</b>                                                                                                                                                                                              |  |  |  |

## ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Şehit Yüzbaşı Cengiz Topel İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini Trabzon 88.Yıl Cumhuriyet Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 2016 yılında girdiği KTÜ, Fen Fakültesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü'nden 2020'da mezun oldu. 2023 yılında KTÜ, Fen Fakültesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü'nde yüksek lisans eğitimi alırken 2023 yılında aynı bölümde araştırma görevlisi olarak atandı. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

