

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
İŞLETME ENSTİTÜSÜ

**SPORCULAR İÇİN SENSÖR VERİLERİ ÜZERİNDEN  
YAPAY ZEKA İLE PERFORMANS YÖNETİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yasin ZENCİR**  
**ORCID ID: 0000-0002-8464-2697**

**Enstitü Anabilim Dalı: Yönetim Bilişim Sistemleri**  
**Enstitü Bilim Dalı : Yönetim Bilişim Sistemleri**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Emrah AYDEMİR**  
**ORCID ID: 0000-0002-8380-7891**

**MAYIS – 2024**

Yasin ZENCİR tarafından hazırlanan ‘‘Sporcular için Sensör Verileri Üzerinden Yapay Zeka ile Performans Yönetimi’’ başlıklı bu tez, 02/05/2024 tarihinde Sakarya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yapılan Tez Savunma Sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Emrah AYDEMİR

*Sakarya Üniversitesi*

**Jüri Üyeleri:** Doç. Dr. Halil İbrahim CEBECİ

*Sakarya Üniversitesi*

Dr. Öğr. Üyesi İsmail KOÇ

*Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi*



SAKARYA  
ÜNİVERSİTESİ

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
İŞLETME ENSTİTÜSÜ  
TEZ SAVUNULABİLİRLİK VE ORJİNALLİK  
BEYAN FORMU

Sayfa : 1/1

Öğrencinin

Adı Soyadı	:	Yasin ZENCİR
Öğrenci Numarası	:	Y229054007
Enstitü Anabilim Dalı	:	İşletme Enstitüsü
Enstitü Bilim Dalı	:	Yönetim Bilişim Sistemleri
Programı	:	<input checked="" type="checkbox"/> YÜKSEK LİSANS <input type="checkbox"/> DOKTORA
Tezin Başlığı	:	Sporcular İçin Sensör Verileri Üzerinden Yapay Zeka İle Performans Yönetimi
Benzerlik Oranı	:	%3

Enstitü Müdürlüğüne

Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

..... / ..... / 2024

İmza  
Öğrenci

Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez çalışması ile ilgili gerekli düzenleme tarafımda yapılmış olup, yeniden değerlendirilmek üzere gsbttez@sakarya.edu.tr adresine yüklenmiştir.

Bilgilerinize arz ederim.

..... / ..... / 2024

İmza  
Danışman

Uygundur

Danışman  
Unvanı / Adı-Soyadı:

Tarih: ..../..../2024

İmza:

<input type="checkbox"/>	KABUL EDİLMİŞTİR
<input type="checkbox"/>	REDEDİLMİŞTİR

Enstitü Birim Sorumlusu Onayı

EYK Tarih ve No: ..... / ..... / 20.... - .....

# İÇİNDEKİLER

<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>i</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLolar</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİLLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>BÖLÜM 1. LİTERATÜR TARAMASI</b> .....	<b>10</b>
1.1 Kavramsal Çerçeve.....	16
1.1.1 Çeviklik.....	16
1.1.1.1 Çeviklik Testleri.....	20
1.1.1.2 Reaktif (plansız) Çeviklik ve Planlanan Çeviklik.....	21
1.1.1.3 Aerobik ve Anaerobik Performans .....	23
1.1.1.4 Psiko-motor Beceriler .....	25
1.2 Sistemin Donanım ve Yazılım Bileşenleri .....	26
1.2.1 Arduino .....	26
1.2.2 Nrf Kablosuz İletişim Teknolojisi .....	26
1.2.3 Nrf24l01 Modülü .....	27
1.2.4 MZ80 Dijital Kızılötesi Mesafe Sensörü .....	28
1.2.5 NeoPixel 12'li Halka .....	28
1.2.6 TP4056 Lityum Pil Şarj Devresi.....	29
1.2.7 Lityum Polimer (Li-Po) Pil.....	29
1.2.8 Muhafaza Kutusu ve Mini Çıt Çıt Anahtarlı Buton ( ON-OFF ).....	30
<b>BÖLÜM 2. YÖNTEM</b> .....	<b>30</b>
2.1 Veri parçalama .....	34
2.2 Veri Madenciliği.....	34
2.2.1 Veri Madenciliğinin Aşamaları .....	35
2.2.2 Veri Madenciliğinde Kullanılan Modeller.....	35
2.2.2.1 Regresyon analizi .....	36
2.2.2.2 Sınıflandırma.....	36
2.2.2.3 Zaman serileri.....	37

2.2.2.4 Kümeleme .....	37
2.2.2.5 Birliktelik Kuralları .....	37
2.3 Makine Öğrenmesi .....	38
2.3.1 Makine Öğrenimi Süreçleri .....	38
2.3.2 Makine Öğrenimi Kategorileri.....	39
2.3.2.1 Denetimli Öğrenme (Supervised Learning) .....	39
2.3.2.2 Denetimsiz Öğrenme (Unsupervised Learning).....	39
2.3.2.3 Güçlendirme Öğrenmesi (Reinforcement Learning): .....	40
2.4 Yapay Zeka.....	41
2.4.1 Makine Öğrenimi (Machine Learning).....	41
2.4.2 Yapar Sinir Ağları.....	41
2.4.3 Derin Öğrenme (Deep Learning).....	42
2.4.4 Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing, NLP).....	42
2.5 Başarı Ölçütleri.....	43
2.5.1 Confusion Matrix (Karışıklık Matrisi).....	43
2.5.2 AUC-ROC Eğrisi .....	44
2.5.3 Ortalama Hata (Mean Absolute Error, MAE) ve Ortalama Kare Hatası (Mean Squared Error, MSE) .....	45
2.6 Sınıflandırma Algoritmaları .....	45
2.6.1 Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines, SVM) .....	46
2.6.2 Karar Ağaçları (Decision Trees).....	46
2.6.3 Rastgele Ormanlar (Random Forests).....	46
2.6.4 K-En Yakın Komşu (k-Nearest Neighbors, k-NN) .....	46
2.6.5 Lojistik Regresyon (Logistic Regression) .....	46
2.6.6 BayesNet.....	47
2.7 Sistem için Cihaz Tasarımı ve Yazılım Yazılması.....	47
2.7.1 Client Cihazın Tasarlanması .....	48
2.7.2 Client Cihazın Programlanması .....	49
2.7.3 Server Cihazın Tasarlanması .....	49
2.7.4 Server Cihazın Programlanması .....	50
2.7.5 Bilgisayar Üzerinden Sistemin Kontrol Edilmesi için Yazılımın Yazılması	51
2.8 Verilerin Toplanması.....	51
2.9 Verilerin Analiz Edilmesi.....	54

2.9.1 NaiveBayes .....	55
2.9.2 IBk (Instance-Based k-Nearest Neighbors) .....	55
2.9.3 Multilayer Perceptron (MLP) .....	56
2.9.4 MultiClassClassifier.....	56
2.9.5 JRip .....	56
2.9.6 LMT .....	57
<b>BÖLÜM 3. BULGULAR.....</b>	<b>58</b>
<b>TARTIŞMA .....</b>	<b>64</b>
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>68</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>71</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>83</b>

## KISALTMALAR

<b>YSA</b>	: Yapay Sinir Ağları
<b>RF</b>	: Radio Frequency
<b>NRF</b>	: Nordic Radio Frequency
<b>YZ</b>	: Yapay Zeka
<b>IoT</b>	: Internet of Things
<b>SPI</b>	: Serial Peripheral Interface
<b>RFID</b>	: Radio Frequency Identification
<b>Li-Po</b>	: Lityum Polimer
<b>SP</b>	: Serial Port
<b>EKG</b>	: Elektrokardiyografi
<b>MEB</b>	: Milli Eğitim Bakanlığı
<b>TDK</b>	: Türk Dil Kurumu
<b>EC</b>	: Electrical Conductivity
<b>NLP</b>	: Natural Language Processing
<b>NLU</b>	: Natural Language Understanding
<b>NLG</b>	: Natural Language Generation
<b>MAE</b>	: Mean Absolute Error
<b>MSE</b>	: Mean Squared Error
<b>SVM</b>	: Support Vector Machines
<b>k-NN</b>	: k-Nearest Neighbors
<b>TP</b>	: True Positive
<b>TN</b>	: True Negative
<b>FP</b>	: False Positive
<b>FN</b>	: False Negative
<b>H</b>	: Hızlı
<b>N</b>	: Normal
<b>Y</b>	: Yavaş

## TABLolar

<b>Tablo 1:</b> Çeviklik Becerisinin Kriterleri .....	17
<b>Tablo 2:</b> Çeviklik Sınıflandırılması (Sheppard ve Young, 2006) .....	18
<b>Tablo 3:</b> Performans Ölçmek Amacıyla Yapılan Sensör Tabanlı Çalışmalar.....	32
<b>Tablo 4:</b> Confusion Matrix Başarı Ölçütleri .....	44
<b>Tablo 5:</b> MAE ve MSE Formülleri .....	45
<b>Tablo 6:</b> Client Cihazlarında Kullanılan Malzeme Listesi.....	48
<b>Tablo 7:</b> Server Cihazında Kullanılan Malzeme Listesi .....	50
<b>Tablo 8:</b> Veri Toplama Çizelgesi .....	54
<b>Tablo 9:</b> Öğrencilerin Yaş ve Cinsiyet Dağılımı (18 Öğrenci) .....	54
<b>Tablo 10:</b> Öğrencilerin Boy ve Kilo Dağılımı (18 Öğrenci).....	54
<b>Tablo 11:</b> Veri Analiz Sonuçları .....	58
<b>Tablo 12:</b> En Başarılı Sınıflandırma Algoritması ve Değerleri.....	59
<b>Tablo 13:</b> Confusion Matrix (Karışıklık Matrisi).....	60



## ŞEKİLLER

Şekil 1: Çevikliğin Şematik Sınıflandırılması .....	19
Şekil 2: Arduino Uno.....	26
Şekil 3: Antensiz Nrf24l01 Modülü .....	28
Şekil 4: Antenli Nrf24l01 Modülü.....	28
Şekil 5: MZ80 Dijital Kızılötesi Mesafe Sensörü.....	28
Şekil 6: NeoPixel 12'li Halka.....	29
Şekil 7: TP4056 Lityum Pil Şarj Devresi .....	29
Şekil 8: Lityum Polimer (Li-Po) Pil .....	30
Şekil 9: Muhafaza Kutusu .....	30
Şekil 10: Mini Çıt Çıt Anahtarlı Buton (ON-OFF) .....	30
Şekil 11: Veri Madenciliğinde Kullanılan Modeller .....	36
Şekil 12: Denetimli Öğrenme Yöntemi .....	39
Şekil 13: Denetimsiz Öğrenme Yöntemi.....	40
Şekil 14: Güçlendirme Öğrenme Yöntemi .....	40
Şekil 15: Confusion Matrix .....	44
Şekil 16: AUC-ROC Eğrisi .....	45
Şekil 17: Client Cihazlar ile İlgili Görseller .....	49
Şekil 18: Server Cihaz ile İlgili Görseller.....	50
Şekil 19: Sistem Kontrol Ara Yüzü Görünümü.....	51
Şekil 20: Örnek Bir Client Cihaz Konumlandırması.....	52
Şekil 21: Tasarlanan Cihazın Uygulanması.....	52
Şekil 22: Client Cihazların Farklı Kombinasyonları .....	53
Şekil 23: Performans Sonrası Veri Kayıt Ekranı.....	53
Şekil 24: Öğrencilerin Test Esnasındaki Performans Seviyeleri (4 Öğrenci için) .....	62

## ÖZET

Zencir, Y. (2024). *Sporcular için sensör verileri üzerinden yapay zeka ile performans yönetimi* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi.

Teknoloji ve teknolojik araçların gelişmesi ile beraber yaşamımızın bütün alanlarında olduğu gibi spor alanında da insan yararına kullanılabilen cihaz ve uygulamaların sayısı ve kalitesi de gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde birçok teknolojik araç ve yöntem kullanarak sporculara ait önemli performans bilgileri elde edilmekte, kayıt altına alınmakta ve uygun yollarla işlenerek bu bilgilerin en iyi şekilde değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Bu ölçme yöntemleri, performans değerlendirme açısından kısa vadede ve belirli özellikleri ölçme konusunda yeterli olsa da, kayıt ortamlarının yetersizliği, değerlendirme yöntemlerindeki standardizasyon sorunları, ölçülen özellik ve ölçme kriterlerindeki yetersizliklerden dolayı uzun vadede detaylı ve faydalı ölçümler yapamamaktadır. Bundan dolayı, bu yöntemler ile yapılan ölçme, analiz ve değerlendirmeler, sporculara ait doğru verilerin elde edilmesi ve sağlıklı kararlar alınması konusunda yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada, sensör tabanlı tasarlanan bir cihaz yardımıyla, sporcular için önemli performans kriterleri olan hız, çeviklik, dikkat gibi özellikler ölçülmekte, kayıt altına alınmakta ve yapay zeka tabanlı yöntemlerle analiz edilmektedir. Bu analizler sonucunda sporcuların yapmış oldukları çalışmalar, gelişim seviyeleri ve performans yeterlilikleri hakkında elde edilen bilgiler, sporcunun kendisi veya çalıştırıcıları (koç, antrenör, teknik direktör) tarafından sürekli olarak takip edilmekte ve bu analiz sonuçlarına göre çalışma programları üzerinde gerekli değişiklikler yapılmaktadır. Yapılacak bu düzenleme, iyileştirme ve veriye dayalı yönlendirmelerle sporcuların performanslarının yönetilmesi ve geliştirilmesi hedeflenmektedir. Tasarlanan cihaz 11-12 yaş aralığındaki 18 öğrenci üzerinde uygulanmış ve her öğrencinin 20 deneme yapması sağlanmıştır. 5 cihaz arasında koşarak toplamda 25 cihaza uğramaları sağlanan her bir öğrenci için 500 veri elde edilmiştir. 18 öğrenciden elde edilen 9000 veri öğrencilere ait kilo, boy ve cinsiyet özelliklerinin yanında uzman görüşü bildiren beden eğitimi öğretmenin her öğrenci için vermiş olduğu hızlı (H), normal (N) ve yavaş (Y) etiketi ile birlikte bir veri tabanına kaydedilmiştir. Daha sonra bu veriler Weka programı ile 32 adet sınıflandırma yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda en başarılı sınıflandırma yöntemi %95.8333'lük başarı oranı ile Functions Classifier'a ait olan MultilayerPerceptron sınıflandırma yöntemi ile elde edilmiştir.

Bu çalışma ile sensörler, mikrodenetleyiciler ve yapay zeka yöntemleri kullanılarak sporcular için bir performans belirleme modeli oluşturulmuştur. Bu model, sporcuların performanslarını ölçmeyi ve değerlendirmeyi kolaylaştırmakta, hem sporcu hem de sporcu çalıştırıcıları ve değerlendirmecileri için önemli bir referans noktası olmaktadır. Ayrıca tasarlanan cihaz ve oluşturulan modeller sadece spor alanında değil, sağlık ve eğitim alanlarında da kullanılabilir. Rehabilitasyon merkezleri ile hastanelerin fizik tedavi ve ortopedi gibi bölümlerinde egzersizleri daha eğlenceli hale getirmek için kullanılabilir. Okul öncesi eğitim kurumlarında, hem oyun materyali hem de psiko-motor becerilerini geliştirmek, okullarda beden eğitimi dersini eğlenceli hale getirmek ve öğrencileri spor müsabakalarına seçmek veya hazırlamak için de kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Yapay Zeka, Sporcu, Performans Ölçme, Reaktif Çeviklik, Sensör.

## ABSTRACT

Zencir, Y. (2024). *Performance Management for Athletes via Artificial Intelligence Using Sensor Data* (Unpublished master's thesis). Sakarya University.

With the advancement of technology and technological tools, the number and quality of devices and applications beneficial to humans in various aspects of life, including sports, are increasing day by day. Currently, significant performance data of athletes are obtained using various technological tools and methods, recorded, and processed in appropriate ways to ensure the best possible evaluation of this data. While these measurement methods may be sufficient for short-term performance assessment and measuring specific characteristics, they often fail to provide detailed and useful measurements in the long run due to inadequacies in recording environments, standardization issues in evaluation methods, and deficiencies in measured attributes and criteria. Therefore, measurements, analyses, and evaluations conducted using these methods often fall short in providing accurate data for athletes and making informed decisions.

In this study, through a device designed based on sensors, important performance criteria for athletes such as speed, agility, and attention are measured, recorded, and analyzed using artificial intelligence-based methods. The information obtained regarding the athletes' training, developmental levels, and performance competencies through these analyses is continuously monitored by the athletes themselves or their trainers (coaches, trainers, technical directors), and necessary adjustments are made to their training programs based on these analysis results. The aim is to manage and improve athletes' performance through these adjustments, improvements, and data-driven guidance. The designed device was applied to 18 students aged 11-12, with each student performing 20 trials on 5 devices, resulting in a total of 500 data points for each student passing through a total of 25 devices. The 9000 data points obtained from the 18 students, along with their weight, height, and gender characteristics, were recorded in a database along with the rapid (H), normal (N), and slow (Y) labels provided by the physical education teacher for each student. Later, these data were analyzed using 32 classification methods with the Weka program. The most successful classification method obtained from the analysis was the MultilayerPerceptron classification method belonging to Functions Classifier with a success rate of 95.8333%.

This study has established a performance determination model for athletes using sensors, microcontrollers, and artificial intelligence methods. This model facilitates the measurement and evaluation of athletes' performances, serving as an important reference point for both athletes and their coaches and evaluators. Additionally, the designed device and models can be utilized not only in sports but also in healthcare and education fields. They can be used to make exercises more enjoyable in rehabilitation centers and departments such as physical therapy and orthopedics in hospitals. They can also be used in preschool education institutions to enhance both play materials and psychomotor skills, make physical education classes enjoyable in schools, and select or prepare students for sports competitions.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Athlete, Performance Measurement, Reactive Agility, Sensor.

## GİRİŞ

Her insanın fizyolojik ve biyolojik yapısı farklı olduğundan dolayı her sporcu için çalışma süresi, sıklığı ve yöntemi de farklı olmaktadır. Her sporcuya standart bir çalışma planı hazırlamak sporcunun performans gelişimini olumsuz yönde etkileyeceği gibi sporcuların çalışma motivasyonlarının da düşmesine neden olacaktır. Burada en doğru yöntem sporcuya ait önemli performans verilerini elde edip kayıt altına almak, uygun zamanlarda bunları yine uygun yöntemlerle değerlendirerek sporcunun çalışma, gelişim ve yeterlilikleri kazanma seviyelerini gözlemlemek ve çalışma programlarını bu değerlendirmelere göre ayarlamak olacaktır. Bunu yaparken de günümüz kullanılan en son ve etkin teknolojilerden faydalanmak gerekmektedir.

Sporcuların performanslarını anlık veya belirli aralıklarla ölçmek, bu ölçümleri kayıt altına almak, gerekli görüldüğünde analiz ederek değerlendirmek maddi, teknik bilgi ve çalışma koşulları yönünden onlar için ek maliyet, zaman ve takip gerektirdiğinden dolayı çoğu sporcu tarafından bu ölçümleri yapmak kolay olmamaktadır. Ölçülen bu verilerin elde edilmesi kadar; yaş, kilo, boy, cinsiyet, kalıtsal özellikler ve vücut direnci gibi kişiye özgü olan faktörleri de göz önünde bulundurarak, yapay zeka tabanlı olarak analiz etmek ve değerlendirmek ise ileri düzeyde teknik ve yazılım bilgisi isteyen bir konudur.

Takım oyunu şeklinde yapılan spor müsabakalarında sporcu ve takım performanslarının değerlendirilmesi ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır (Min vd., 2008; Choros, 2013; Lu vd., 2013; Ment-zelopoulos vd., 2013; Messelodi ve Modena, 2013; Zeng ve Mizuno, 2013). Bu çalışmalarda daha çok sporcuların veya karşı takımın sporcularının geçmiş veya mevcut durumlarındaki önemli performans verilerinin toplanması ve makine öğrenmesi ile değerlendirilip bazı tahminlerde bulunabilecek bir formata dönüştürüldükten sonra karar vericilere fikirler verme konusunda kolaylık sağladığı görülmüştür. Karar vericiler sonraki süreçlerde yapılacak olan maçlar için uygulanacak taktikleri belirlemek, karşı takımın hamlelerini tahmin etmek, sporcuların hangi mevkilerde daha verimli olduklarını tespit etmek ve en uygun tesis seçimini belirleyebilmek gibi konularda bu verilerin analizinden elde edilen bilgilerden faydalanabilmektedir.

Modernizmin gelişmesinin getirmiş olduğu cumartesi tatilleri, kan sporlarının yasaklanması, demiryolu ulaşımının gelişmesi, işçi sınıfının artışı ve artan gelirlerle beraber futbol başta olmak üzere basketbol ve koşu yarışları gibi spor dalları hızla gelişerek popülerleşti. Bu sosyal değişimler, boş zaman aktivitesi olarak sporlara olan ilgiyi artırdı. Futbol vb. sporlar daha az şiddet içeren bir alternatif olarak öne çıktı. Demiryolu ulaşımının gelişmesi bu sporları farklı bölgelerde oynanan maçlarla daha geniş kitlelere tanıtmakla birlikte, işçi sınıfının artışı ve daha fazla gelirle birlikte insanların boş zamanlarını geçirmeleri için çekici hale geldi. Bu süreç, şiddetsiz sporların profesyonelleşmesine ve daha disiplinli bir spor haline gelmesine yol açtı. Medyanın futbolu magazin unsuru olarak kullanması, sporun popüler kültürde daha fazla yer almasını ve geniş kitlelere ulaşmasını sağladı (Demir, 2020).

Sporda ve özellikle de futbolda sensör tabanlı teknolojilerin gerekliliği 1966 dünya kupası finalinde “top çizgiyi geçti mi geçmedi mi” tartışmaları ile başlamış ve o tarihten sonra izleyicileri ve özellikle taraftarları tatmin edebilecek yöntemler üzerinde çalışılmaya başlanmıştır. Yardımcı hakemin görüş açısı ve mesafesi ile yetersiz kamera açılarından dolayı farklı teknolojiler kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Topun çizgiyi geçip geçmemesi, ofsayt, penaltı, foul vb. durumların gün geçtikçe daha çok tartışılmaya başlanması ve buna şike olaylarının da eklenmesi ile birlikte futbol başta olmak üzere birçok spor alanında sensör ve çok açılı görüntü kayıt teknolojilerine olan ihtiyaç giderek artmaya başlamıştır. Bundan bir tanesi de “gol çizgisi teknolojisi” dir. Sensörlü toplar sayesinde topun bir çizgiyi geçip geçmediği veya bir oyuncuya temas edip etmediği gibi bilgiler elde edilebilmektedir. Diğer bir teknoloji olan “şahin gözü teknolojisi” ile kaleleri izleyen 7 adet kameradan elde edilen görüntünün birleştirilmesi sonucu 3 boyutlu bir görüntü elde edilmekte ve topun çizgiyi geçip geçmediği belirlenebilmektedir. Günümüzde ise en son olarak 2022 yılında Katar’da oynanan Dünya Kupası’nda hem sensör hem de kameralar kullanılarak yapay zeka tabanlı bir teknoloji kullanılmıştır. Kullanılan sensörlü toplar, kameralar ile bağlantılı olarak çalışmakta hem toplardan hem de kameralardan alınan veriler yapay zeka tabanlı olarak incelendikten sonra topun çizgiyi geçip geçmediği kesin olarak belirlenebilmektedir.

Sporcularda performans belirlemede önemli bir kriter olarak öne çıkan çeviklik, zaman içerisinde farklı yöntemler kullanılarak ölçülmeye çalışılmıştır. Daha önceleri sadece belirlenmiş bazı hareketleri yapabilme, sürat ve yön değiştirme hızı gibi parametreler kullanılarak ölçülmeye çalışılmaktaydı. Günümüzde ise teknolojik cihazlar yardımıyla

bir çok ölçme testi kullanılarak, farklı makine öğrenmesi yöntemleri ve yapay zeka tabanlı yazılımlarla çok boyutlu olarak incelenmekte ve değerlendirilmektedir.

Yapılan bu değerlendirmeler sonucunda meydana çıkan yeni yaklaşımlara göre çeviklik için yeni tanımlamalar yapılmaya başlanmıştır. Bu tanımlardan biri de çevikliğin, çevre kontrolü, sezgi, görsel olarak tarama yapma, daha önce düzenlenmiş belirli hareketleri tanımayı sağlayarak karar verebilme amacıyla birçok bilişsel özellik içerdiği yönündedir. Bundan dolayı da eski antrenman yöntemlerinin yanında geliştirilecek olan teknolojik testler yardımıyla sporcuların performanslarını ölçebilecek yeni antrenman yöntemleri tasarlanmasının faydalı olacağı düşünülmektedir (Özbay vd., 2018).

Öte yandan her sporcunun beklenen ölçülerde teknolojik gelişmelerden faydalanamaması sporda fırsat eşitsizliğinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu eşitsizliklerin başlıca sebepleri arasında ekonomik ve teknolojik yoksulluk, bilgiye ulaşım eşitsizliği ve coğrafi koşullar sayılabilir. Globalleşen dünyada her ne kadar bunların etkisi azalmış gibi görünse de hala spor ve sporcuyu etkileyen ve fırsat eşitsizliğine neden olan unsurların başında gelmektedir. Bundan dolayı ucuz teknoloji ve teknolojik cihazların yaygınlaşması, insanlar arasındaki bu eşitsizlikleri az da olsa azaltması açısından oldukça önemlidir. Sporcuların kendi imkanları ile sahip olabileceği teknolojik cihazlar tasarlayabilmek de ancak ucuz materyaller ve basit düzeyde yazılımlar kullanarak ve kullanabilmeyi öğretmek veya teşvik etmek ile mümkün olabilecektir.

Spor sektöründeki teknolojik gelişmeler ve küreselleşme spor hizmetlerine önemli katkılarda bulunmuştur. İnternet, televizyon ve mobil uygulamalar gibi teknolojik ilerlemeler sporun yayılmasına ve pazarlanmasına büyük katkı sağlamıştır. Bu gelişmelerden hiç kuşkusuz spor organizasyonları ve spor tesisleri de etkilenmiş ve beraberinde rekabetin arttığı bir alan haline gelmiştir. Ayrıca, çevreci yaklaşımların ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artmasıyla spor tesislerinin çevresel etkilerinin azalmaya başladığı görülmektedir. Spor müsabakaları artık sadece katılan kişilere değil, televizyon veya diğer ekranlardan izleyenlere üst düzey hizmet sunacak şekilde tasarlanmakta ve bu gelişmelerle spor sektörünün sürekli olarak değişmesine ve genişlemesine neden olmaktadır (Şimşek, 2018).

Teknolojik cihazların kullanımına uygun giysilerin üretilmesi anlamına gelebilecek olan giyilebilir teknolojiler kavramının ortaya çıkmasıyla birlikte bu giysilerde

kullanılabilecek yeni elektronik cihaz ve yazılımların geliştirilmesi süreci de hız kazanmıştır. İlk olarak 1884 yılında Electric Balerin olarak adlandırılan ve balerinin tütülerine led lambalarının eklenmesi ile meydana gelen ürün ilk giyilebilir teknoloji olarak kabul edilmektedir. Ancak, bir giysinin üst düzey teknolojiler ile üretilmesi giyilebilir teknoloji olması anlamına gelmemektedir. Bu giysinin, bazı algılayıcılar yani sensörler yardımıyla ihtiyaç duyulan verileri alarak bunu kablolu veya kablosuz bazı teknolojiler ile birlikte bir kayıt ortamına veya bir mikroişlemcili cihaza aktarabilme özelliğine sahip olması gerekmektedir. Zaman içerisinde vücudun farklı yerlerine ait hareket, sıcaklık, zıplama, eğilme, bükülme vb. özelliklerine ait verileri alma gereksinimi doğmuştur. Bu da beraberinde farklı sensörlere olan ihtiyacı meydana getirmiş ve bu alanda yapılan çalışmalar sonucunda birçok sensör kullanılmaya başlanmıştır. Önceleri sadece zıplama yüksekliğini ölçmek için geliştirilen bazı sensörler kullanılırken, günümüzde kan basıncı ve hatta kandaki oksijen miktarını tespit edebilen sensörler kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde bu sensörlerin ve mikro denetleyicilerin yapay zeka uygulamaları ile entegre edilerek kullanılmaya başlamasıyla birlikte, insanların günlük hayatları önemli derecede kolaylaşmaktadır. Ayrıca spor alanında da önemli veriler elde edilerek, kişisel antrenör diyebileceğimiz sporcuların kendi antrenmanlarını ve performans durumlarını ölçebilecekleri bir teknoloji haline almaktadır.

Güvenlik açısından ele alındığında, bu teknolojileri kullanmak beraberinde bazı önemli riskler barındırabilmektedir. Günümüzde bile birçok insanın teknoloji ve teknolojik cihazları kullanmayı tercih etmemelerinin en önemli nedeni güven eksikliği veya güvenlik risklerinden kaçınma isteği olmaktadır. Küresel dünyada, sosyal medya bilgi edinmeyi kolaylaştırdığı gibi bir yandan da bu konuda meydana gelen kötü örneklerin artmasına da neden olabilmektedir. Yaş aralığı, kültür seviyesi ve teknoloji kullanma yatkınlığına sahip olma oranlarına göre değişkenlik göstermekle beraber, bu kötü örnekler insanların teknolojiyi kullanmaları konusuna önemli engelleyici faktör olarak durmaktadır. Teknoloji her ne kadar iyi insanların elinde faydalı bir araç olma yolunda ilerlese de diğer yandan bu teknolojiyi kötüye kullanan insanların elinde de önemli bir risk haline alabilmektedir. Yaşanan ve sosyal medya da devamlı olarak gösterilen örneklere rağmen teknolojinin kötü amaçlar için kullanımı ve uygulanan farklı dolandırılma yöntemleri bu tedirginliği arttırmaktadır.

## Amaç

Günümüzde sporcular ile ilgili veriler toplamak amacıyla sensör tabanlı saat, bileklik, giyilebilir cihaz, hazır paket cihaz, özel tasarım cihaz ve özel tasarlanmış alanlar kullanılmaktadır. Bu yöntemler ile elde edilen verilerin genellikle ham veriler olduğu, basit analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirildiği ve uzun süreli değerlendirme ve performans yönetimi yapma konusunda yetersiz oldukları görülmüştür. Bu yöntemler ile yapılan performans yönetimi çalışmalarının daha çok bir özelliğin ölçülmesi ve geleneksel ölçme yöntemleri ile karşılaştırılması şeklinde olduğu görülmüştür (Kartal ve Gökmen, 2023; Mor vd., 2022). Yapmış olduğumuz çalışmamızda basit analiz ve karşılaştırma yöntemleri yerine yapay zeka tabanlı model oluşturma yoluyla performans kriteri belirleme yöntemi kullanılmıştır. Oluşturulacak performans modelleri yardımıyla sınıflandırma çalışmalarında farklı analiz programları kullanmak yerine elde edilen verilerin uygun model yardımıyla kısa sürede ve sağlıklı bir şekilde sınıflandırılması sağlanmaktadır.

Bilimsel çalışmalarda verilerin kayıt altına alınmaları, korunmaları, istendiğinde ulaşılabilir olmaları, verilerin elde edilmesi kadar önem arz etmektedir. Çalışmamızda veri toplama yöntemi olarak sensörler, kontrol kartları ve amaca uygun olarak yazılan yazılımlar kullanılarak bir cihaz tasarlanmıştır. Bu cihaz sayesinde, sporcu performansı için önemli birer kriter olarak görülen hız, dikkat, refleks, çeviklik ve direnç gibi değerlerin ölçülmesi ve bir veri tabanına kaydedilerek anlık veya ileriye dönük olarak performans ölçümleri için kullanılmaları sağlanmaktadır. Elde edilen verilerin, yapay zeka tabanlı olarak analiz edilmesi ile bilimsel veriye dayalı modeller oluşturulmuş ve bu modellerin sporcuların performans yönetimleri için kullanılmaları sağlanmıştır. Sporcu, kendi kendine performans ölçme yöntemi ile herhangi bir çalıştıricıdan yardım almadan da performans gelişimi hakkında sürekli olarak bilgi sahibi olmaktadır.

Çalışmamızın diğer bir özelliği de cihazımız için kullanılan yazılımın ve yapay zeka tabanlı değerlendirme yazılımının özgün bir yapıya sahip olması ve cihazın her düzeyde kullanıcılar tarafından kolaylıkla kullanabilecek şekilde tasarlanmış olmasıdır. Kullanıcı, amacına uygun olarak yapacağı yazılımsal ve donanımsal geliştirmeler ile daha etkin bir yöntem elde edebilmektedir. Bu yöntemler, sadece sporcuların performansını ölçmek için değil, mevcut haliyle veya yapılacak düzenlemelerle rehabilitasyon merkezleri, vücut geliştirme merkezleri ve sağlık kurumlarında kullanılabilir. Sağlık kuruluşlarının ortopedi, fizik tedavi, göz vb. bölümlerde tedavi ve



izleme yöntemi olarak kullanılabilir. Rehabilitasyon merkezleri ve fitnesslerde hız, dikkat, çeviklik ve reaksiyon gibi özellikleri ölçmek için kullanılabilir. Ayrıca çalışmamızda geliştirilen yapay zeka tabanlı yöntem ve modeller, aerobik ve anaerobik kapasite, psiko-motor becerileri gibi önemli performans kriterlerinin belirlenmesi ve geliştirilmesi için de kullanılabilir. Bir sporcunun antrenman ve çalışmalar sırasında gerekli enerjiyi elde etme yöntemi olarak tanımlayacağımız aerobik ve anaerobik beceri, önemli bir performans kriteri olarak görülmektedir. Sporcunun bu becerilerden hangisine daha yatkın olduğunun belirlenmesi ve bu alanda geliştirilmesi de son derece önemlidir. Çalışmamızda kullanılacak olan model tabanlı yöntemler ile aerobik ve anaerobik becerilerinin belirlenmesi sonucunda, sporcunun erken yaşlardan itibaren doğru yöntemle daha sağlıklı ve verimli çalışmalar yapması sağlanmaktadır.

Yapay zeka teknolojileri, son zamanlarda gelişerek, insanların kapasitelerinin yetersiz kaldığı çok boyutlu verilerin analizi ve değerlendirilmesi ile ilgili uzun işlemlerin hızlı bir şekilde yapılmasına olanak sağlamıştır. Bu analizler, insan bakış açısının ötesine geçen detayları bile daha anlaşılır bir şekilde görselleştirebilmektedir. Çalışmamızda da sensör verilerinden okunan değerler hem anlık olarak değerlendirilmekte hem de bir veri tabanına kaydedilmekte ve yapay zeka tabanlı makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak analiz edilmektedir. Bu analizler hem sporcu için çeviklik, hız ve dikkat gibi performans belirleyici kriterleri hem de yaş, boy ve kilo gibi bazı kişisel özellikleri birlikte değerlendirerek sporcunun performans ve çalışma süreçleri ile ilgili görsel bir tablo ortaya koymaktadır. Yapay zeka tabanlı bu yöntem ile veri dayalı güvenilir bir performans yönetim sistemi geliştirilmesiyle, her sporcuya kişisel antrenör diyebileceğimiz kendi performansını yönetme imkanı sağlanmaktadır.

## **Önem**

Sporcuların performanslarını belirlemede önemli kriterlerden olan çeviklik, anaerobik beceri, atiklik, sürat vb. özellikleri ölçmek amacıyla sensör tabanlı teknolojik cihazların kullanıldığı birçok çalışma yapılmıştır. Bizim çalışmamızın, hem veri elde etme yöntemi hem de verileri analiz etme yönünden bu çalışmalardan farklı olduğu görülmektedir. Veri elde etmek amacıyla yapılan çalışmalarda tasarlanan cihazlar ile daha çok bir sporcunun belirli veya belirsiz olan noktalar arasında belirlenen sayıda noktaya uğramaları sonucunda geçen toplam süre ölçülerek bu sürenin kayıt altına alınması yoluna gidilmiştir (Özpunar, 2022). Bu yöntem sporcunun genel olarak nasıl

bir performans ortaya koyduğu ile ilgili bilgi vermesi açısından yeterli olsa da, sporcunun performans düşüşü yaşadığı noktaların tespit edilmesi konusunda bize sağlıklı bilgiler vermemektedir. Ayrıca sporcunun uğradığı nokta sayısı sadece kullanılan 5 adet modül ile sınırlı kalmaktadır. Kullanılan bu yöntem kısa süreli performans ölçümü için önemli bir kriter olan anaerobik becerilerin ölçülmesi için etkili olsa da uzun süreli performans ölçümü gerektiren aerobik becerinin ölçülmesi ile ilgili yapılacak çalışmalarda yetersiz kalmakta ve etkili bir performans ölçme yöntemi sunamamaktadır. Bizim çalışmamızda kullanılan yöntem ile sporcunun uğramış olduğu bütün noktalar arasındaki mesafeler ayrı ayrı tespit edildiği için zorlanma, yorulma gibi performans düşüşlerinin hangi aralıklarda ve hangi oranda olduğu tespit edilebilmektedir. Bu yöntem ile sporcunun kendisi veya çalıştırıcısı tarafından ihtiyaç duyulduğunda modüllerin sıralaması ve sayısı değiştirilerek uzun veya kısa süreli performans ölçme yöntemi olarak kullanılması sağlanmaktadır.

Verilerin elde edildikten sonra kısa veya uzun vade sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi için uygun ortamlarda kayıt altına alınmaları sağlanmalıdır. Yapılan bazı çalışmalarda elde edilen verilerin uzun vadede ve güvenli bir kayıt ortamında tutulmadıkları görülmektedir (Arı vd., 2019; Doğru vd., 2020). Bu veriler cep telefonu ve bilgisayar ortamlarına kaydedilmekte, bu veriler basit karşılaştırma yöntemleri kullanılarak değerlendirilmektedir. Çalışmamızda, bu çalışmalardan farklı olarak sporculardan anlık veya belli aralıklarla veriler alınması, bunların özel kayıt alanlarında depolanması sağlanmaktadır. Bunu, görevli bir çalıştırıcı yapabildiği gibi sporcunun kendisi de yapabilmektedir. Sağlanacak kayıt ortamı tipinden dolayı her sporcunun düşük maliyetli olarak sahip olacağı bir yöntem sunulmaktadır.

Reaktif çevikliğin sağlıklı bir şekilde ölçülmesi için zamansal, mekansal veya hem zamansal hem de mekansal bir belirsizlik olması gerekmektedir (Sheppard ve Young, 2006). Reaktif çeviklik ile ilgili yapılan çalışmalarda sporcuların belirsiz noktalar arasında koşmaları ve bu aralıklarda koşulan sürelerin ölçülmesi yöntemi ile sporcuların reaktif çeviklik becerileri ölçülmeye çalışılmıştır (Ocak, 2023). Ancak reaktif çevikliğin doğru bir şekilde ölçülmesi için belirsiz seçenek sayısının fazla olması gerekmektedir. Bu çalışmalarda seçenek sayısı ve belirsiz nokta sayısı sınırlı olup, reaktif çevikliğin ölçülmesi noktasında yetersiz kalmaktadır. Bizim çalışmamızda öncelikle sporcuların performanslarının belirlenmesinde çok önemli olan hız, reaktif çeviklik, yön değiştirme özelliklerinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, koşucuların belirli mesafelerde

konumlandırılacak olan istasyonlar arasında koşmaları ve toplamda 25 adet hedef istasyondaki led ışıklarının bir engel sensörü yardımıyla söndürmeleri istenmektedir. Sporcuya, koşu sırasında dört adet belirsiz seçenek içerisinde yanacak olan ledi söndürmeleri istenmektedir. İsteğe bağlı olarak ledlerin rastgele veya belirlenen bir sırada ve farklı kombinasyonlarla yanmaları sağlanarak sporcuların bir sonraki hedef istasyonu tahmin etmeleri zorlaştırılmıştır. Belirsizlik ve hıza dayalı bu yöntem yardımıyla sporcuların gerçek performanslarının belirlenmesi sağlanmaktadır.

Veri analizi kısmında ise, yapılan literatür taramalarında verilerin daha çok internet ortamındaki online veri değerlendirme ve grafikselleştirme araçları veya akıllı bileklik ve saatler yardımıyla basit analizler ile kullanıcılara bilgi verildiği ve bazı küçük tavsiyelerde bulunduğu görülmüştür (Turgut vd., 2018). Ayrıca bu cihazlar çok yüksek fiyatlarda satılmakta ve sürekli farklı modelleri piyasaya sunulmaktadır. Yapılmış olduğumuz çalışmada ise bunlardan farklı olarak veriler yapay zekanın bir alt dalı olan makine öğrenmesi ile analiz edilmektedir. Analiz kısmında verilerin, sporcuların yaş, kilo, boy ve cinsiyet gibi kişisel bilgilerinin de dikkate alınarak değerlendirilmesiyle beraber, iyileştirici ve yönlendirici bir özelliğe sahip olması sağlanmaktadır. Bu değerlendirmeler sonucunda sporcuların hız, dikkat, reaktif çeviklik ve reaksiyon özelliklerindeki değişimlerin nasıl ve hangi oranlarda değiştiği ve geliştiği göz önünde bulundurularak, gelişim süreçleri, performans düzeyleri ve vücut dirençleri hakkında ayrıntılı bilgiler elde edilmektedir. Ayrıca sporculara verilen çalışmaların her sporcu için ne kadar faydalı olduğu, hangi sporcunun hangi çalışma yöntemine yatkın olduğu belirlenmekte ve bu sonuçlara göre çalışma yöntem ve süreçlerine müdahale edilebilmektedir. Bu sistem sayesinde sporcuların kendi kendilerine yapmış oldukları çalışmaların veya sporcu antrenörlerinin çalıştırmış oldukları sporcular hakkında daha sağlıklı bilgi almaları, antrenmanların daha verimli geçmeleri ve veriye dayalı bilgiler yardımıyla sporcu performansları hakkında daha iyi ve isabetli kararlar almaları sağlanmaktadır.

Yapılan bazı çalışmalarda sadece ham verilerin kayıt altına alındığı bazılarında ise bu verilerin gelişmiş analiz yöntemleri ile analiz edildiği görülmüştür. Bu çalışmalarda daha çok bir özelliğin ölçülmesi, ölçülen özelliğin eski metotlarla değerlendirilmesi veya elde edilen değerlerin daha önce kaydedilen değerlerle karşılaştırılması şeklinde olduğu görülmüştür (Kartal ve Gökmen, 2023; Mor vd., 2022). Bizim çalışmamızda basit karşılaştırmaların ötesinde sporcular ile ilgili elde edilen verilerin makine

öğrenmesi yöntemleri kullanılarak öğrenilmesi ve bize ileriki süreçte kriterler belirlemesi sağlanmaktadır. Veriler sporcuların bazı fiziksel özellikleri ile değerlendirilerek bunlar arasındaki desenlerin keşfedilmesi ve bazı çıkarımlarda bulunulması sağlanmaktadır. Kısaca makine öğrenmesi diyebileceğimiz bu yöntem ile yeterli sayıda veri kullanılarak bir performans belirleme modeli oluşturulması sağlanmıştır.

## BÖLÜM 1. LİTERATÜR TARAMASI

İleri düzeyde teknolojik yöntemlerle ve bilim temelli olarak hazırlanan çalışma programları hazırlamak ve yapılan bu çalışma ve egzersizler sonucunda sporculara ait verileri doğru yöntemlerle analiz etmeye çalışmak günümüzde üzerinde daha çok çalışılmaya başlanan bir alana dönüşmüştür. Bu çalışmalar her sporcunun kendi seviyesine en uygun çalışma stillerini seçmek, antrenmanlardan en iyi verimi elde etmek ve bu antrenmanlar sırasında oluşabilecek sakatlık benzeri olumsuzlukları en aza indirmek bakımından önemli bir yere sahiptir.

Sporun teknolojiyle birleşmesiyle yani teknolojik materyallerin sporda kullanılmaya başlanmasıyla beraber spor dünyasında önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Giyilebilir teknolojilerin yaygın hale gelmesi sporcuların veri elde etme ve veri sonuçlarına ve bazı analizlere anlık erişim yeteneklerini artırmıştır. Ayrıca, spor müsabakaları ve sporcularla ilgili verilere ulaşmak da teknolojik araç gereçler ve dijital ortamlar yardımıyla daha kolay bir hale gelmiştir. Yapay zekaya ait farklı yöntemlerin kullanılması, performans analizi ve antrenman programlarında önemli bir rol oynamakta ve sporun kalitesini artırmaktadır. İzleyiciler için daha iyi kamera teknolojileri ve sanal gerçeklik gibi yenilikler, spor deneyimini daha etkileyici ve eğlenceli hale getirmektedir. Sporun teknolojiyle entegrasyonu spor dünyasında büyük değişikliklere yol açmakta ve sporun geleceğinin oldukça heyecan verici bir hal alacağı görülmektedir (Rakıcı, 2022).

Yine son yıllarda sporcuların çalışmaları sırasında performans verilerini elde etmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunların bazıları; sporcuların koluna takılan akıllı bilekliklerle, göğüs kısmına takılan tek veya çok fonksiyonlu sensörler içeren kemerlerle yapıldığı, bazıları da; iki nokta arasında koşma sürelerinin ölçülmesiyle, giyilebilir sensor tabanlı bazı cihazlarla veya el kol hareket hızını ölçen egzersizler yardımıyla yapıldığı görülmüştür. Bu cihazlardan kısa vadede işe yarar veriler elde edilse bile uzun vadede, kapsamlı ve uygun sonuçlar elde edilememektedir. Bu gibi cihazlar, yeterli dahili kayıt özelliğine sahip olmadıklarından ve elde edilen verilerin ileriki süreçlerde analiz yapmak amacıyla genellikle harici veya online bir kayıt ortamına aktarma özellikleri olmadığından dolayı bu konuda yetersiz kalmaktadır.

Son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda sporcuların veya spor oyun videolarının incelenmesi sonucunda, sporcuların ve oyun içerisindeki verilerin incelenerek spor ve

sporcu tavsiyeleri ile skor tahminlerinin yapılmasını kolaylaştırmak amaçlanmıştır (Min vd., 2008; Choros, 2013; Lu vd., 2013; Mentzelopoulos vd., 2013; Messelodi ve Modena, 2013; Zeng ve Mizuno, 2013). Yapılan başka bir çalışma ile sensör ve mikroşlemcili kart kullanarak sıçrama yüksekliği ve havada kalma süresini ölçen bir cihaz tasarlanmıştır (Tire, 2021). Günümüzde akıllı telefonlarda da birçok sensör kullanılmaya başlanmaktadır. Bu sensörlerden biri olan ivme ölçer sensörü kullanılarak kişilerin bellerine bir kemer yardımıyla takılan cep telefonu ile yürüme hızları istenerek yürüyüş deseni analizleri yapılmış ve kişilere özgü yürüyüş deseni sayesinde kişilerin ayırt edilebileceği bir yöntem geliştirilmiştir (Aydemir, Karşlıoğlu, 2021). Jiroskop, ivmeölçer ve manyetometre benzeri sensörlerden alınan verilerin kullanıldığı bir çalışmada da, aktivite tespiti ve kişi tanıma problemleri çözmek için öznitelik tabanlı bir yaklaşım geliştirilmiştir (Erdaş, 2017). Bu tür çalışmalar, giyilebilir teknolojiler, mobil uygulamalar ve benzeri alanlarda kullanıcı deneyimini geliştirmek ve güvenlik önlemlerini artırmanın önemini ortaya çıkarmıştır.

2017 yılında yapılan bir çalışmada spor ve diğer alanlarda kullanılmakta olan giyilebilir teknolojik ürünler incelenmiş ve bu kapsamda değerlendirilebilecek 427 çeşit ürün olduğu tespit edilmiştir (Dehghani vd., 2018). Bu cihazların bazıları zamanla kullanılabilirliğini yitirirken bazıları da zamanla geliştirilmiş ve günümüzde sensör tabanlı cihaz ve uygulamaların kullanımında önemli bir yere sahip olmuştur. Bu cihazların geliştirilmesi aşamasında kullanıcı gereksinimlerinin göz önüne alınması da çok önemlidir. Ayrıca teknolojiye ve teknolojik cihazlara karşı duyulan önyargılar, cihazların kullanım zorlukları, kötü amaçlı olabilecek yazılımlar, gizlilik ihlali, farklı amaçlar için kullanılacak sistemlerle entegre edilebilme gibi nedenler, sensör ve nesnelerin interneti tabanlı cihazların insanlar tarafından kullanılmak istenmemelerine neden olabilmektedir. Bundan dolayı bu cihazlar tasarlanırken ve kullanıma sunulurken öncelikle bu tür kullanıma engel teşkil edebilecek unsurların göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

İnsan hareketlerini tespit etmek ve potansiyel uygulama alanlarını vurgulamak amacıyla yapılan çalışmalarda, sensör tabanlı uygulamalardan çokça faydalanılmıştır. Bu çalışmalardan birinde hız tespiti yapmak ve bu verileri kaydetmek için ivmeölçer ve nesnelerin interneti (IoT) tabanlı sistemler kullanılarak gerçek zamanlı insan hareket tespiti uygulaması geliştirilmiştir (Erin vd. 2020). Hareketleri algılamak için kullanılan diğer bir sensör de kızıl ötesi sensörlerdir. Engel algılamada da kullanılan bu sensör

sayesinde, tekrara veya sürekliliğe dayanan egzersizlerin uygulanması sırasında önemli performans verilerinin elde edilmesi sağlanmaktadır. Kızıl ötesi sensör, mikroişlemci kart ve uygun bir düzenek kullanılarak yapılan bir çalışmada, sporcuların barfiks ve barfiks tekrarlarının sayısını otomatik olarak sayacak bir sistem kullanılarak, sporcu performansı ölçülmeye çalışılmıştır. Otomatik olarak çalışan çekme ve çene kaldırma aracı yapılarak, sporcunun yaptığı çalışmalara ait ölçümler başarılı bir şekilde kaydedilmiş ve bu veriler yardımıyla performans değerlendirmeleri için uygun bir yöntem kullanımı önerilmiştir (Rahmat vd., 2021).

Spor teknolojisi, rekabetin artmasıyla birlikte performans gelişimini desteklemek, spor sakatlıklarını önlemek ve vücudun farklı parametrelerini istatistiksel olarak değerlendirmek gibi hedeflerle birçok spor dalında yaygınlaşmaktadır (James vd., 2016). Bu ilerleme, sporcuların giyiminden, spor malzemelerine, sporcu beslenmesine, spor etkinliklerindeki dijital sistemlere, mobil uygulamalara, akıllı spor tesislerine ve performans ölçümlerinde kullanılan istatistiksel hesaplamalara kadar çok farklı alanları kapsamaktadır. Bu kapsamda nesnelerin interneti tabanlı ve sensor verilerine dayalı olarak yapılan çalışmada geliştirilen bir eldiven sayesinde fitness seanslarında avuç içi basınç dağılımının adet sayısının hesaplanması yöntemi ile çalışmalar sırasında izleme ve değerlendirme yapılabilmesi mümkün hale gelmiştir (Akpa vd., 2019). Artırılmış gerçeklik alanında yapılan başka bir çalışmada da voleybolcuların diz yükünü ölçmek amacıyla algı ve eylem ilişkisi korunarak artırılmış gerçeklik teknolojisinden faydalanılmıştır (Citraro vd., 2020). Dünder ve arkadaşları da sensörler ve kablosuz veri iletim teknolojisine sahip mikroişlemciler kullanılarak geliştirmiş oldukları EKG tabanlı göğüs kemeri yardımıyla sporcuya ait kalp hızı değerlerini kablosuz olarak ilgili antrenörlere ulaştırılarak, sporcunun performansı hakkında sürekli olarak bilgi alınmasını sağlamışlardır (Dünder vd., 2021).

Diğer bir çalışmada yeni nesil raket sporu olarak adlandırılan badminton ile ilgili olmuştur. Nesnelerin interneti tabanlı olarak tasarlanan ve hareket sensörleri kullanılarak geliştirilen giyilebilir algılama cihazı sayesinde, yapılan vuruşlar ve oyuncu performansları ile ilgili veriler elde edilmiştir (Wang vd., 2018). Yine kürek sporcularının seçimi konusunda da, nesnelerin interneti ve büyük veri analizi kullanılarak bu spora uygun vücut tipine sahip olan sporcuların seçilmesini daha kolay hale getirmeyi sağlayan bir çalışma yapılmıştır (Liu vd., 2020). Bu çalışmada bu spor

alanına en uygun bireylerin fiziksel özellik olarak en yatkın kişiler olduğu ve antrenmanları da daha verimli hale getireceği belirtilmiştir.

PlayeRank adını verdikleri ve bir müsabakaya ait bütün verileri toplayarak bu verileri analiz eden bir uygulama geliştiren Pappalardo ve arkadaşları (Pappalardo vd., 2019) da sporcular ile ilgili geniş istatistikî bilgiler elde etmişlerdir. Bu çalışmayı benzerlerin ayıran en önemli nokta ise benzer çalışmalardan çok daha fazla veri kullanılması ve analiz edilmesidir.

Sağlık alanında da sensörler yolu ile veri alma ve gönderme yöntemlerinin, hastaların nabız, SpO2 ve plestismogram gibi değerlerini elde edilip bu verileri bir bilgisayara ve uzak mesafelerdeki bir hastane veya doktora gönderme şeklinde kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmalardan birinde tasarlanan bir cihaz yardımıyla EKG ve optik sensörler yardımıyla ve fotopletismografi (PPG) metodu ile kanın akış hızının tespit edilmesi sonucunda kalp atım hızının ölçülmesi sağlanmıştır (Spierer vd., 2015; Hettiarachchi vd., 2019; Almeida vd., 2019).

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte yüksek frekanslarda kayıt yapabilen cep telefonu vb. cihazlarda artmaya başlamıştır. Bu cihazların piyasaya sürülmesiyle birlikte etkileri de birçok bilimsel çalışmada görülmeye başlanmıştır. Bunlardan bir tanesi de bir cep telefonu ve geliştirilen bir telefon uygulaması kullanılarak yapılan, dikey sıçrama performansının belirlenmesi olmuştur. 240 Hz çekim hızına sahip iPhone 6S akıllı telefonunun cep telefonu ve MyJump (Balsalobre-Fernández, Glaister ve Lockey, 2015) akıllı telefon uygulaması kullanılarak yapılan çalışmada elde edilen sonuçların altın standart olarak kabul gören kuvvet platformu yöntemi arasında %99,3 oranında benzer bir sonuç olduğu görülmüştür (Turgut vd., 2018).

Stetter ve arkadaşları spor hareketlerinin diz eklemindeki kuvvetleri tahmin etmek için giyilebilir sensörlerle bir yapay sinir ağı (YSA) geliştirmeyi amaçladıkları çalışmalarında, yapay sinir ağları yardımıyla tahmin edilen değerlerin çoğu spor hareketlerinde gerçek değerler ile paralellik gösterdiğini ortaya çıkarmışlardır (Stetter vd., 2019). İnsan alt ekstremitte (bir organın son yada uç kısmı) aktivitelerini sınıflandırmak için de bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan biri, atalet sensörü kullanılarak yapılmıştır. Bu sensörün içerisinde üç eksenli bir manyetometre, üç eksenli bir jiroskop ve üç eksenli bir ivmeölçer bulunmaktadır. Bu sensörlerden elde edilen



veriler çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak insanlara ait koşma, oturma, merdiven çıkma gibi hareketleri sınıflandırılmıştır (Taşar, 2021).

Mc Carthy tarafından ilk kez Dartmouth konferansında dile getirilen yapay zeka kavramı, insan gibi düşünebilen, onun gibi hareket edebilen, aynı zamanda bilişsel olarak da insanın yapabildiği yeteneklere sahip makinelerin yapılması düşünceleri ile birlikte, yapay zeka alanında ilk çalışmaların temeli atılmış oldu (Gürer ve Akçınar, 2022).

Yapay zekanın bir dalı olan makine öğrenmesi yardımıyla farklı yöntemler ve algoritmalar kullanılarak bir çok çalışmanın incelenmesi ve çok boyutlu olarak değerlendirilmesi sağlanabilmektedir. Makine öğrenmesi, temel olarak verilerin bir yazılıma yani algoritmaya tanıtılması ve bu algoritmanın bu verileri öğrenerek daha iyi tahminler yapabilmesi veya belirli bir görevi daha etkili bir şekilde yerine getirebilmesi beklentisidir. Yapılan çalışmaya uygun bir makine öğrenmesi metodu ve girilecek doğru ve net veriler sayesinde istenilen sonuçların elde edilme olasılığı artmaktadır. Günümüzde hidroponik tarım olarak bilinen ve topraksız ortamlarda ürün yetiştirmeyi amaçlayan yöntemlerde de makine öğrenmesi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerde uygun ortamların sağlanarak, bitkilerin su ve gerekli besinler yardımıyla gerekli enerjiyi almaları sağlanmaktadır. Bitki için hayati önemi olan bu topraksız suyun içinde bulunana EC ve pH değerleri makine öğrenmesi yöntemleri ile tahmin edilebilmekte ve yapılan doğru tahminler sonucunda ürün verimliliğinin artması sağlanmaktadır (Bulut, 2023).

Teknolojik cihazlar ve beraberinde kullanılan yazılımlar da bilime ve bilimsel araştırmalara yardımcı olmak için kullanılmaya başlanmış ve bu kullanım günümüzde yapay zeka uygulamalarının da etkisiyle gün geçtikçe artış sağlamıştır. Telefonlara entegre edilen jireskop, ivme ölçer, yüksek çözünürlüklü ve çok fonksiyonlu kameralar ile farklı sensörler sayesinde insanların performansına ait bir çok veri elde edilebilmektedir. Örneğin jireskobun yön ölçme özelliği sayesinde insan hareketlerindeki dengesizlikler ölçülebilirken, ivme ölçerin hız değişikliği ölçme özelliği sayesinde insana ait hız ve ani hızlanma gibi değerler ölçülerek, performans kriteri olarak kullanılabilir hale gelmektedir. Bu veriler, herkesin sahip olabileceği bir akıllı telefon ve telefon uygulaması yardımıyla kendi performans verilerini elde etmesini ve bu verileri yine farklı analiz araçları yardımıyla değerlendirmelerine yardımcı olmaktadır. Akıllı telefonlar geliştikçe bu telefonlarda kullanılabilen farklı

uygulamalarda çoğalmaktadır. Bunlardan bir tanesi olan FitnessMeter mobil telefon uygulaması ile yapılan bir çalışmada, çeviklik ile birlikte aynı anda dikey sıçrama ve kas dayanıklılık ölçümlerinin de yapılması hedeflenmiştir. Çalışma sonucunda, akıllı telefonlar ve mobil uygulamaları kullanılarak patlayıcı güç performansını ve çevikliği değerlendirmek amacıyla düşük maliyetli ve geçerli bir araç geliştirerek sporcu ve antrenörlere yardımcı olunabileceği ortaya konulmuştur (Kuvancı vd., 2021). Benzer mobil uygulamalar (My Jump 1 ve My Jump 2 mobil uygulamaları) ve akıllı cihazlar kullanılarak sporcu performansını ölçmek amacıyla insanlara ait farklı veriler elde edilmiş ve çeviklik, hız, dayanıklılık, sıçrama ve uçuş süresine yönelik ölçme ve değerlendirme çalışmaları yapılmıştır (Driller vd., 2017 ; Yingling vd., 2018; Coswig vd., 2019).

Spor dallarından herhangi birine ilgi duyan taraftarlar, teknolojinin profesyonel sporlara entegrasyonundan etkilenmekte ve bunun sonucu olarak oyunları deneyimleme şansı buldukları için, spora olan ilgileri artmakta ve destekledikleri takımlara karşı olumlu katkılar sağlamaktadır (Korkut, 2022). Bunlardan en önemlisi olan yapay zeka tabanlı teknolojiler, spor alanında pek çok gelişmeye katkıda bulunmakta ve özellikle günümüzde bu katkının giderek arttığı gözlemlenmektedir. Spor alanındaki yapay zeka teknolojilerinin potansiyelini ve etkinliğini gösteren bir çalışmada, spor endüstrisindeki yapay zeka uygulamaları ile kas kuvveti tahminini EMG verileri olmaksızın gerçekleştirebilen yapay zeka tabanlı bir sistem kullanılmıştır (Kılıç vd., 2021).

Farklı Makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak yapılan bir çalışmada, sıçrama testlerinde yüksek ağırlık kullanmanın olumsuzluklarını ortadan kaldırmak amacıyla, farklı ağırlık değerlerinde sıçrama yüksekliğini belirlemek suretiyle daha sağlıklı bir kuvvet-hız (F-V) eğrisinin elde edilmesi hedeflenmiştir (Uslu ve Özdoğan, 2022). Vücut kas yüzdesi hesaplanmasına yönelik yapılan bir çalışmada da, yapay zeka algoritmaları ile biyomedikal sinyal tabanlı veriler sayesinde uygulanabilirliği yüksek olan düşük maliyetli ve yüksek performanslı bir model geliştirilmiştir (Akseki, 2022).

Basketbol maçlarının sonuçlarının tahmin edilmesi veya sonuçlara etki edebilecek etkenlerin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada, belirli yıllarda oynanan maçlara ait istatistikler ve farklı makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır. Top kaybı, top çalma, gerçek şut yüzdesi, savunma ribaundu, hücum ribaundu ve denenen serbest atış gibi değişkenler baz alınarak yapılan analizlerde en uygun makine öğrenmesi kullanılarak maçların sonuçları tahmin edilmeye çalışılmıştır (Çene, 2022). Yine sadece takımların

ofansif ve defansif yeteneklerinin, maçların sonucuna etkisinin modellenmeye çalışıldığı bir çalışma, liglerde farklı sonuçlar vermesiyle birlikte en yüksek tahmin değerlerinin % 50-52 arasında olduğunu görülmüştür (Karaoğlu, 2015).

## **1.1 Kavramsal Çerçeve**

### ***1.1.1 Çeviklik***

Sporcu performansını etkileyen ve hatta bazı spor dalları için bu performansı belirleyen en önemli unsurlardan biri çeviklikdir. Çevikliğin performansı belirlemedeki önemi ile ilgili fikir birliği olmasına rağmen, çevikliğin tanımı ve ölçütleri konusunda tarihsel zaman içerisinde farklı yorumlar ve uygulamalar ortaya çıkmıştır. Bunlardan bazıları çevikliğin tanımı ile ilgili olurken diğerleri de çevikliği ölçmek ve ölçüt olarak belirlenecek kriterlerin hangileri olması gerektiği ile alakalı olmuştur. Çevik, Türk Dil Kurumu'na göre atik, kolaylık ve çabuklukla davranan anlamına gelmektedir (TDK'da çevik sözcüğünün anlamı aratıldı). Günümüzde ise üzerinde düşünülen, incelenen ve araştırılarak farklı boyutları ortaya çıkarılmaya çalışılan fiziksel ve sportif bir beceridir. Çeviklik ile alakalı birçok farklı çalışma ve tanımlama yapılmıştır. Çeviklik, önceleri sadece fiziksel özelliklere dayandırılmakta ve yön değiştirme, aniden durma, harekete yeniden başlama, yön değiştirme hızı ve hareketleri gerçekleştirme hızı olarak tanımlanmaktaydı (Chelladurai, 1976; Kirby, 1971; Zemkova, 2016). Bilimin ve teknolojinin ilerlemesi ile beraber günümüzde artık fiziksel özelliklerin yanında görsel, sezgisel ve algısal kararlar alabilme gibi bilişsel özelliklerin de çevikliğin belirlenmesinde önemli unsurlar olduğu belirlenmiştir. Hatta doğru sonuçlar elde etmek için bunlardan birkaç tanesinin veya hepsinin birlikte değerlendirilmesinin, etkili sonuçlar almak için daha doğru bir yol olacağı belirtilmiştir (Armstrong ve Greig 2018; Zemkova, 2016).

Çeviklik, sporlarda performans gerektiren hızlı yön değiştirme yeteneğidir. Bu, vücudun uyarıcı birime hızlı tepki göstererek hızlı bir şekilde yer değiştirmesini içerir (Young ve Farrow, 2006). Çeviklik, bir hareketin veya tepkinin belirli kriterlere uygun bir şekilde gerçekleştirilmesini ifade eden geniş bir kavramdır. Çeviklik kavramı diğer performans ölçme kavramları ile karıştırıldığı için zaman içerisinde bu kavramın ayırt edici özellikleri yani bir hareketin çeviklik olarak değerlendirilmesi için hangi kriterlere sahip olması gerektiği ile alakalı çalışmalar da yapılmıştır. Aşağıda çeviklik becerisini diğer becerilerden ayıran kriterler verilmiştir. (Sheppard ve Young, 2006)

**Tablo 1**

***Çeviklik Becerisinin Kriterleri***

<b>Çeviklik</b>	<b>Diğer Beceriler</b>
- Başlatma, aniden yavaşlama yada hızlı ivmelenme ve yön değiştirme gibi hareketleri içermelidir.	- Ok atma gibi planlanmış beceriler çeviklik tanımına girmez, ancak sporcunun kendi becerisine göre sınıflandırılabilir.
- İlgili harekete bütün vücudun katılması gerekir.	- Yön değiştirme gerektiren sporlar çeviklik olarak kabul edilmemeli, sadece yön değiştirme hızı olarak değerlendirilmelidir.
- Belirsizlik içermelidir (uzaysal veya zamansal).	
- Beceriler açık olmalıdır.	- Tercih yapmanın gerekli olmadığı beceriler çeviklik olarak kabul edilmemelidir.
- Sporcu bilişsel ve fiziksel olarak katılmalıdır.	

**Kaynak:** Sheppard ve Young (2006)

Çeviklik, sporcu performansını değerlendirme konusunda çok boyutlu bir yaklaşım gerektirmektedir. Bir performansı belirleme konusunda sadece bir becerinin yeterli görülmesi doğru değildir. Bu nedenle, çevikliği geliştirmek ve değerlendirmek için geniş bir perspektifin benimsenmesi önemlidir. (Armstrong ve Greig, 2018; Zemkova, 2016). Örneğin; çok koşan ve hızlı yön değiştirebilen bir futbolcu çeviktir demek yanlış olur. Bir futbolcunun hız ve yön değiştirme özellikleri ile birlikte doğru ve zamanında karar verebilme, doğru algılama ve doğru hamleleri uygun zamanda yapabilme özelliklerine de sahip olması gerekmektedir. Bunun etkili bir şekilde yapılabilmesi için de fiziksel ve bilişsel özelliklerin bir arada ve etkili bir şekilde kullanılması ile mümkündür.

Çevikliğin tanımlanması ve kriterleri konusunda farklı görüşler olduğundan dolayı çeviklik performansının sınıflandırılması ile ilgili de bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan bir tanesi, Chelladurai (1976) tarafında yapılmış ve sonrasında Sheppard ve Young (2006) tarafından uyarlanan çevikliğin sınıflandırılması çalışmasıdır. Bu çalışmada, çeviklik; basit, zamansal, uzaysal ve evrensel düzeylerde olmak üzere dört sınıfa ayrılmış ve bu sınıfların tanımlamaları yapılmıştır. Tablo 2’de bu sınıflar, tanımları ve örnek becerileri ile birlikte verilmiştir.

**Tablo 2**

*Çeviklik Sınıflandırılması (Sheppard ve Young, 2006)*

<b>Çeviklik Sınıfı</b>	<b>Tanım</b>	<b>Örnek Beceri</b>
<b>Basit</b>	Belirsizlik yoktur. (Mekansal ya da zamansal)	Bir vücut geliştiricisinin zaman buldukça vücut geliştirici egzersizler yapması. Burada uyarıcı spor yapan kişinin kendisidir.
<b>Zamansal</b>	Mekan belli, hareket planlı ancak zaman belli değildir.	Koşu yarışmasında başlama atışı veya düdüğü, burada koşunun ne zaman başlayacağı belli değildir.
<b>Uzaysal</b>	Zaman planlıdır ancak belli değildir, mekan belli değildir	Penaltı atışı örnek verilebilir, hakemin düdüğü ile atış yapılır ancak topun nereye gideceği belli değildir.
<b>Evrensel</b>	Zaman ve mekanın ikisi de belirsizdir.	Futbolda yapılan ataklar örnek verilebilir, karşı takım oyuncusunun ne zaman ve nereye koşacağı belli değildir.

**Kaynak:** Sheppard ve Young (2006)

Çeviklik performansı, sporcuların sprint ve yön değiştirme hızı ile güç ve reaksiyon zamanı gibi fiziksel özelliklerle ilişkilidir. Ayrıca, çevre kontrolü, farkındalık ve oyun içindeki farklı değişkenlerin hareketlerini algılama gibi bilişsel ve duygusal faktörler de çeviklik becerisini etkiler. Bu kapsamlı yaklaşım, çevikliğin tek bir özellik değil, bir dizi beceri ve yeteneği içeren karmaşık bir kavram olduğunu göstermektedir (Young ve Farrow, 2006).

Çeviklik performansı ile alakalı yeni yaklaşımlar, çevre kontrolü, görsel tarama, sezgi ve hareket kalıplarını tanıma gibi bilişsel faktörleri içermektedir. Bu nedenle, bu faktörleri içeren ve ölçülebilen yeni testler ve çevikliği geliştirmeye yönelik antrenman yöntemlerinin tasarlanması önemlidir. Çeviklik performansının özünde, uyarının algılanıp uygun tepki verme becerilerinin bulunması ve rakip karşısında mücadele verilen sporlarda bu uyarının genellikle insan olması vurgulanmaktadır (Özbay vd., 2018).

Çeviklik performansının değerlendirilmesini detaylı olarak ortaya koyan bir model Turner (2011) tarafından da geliştirilmiştir. Turner oluşturmuş olduğu modelde öncelikle çevikliği etkileyen etmenleri incelemiş ve sınıflandırmıştır. Bunları beceri

olarak ele alan Turner daha sonrasında da bu becerilerin nasıl geliştirilmesi gerektiğini ve hangi antrenmanların uygulanması gerektiğini vurgulamıştır.

### Şekil 1

#### Çevikliğin Şematik Sınıflandırılması



**Kaynak:** Turner (2011)

Çevikliğe etki eden faktörlerin neler olabileceği ve çevikliğin nasıl geliştirilmesi gerektiği konusunda yapılan bazı çalışmalarda denge, çabukluk, hız, kuvvet ve yön değiştirme gibi performansların çeviklik performansını geliştirebileceğini göstermiştir (Loturco vd., 2017; Sporis vd., 2010; Thomas vd., 2009; Turner, 2011). Ancak bu görüşlerin aksine, çevikliğe özgü olan çalışmaların dışındaki performansların çevikliğe etkisinin yeterli kadar olmadığını belirleyen bazı çalışmalar da olmuştur (Morrison vd., 2016; Paul vd., 2016; Sporis vd., 2011; Young ve Farrow, 2006).

Çevikliğin test edilmesi ile ilgili yapılan bir çok çalışmada, önceden belirlenen bir alan, çizgi, doğrultu, yönlendirme ve sınırlamalar gibi protokoller kullanılmaktadır (Loturco vd., 2017; Sekulic vd., 2013; Stewart vd., 2014; Thomas vd., 2009). Bu tür önceden tasarlanmış veya planlı protokoller ile elde edilecek sonuçların başarılı olduğunu savunmak yanlış olacaktır. Çünkü bir sporcu atletik ve hızlı olabilir ancak, o sporcunun bir engel veya seçenek ile karşılaştığında neler yapabileceği ölçülmeden çevikliği hakkında değerlendirme yapmak doğru olmayacaktır (Young ve Farrow, 2006).

### 1.1.1.1 Çeviklik Testleri

Çevikliği ölçmek için günümüzde bazı testler kullanılmaktadır. Bunlar Pro-çeviklik, T-test, Illinois testi, 505 çeviklik testi ve reaktif çeviklik testidir. Bu testlerden bazıları önceden planlanmış protokollerle birlikte belirli hareketleri ölçerken, bazı testler ise ışık, ses, görüntü veya insan gibi çeşitli uyarıcılara verilen tepkileri değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu testler, bireylerin refleksleri, koordinasyonları ve tepki hızlarını ölçme amacını taşır (Paul vd., 2016).

Çeviklik T Testi, 10m x 10m'lik bir alanda T şeklinde 4 temas noktasından meydana gelen bir testtir. Amaç sporcunun en kısa sürede bu 4 temas noktası arasında, farklı yön ve şekillerde hareketi sağlayan bir seriyi olabildiğince kısa sürede bitirmektir. Bu testin asıl özelliği denek tarafından sürekli aynı yöne bakılmasıdır. Hareketler sağa, sola kayma adımlarıyla veya geriye koşarak gerçekleştirilir. Toplamda 40m'lik bir mesafeyi kapsayan test, 90<sup>0</sup> ve 180<sup>0</sup> derece dönüşleri içerir (Miller vd., 2006).

Illinois Çeviklik Testi, günümüzde sprint ve yön değiştirebilme becerilerini ölçmesine rağmen sadece fiziksel özellikleri referans alarak alıp, bilişsel özellikleri dikkate almadığı için çevikliğin tamamını tam olarak kapsamamaktadır. Test, 5m genişliğinde ve 10m uzunluğundaki alanda gerçekleştirilir. Orta hat üzerinden üçe bölünmüş koniler bulunur ve test sırasında 40m düz koşu ve 20m koni arasında slalom koşusunu içerir. Toplamda, 5 tam dönüş ve koniler arasında tamamlanmayan 6 dönüş içerir. Illinois testi, mesafe ve süre açısından diğer çeviklik testlerine göre daha uzundur. Denekler, testin başlangıcında yüzüstü yatar pozisyonda ellerini omuz hizasında yerleştirerek hazır beklerler.

Pro-Çeviklik Testi, 10 yard (9.14m) uzunluğuna sahip bir alanda toplamda 20 yard'lık bir mesafe kat etmeyi içerir. Test, 2 adet 180 derece dönüş ve düz sprint koşularından oluşur. Günümüzde, test hızlanma, sprint, yön değiştirme ve durma gibi çeviklik becerileri ile ilgili bilgi verir; ancak bilişsel becerileri ölçmemesinden ve planlı yani önceden belirlenen yeterliliklere dayalı olmasından dolayı geçerlilik açısından eleştirilere maruz kalabilir.

505 Çeviklik Testi, 15m uzunluktaki bir parkurda son 5m'lik kısmında gidiş dönüş arasındaki süreyi ölçerek gerçekleştirilir. Test, kısa süreli ve basit bir uygulamaya sahiptir, ancak hareket kalıbı önceden belirlendiği yani bilişsel özellik ölçme konusunda istenen yeterliliği sağlamadığından dolayı daha çok durma, yön değiştirme ve hızlanma

gibi becerilere odaklanır. Test skoruna ilk 10m de geçen süre eklenmez; zaman, sonraki 5m'lik mesafenin geçilmesiyle kaydedilmeye başlar ve aynı mesafenin dönüşünde kayıt sona erer.

Reaktif Çeviklik Testi, 45°'lik tek yön değiştirmeyi ve toplamda 5m koşma becerisini değerlendiren bir testtir ve bu test diğer çeviklik testlerinden ayrılan bir özelliğe sahiptir. Bu testte yön değişiminden hemen önce ışık, video, ses veya insan gibi çeşitli uyaranlar kullanılır ve sporcu, yön değiştirmeyi kendi tercihinine göre seçer. Bu durum, testin bilişsel faktörlere, özellikle algılama ve karar verme gibi becerilerine daha fazla bilgi sağlar. Ancak, testin çevikliği tam anlamıyla yeterince ölçüp ölçmediği konusunda belirsizlik bulunmaktadır. Çünkü yön değiştirmek için sadece iki seçenek bulunmakta ve testin tahmin edilebilir olma olasılığı yüksektir. Ayrıca bu testte kısıtlı miktarda mesafe ve yön değiştirme sayısına sahiptir.

Çeviklik, sportif performansı etkileyen karmaşık bir faktördür. Günümüzde, hem fiziksel hem de bilişsel özellikler içeren bir spor becerisi olarak kabul edilmektedir. Ancak çeviklik testleri arasında tutarsızlıklar ve farklılık bulunmaktadır. Bu testler ile hızlanma, yavaşlama, yön değiştirme ve sprint gibi beceriler değerlendirilebilir, ancak tüm çeviklik bileşenleri hakkında eksiksiz bilgi sağlama konusunda sınırlamalara sahiptir. Ayrıca, çevikliği ölçmede kullanılan testler arasında çeşitli farklılıklar vardır. Bunlar sprint mesafesi, yön değiştirme sayısı ve açısı, önceden planlı olma durumu algılama ve karar verme becerileridir (Özbay vd., 2018).

### **1.1.1.2 Reaktif (plansız) Çeviklik ve Planlanan Çeviklik**

Çeviklik literatürde, genellikle "reaktif çeviklik" ve "planlanan çeviklik" olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır (Farrow vd., 2005). Planlanan çeviklik, hareketin başlangıçtan bitişe kadar olan süreçleri, yön değişikliklerini ve yer değiştirmeleri içeren "kapalı beceri" uygulamalarını kapsar (Oliver ve Meyers, 2009). Diğer taraftan, reaktif çeviklik, motor becerilere ek olarak karar verme ve algısal becerileri içeren, bilişsel özellikleri ölçmeye yönelik "açık beceri" uygulamalarını içerir (Serpell vd., 2011).

Reaktif çeviklik kavramının anlaşılması için öncelikle incelenmesi gereken önemli bazı kavramlar vardır. Bunlardan biri olan reaktif kuvvet, bir nesnenin veya bir sistemin, bir kuvvet uygulandığında ortaya çıkan ve genellikle bu uygulanan kuvvetle zıt yönde olan tepki kuvvetidir. Bu kavram genellikle fiziksel egzersiz, spor ve biomekanik alanlarda kullanılır.



Özellikle spor ve antrenman alanında reaktif kuvvet, vücudun bir kuvvete karşı hızlı bir tepki gösterme yeteneği olarak değerlendirilir. Bu, ani hızlanma, yavaşlama, dönme veya yönde değişiklik yapma gibi hareketlerde ortaya çıkar. Vücut, zeminle temas halindeyken veya bir dirence karşı çalışırken, kaslar ve iskelet sistemi, reaktif kuvveti kullanarak istenilen hareketi gerçekleştirir. Bu kavram genellikle pliometrik egzersizlerde, sıçramalar, zıplamalar ve hızlı değişen hareketlerde vücudun nasıl tepki verdiğini anlamak için önemlidir. Reaktif kuvvet, atletik performansı artırmak ve sporcuların çevikliğini geliştirmek için yapılan antrenmanlarda da dikkate alınır. Örneğin, bir kişi yere çömeldikten sonra hızla zıpladığında, yere uyguladığı kuvvetin bir kısmı, zıplama hareketi sırasında ortaya çıkan reaktif kuvvet olarak adlandırılır. Bu kuvvet, kasların ve tendonların elastik özelliklerinden kaynaklanan bir tepki sonucu ortaya çıkar.

Reaktif çeviklik kavramını değerlendirirken anlaşılması gereken bir başka kavram da gerilme-kasılma döngüsüdür. Kas lifleri bir gerilme veya uzatma aşamasından sonra kasılma veya kısalma aşamasına geçer. Liflerde meydana gelen bu kısalma-uzama işleminin gerçekleşme sıklık derecesi bize sporcunun çeviklik, hız, sürat vb. özellikleri ile ilgili önemli veriler sağlamaktadır. Yani gerilme-kasılma döngüsü kaslarda meydana gelen gerilme aşaması ile kısalma aşamasına geçilmesi sırasında geçen minimum süreyi ifade etmektedir (Nicol vd., 2006).

Gerilme-kasılma döngüsünü ölçmek amacıyla kullanılan kavramlardan biri de reaktif kuvvet indeksidir. Farklı çalışmalarda farklı tanımlamaları yapılan reaktif indeksin en çok kullanılan tanımı, sporcunun eksantrik yani uzayarak kas kasılma durumunda sonra ani bir şekilde konsantrik yani kısalarak kasılma durumuna geçebilme yeteneğinin olduğudur (Young, 1995; Newton ve Dugan, 2002).

Reaktif çeviklik motor becerileri ile birlikte bilişsel ve algısal becerilerin de kullanılması ve bu becerilerin sonucunda sporcunun karar verme yeteneği olarak tanımlanabilir. Reaktif çeviklik açık beceri denilen değişken çevre faktörlerine karşı verilen bir reaksiyon olduğundan dolayı sporcu tarafından ön görülmesi zor olan durumları ifade etmektedir (Jeffreys, 2011). Yani sporcunun yapması istenen hareket ve manevralar önceden planlı olmadığı için sporcunun performansının ölçülmesi konusunda çok önemlidir. Örneğin bir sporcunun rakibini geçmesi için vermiş olduğu ani kararlar ve manevralar açık beceri gerektiren reaktif bir kuvvet olarak tanımlanabilir. Bunun yanında kapalı beceri denilen ve çevresel faktörlerin sabit olduğu

sporculardan istenen yön değiştirme ve manevraların bir rutine bağlandığı çalışmalarda yapılmaktadır. Bu çalışmalarda sınırlı düzeyde algısal ve bilişsel beceriler kullanılmaktadır (Oliver vd., 2009).

Reaktif eviklik, reaksiyonu ve patlayıcılığı birleştiren çok yönlü bir yetenektir. Fiziksel ve bilişsel özelliklerden oluşan bu kavram, hızlanma yeteneği de gerektiren bir performans lme aracı olarak kullanılmaktadır (Pojskic vd., 2018). Reaktif eviklik, özellikle reaksiyon için geçen zaman ile karar verme için geçen zaman arasında güçlü bir ilişki içerir, bu da kognitif (zihinsel süreçleri ve davranışları anlamak için psikoloji, nöro bilim, dilbilim, felsefe ve bilgisayar bilimleri gibi disiplinleri birleştiren bir alan) bir bileşeni ifade eder (Scanlan vd., 2014).

Planlı ve plansız çeviklik ile ilgili literatüre bakıldığında, sub-elit ve elit sporcuların planlı yön değiştirme ile reaktif çeviklik yeteneklerini karşılaştıran çok sayıda çalışma olduğu görülmektedir (Gabbett vd., 2008; Farrow vd., 2005; Young vd., 2011). Bu çalışmalarda, planlı yön değiştirme becerileri konusunda farklı gruplar arasında önemli farklar tespit edilmemiş, ancak reaktif yön değiştirme yeteneğinin elit sporcularda daha yüksek performans gösterdiği belirlenmiştir (Yıldız ve iğirdik, 2018). Yine özellikle futbol ve basketbol sporlarında planlı ve plansız olarak yapılan çeviklik testlerin sonuçlarına bakıldığında plansız (reaktif) testlerin planlı testlere göre daha iyi ve yararlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (zpunar, 2022).

### **1.1.1.3 Aerobik ve Anaerobik Performans**

Aerobik ve anaerobik performans kavramlarının anlaşılması için öncelikle aerobik ve anaerobik egzersiz ile aerobik ve anaerobik kapasite kavramlarının anlaşılması gerekmektedir.

Oksijen, aerobik egzersizlerde enerji üretimi sürecinde en önemli rolü oynamaktadır. Bu tür egzersizlerde, karbonhidrat ve yağların enerjiye dönüşmesi için, oksijen ciğerler aracılığıyla alınıp kana transfer edilerek çalışan kaslara iletilmektedir. Bu süreç, aerobik aktivitelerin oksijen kullanımına dayanır ve bundan dolayısı uzun süreli, dayanıklılık gerektiren aktivitelerde etkili olmaktadır. Aerobik egzersizler vücutta oksijenin etkili bir Şekilde kullanılmasını içeren önemli bir fizyolojik süreci yansıtmaktadır. Uzun süreli egzersizlerde aerobik enerji sistemi etkin bir biçimde etkili olmakta ve bu süreçte vücudun depo yağlarından daha fazla enerji elde etmesini sağlanmaktadır. Karbonhidratlar vücutta sınırlı miktarda depolandığı için depo yağlarından

karbonhidratlara oranla daha verimli ve uzun süre kullanılabilen bir enerji kaynağı olarak faydalanılmaktadır. Aerobik temelli çalışmalarda sistem, yağları yakarak enerji ürettiği için, anaerobik temelli çalışmalara oranla daha uzun süreli ve dayanıklılık gerektiren aktivitelerde daha etkili olmaktadır. Ayrıca, aerobik enerji üretimi esnasında ortaya çıkan atıklar, su ve karbondioksit gibi maddeler vücut için daha kolay işlenebilir maddeler olduğundan dolayı aerobik egzersizler, enerji üretiminde ve kas yorgunluğunu azaltmada anaerobik egzersizlere göre daha avantajlı durumdadır. Aerobik kapasite ise maksimum bir egzersizin yapılması esnasında tüketilen oksijen miktarı olarak tanımlanabilir. Bir sporcunun oksijeni taşıma yeteneği onun aerobik kapasitesinin seviyesini belirlemektedir. Maksimum oksijen taşıma miktarı da bir sporcunun dolaşım ve solunum yaparken kasların oksijeni alıp işleme yeteneği ile ilgilidir (Aslankeser ve Balci, 2017; Bassett ve Howley, 2000).

Anaerobik performans ise literatürde güç ve kapasite olarak da kullanılmakla birlikte genel tanımlamasına bakıldığında, kısa süreli olarak yapılan maksimum bir egzersiz anındaki iş kapasitesi veya ortaya konan spor performansı olarak tanımlanmaktadır (Born vd., 2016). Anaerobik egzersizlerde metabolizma, vücutta oksijenin sınırlı olduğu durumlarda, özellikle yoğun egzersiz sırasında karbonhidratlardan enerji üretebilme yeteneğini ifade eder. Egzersiz yoğunluğu arttıkça, dolaşım ve solunum sistemi, çalışan kaslara yeterli oksijeni sağlamak için çaba gösterir. Ancak, yoğunluğun çok yüksek olduğu durumlarda, bu sistemler oksijeni yeterince sağlayamayabilir ve bu noktada vücut, anaerobik metabolizma sürecini devreye alarak enerji üretimini sürdürmeye çalışır. Bu durum vücudun, oksijenin sınırlı olduğu koşullarda bile enerji ihtiyacını karşılamak adına esnek bir yaklaşım sergilediğini gösterir.

Kullanım amacına bağlı olarak aerobik ve anaerobik egzersizleri de sınıflandırmak mümkündür. Yapısı gereği aerobik egzersizler uzun süreli ve sakin spor veya aktivitelerde etkili olurken, anaerobik egzersizler ise kısa ve yüksek enerji gerektiren spor ve aktivitelerde kullanılmaya uygundur. Aerobik egzersizlere yüzme, bisiklet sürme ve yürüyüş örnek verilebilir. Anaerobik egzersizlere ise tenis, ağırlık kaldırma ve kısa süreli hızlı koşular örnek verilebilir.

Yapılan çalışmalarda kadın ve erkek mücadele ve dövüş sporlarında reaktif çeviklik performansının anaerobik güç ve kapasite ile bağlantılı olduğu belirtilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre, yüksek patlayıcı güçlere sahip olan sporcuların daha yüksek seviyede reaktif çeviklik sergilediği ifade edilmektedir. Aerobik ve anaerobik egzersizler

cinsiyete bağılı olarak da karşılaştırılmış ve erkeklere oranla kadınların anerobik güç ve reaktif çeviklik yönünden daha düşük olduğu görülmüştür. Elde edilen bu bulgular özellikle erkek sporcularda, anaerobik gücün reaktif çeviklik becerisinin önemli bir parçasını oluşturduğu vurgulanmaktadır. Bundan dolayı özellikle erkek sporcular için reaktif çevikliğin spor performansına büyük katkı sağladığı ve anaerobik güç ve kapasitelerinin geliştirilmesi için antrenmanlar yapmaları önerilmektedir (Tortu vd., 2022).

#### **1.1.1.4 Psiko-motor Beceriler**

Psiko-motor terimi "hareket"i ifade eder. Her canlı için fiziksel gelişim anne karnında başlar ve bu gelişim canlının dünyaya gelmesi ile birlikte hızlanır ve devam eder. İlk zamanlarda refleks olan bazı hareketler, organların bilinçli kullanımıyla psiko-motor becerilere dönüşürken, bazıları ömür boyu refleks olarak kalır. Psiko-motor gelişim, küçük kas gelişimi ve büyük kas gelişimi olmak üzere iki kısımda incelenir. Küçük kas gelişimi, "ince psiko-motor becerileri" içerir ve el ve ayak kullanımıyla ilgili becerileri kapsar. Büyük kas gelişimi ise "kaba psiko-motor becerileri" olarak bilinir, vücuttaki genel hareketleri ve denge dinamiğini kapsamaktadır (MEB, 2013).

İnce ve kaba psiko-motor becerileri, farklı beyin bölgeleri ve sinir sistemleri ile ilişkilendirilmiş olsa da, birlikte çalışarak vücut hareketlerinin koordinasyonunu sağlarlar. Bu beceriler hem spor gibi aktivitelerde başarılı olmak için hem de çocukların gelişiminde ve yetişkinlerin yaşam kalitesini artırma konusunda çok önemlidir.

Psiko-motor becerileri, ince motor becerileri gibi hassas ve spesifik hareketlerin kontrolü ile, kaba motor becerileri gibi genel vücut hareketlerinin kontrolü arasındaki dengeyi sağlar. Örneğin, bir futbol topunu ayağınızla kontrol ederken (kaba motor becerisi), topun yönünü belirlemek ve onu hedefe doğru yönlendirmek için gözlerinizi kullanarak (ince motor becerisi) hareketlerinizi koordine etmeniz gerekir. Motor becerilerin gelişimi, öncelikle kaba motor becerilerle başlar ve ardından ince motor becerilerle genişler. Gelişmiş bir sinir ve kas sistemi, motor becerilerin gelişimi için temeldir. Bu gelişim, spor ve egzersizle desteklenerek artırılabilir. Ebeveynler ve eğitimciler, çocukların motor becerilerini geliştirmek için çeşitli fiziksel aktiviteler ve egzersizler sunmalıdır. Bu, çocukların psiko-motor becerilerinin gelişimini olumlu yönde etkiler (Orhan ve Ayan, 2018).

## 1.2 Sistemin Donanım ve Yazılım Bileşenleri

### 1.2.1 Arduino

Arduino, açık kaynak kodlu, Arduino.cc tarafından geliştirilen, mikroişlemciye sahip bir elektronik kontrol kartıdır. Üzerinde bulunan dijital pinler, analog pinler, 5 volt ve 3.3 volt enerji pinleri sayesinde birçok elektronik projede kullanılmaktadır. Sistemimizde Arduino Uno modeli kullanılmıştır. Bu model ATmega328P mikroişlemcili olup, 13 dijital pin, 6 analog pine sahip bir arduino modelidir. Projemizde 9 tane dijital pin, 2 tane 5 volt pin ve 2 tane GND (-) pin ihtiyacı olduğundan dolayı arduinonun bu modeli tercih edilmiştir.

### Şekil 2

*Arduino Uno*



### 1.2.2 Nrf Kablosuz İletişim Teknolojisi

RF, "Radio Frequency" ifadesinin kısaltmasıdır ve Türkçe'de "Radyo Frekansı" olarak adlandırılır. RF, elektromanyetik spektrumun bir bölümünde bulunan frekansta (dalga boyunda) radyo dalgalarını ifade eder. Radyo frekansları, elektromanyetik spektrumun düşük frekanslı bölgesinde yer alır ve genellikle 3 kHz ile 300 GHz arasındaki frekans aralığını kapsar.

RF teknolojisi, kablosuz iletişim, televizyon yayınları, radyo yayınları, cep telefonları, telsiz iletişim, radar sistemleri, uzaktan kumanda sistemleri gibi birçok proje ve uygulama alanında kullanılır. RF dalgaları, bilgiyi taşımak veya çeşitli türdeki cihazlar arasındaki iletişimi sağlamak için kullanılır. Bu tür iletişim sistemleri genellikle bir verici (transmitter) ve bir alıcı (receiver) arasında çalışır, RF dalgaları ise bu iletişim sırasında taşıyıcı sinyal olarak görev yapar (User, 2016).

RF teknolojisi, yüksek frekansta çalışan mikrodalga sistemleriyle birleşerek bir dizi uygulama alanında kullanılır. Elektromanyetik spektrumdaki bu frekans aralığı, iletişim teknolojileri, radyo frekansı tanımlı etiketler (RFID), uzaktan algılama sistemleri ve

diğer birçok teknolojik uygulama için temel bir bileşen oluşturur. NRF terimi ise, Nordic Semiconductor tarafından geliştirilen kablosuz iletişim teknolojilerine verilen bir isimdir. NRF ifadesi, Nordic RF'nin kısaltmasıdır ve Nordic Semiconductor şirketinin adının baş harflerini içerir. Nordic Semiconductor, Norveç merkezli bir şirkettir ve kablosuz iletişim alanında özellikle düşük güç tüketimiyle bilinen çeşitli entegre devre çözümleri üretir. Nordic RF adı, şirketin kablosuz iletişim teknolojileri konusundaki uzmanlığına vurgu yapar.

### ***1.2.3 Nrf24l01 Modülü***

NRF24L01, Nordic Semiconductor tarafından üretilen ve özellikle de düşük güç tüketimi ile kablosuz iletişim sağlayan bir radyo frekansı (RF) modülüdür. Bu modül, düşük maliyetli olmasının yanında verimli bir şekilde veri iletimini sağladığından dolayı özellikle kablosuz sensör ağları, uzaktan kumandalı cihazlar ve diğer benzer uygulamalarda kullanılmaktadır. NRF24L01 modülü, çeşitli veri hızlarını destekler ve kullanıcı tarafından yapılandırılabilir. Bu özellik, uygulamanın ihtiyaçlarına göre iletişim hızını optimize etmeyi sağlar. Modül, çok kanallı iletişim özelliği sunar, bu da çeşitli cihazların aynı anda aynı frekansta çalışabilmesini sağlar. NRF24L01, Serial Peripheral Interface (SPI) arayüzünü kullanarak mikrodenetleyici ile iletişim kurar. Bu, modülün birçok mikrodenetleyici ile entegre edilmesini kolaylaştırır.

NRF24L01 modülü düşük güç tüketimi sayesinde pil ile çalışan cihazlar için ideal bir tercih olarak görülmektedir. NRF24L01, küçük boyutları ve hafif yapısıyla dikkat çeker. Bütün bu özelliklerinden dolayı NRF24L01 modülü, genellikle Arduino, Raspberry Pi ve diğer mikrodenetleyici tabanlı projelerde kablosuz iletişim sağlamak için kullanılır. Uygulama alanları arasında uzaktan kumandalı cihazlar, akıllı ev uygulamaları, kablosuz sensör ağları ve endüstriyel otomasyon gibi birçok örnek bulunmaktadır. Projemizde kablosuz veri toplama amacıyla kullandığımız bu modüllerden, server cihazı için 1 adet antenli modelinden ve client cihazlar için ise 5 adet antensiz modelinden kullanılmıştır. Antensiz modeller 200 metreye kadar (Tandara, 2020), antenli modeller ise engelli alanlarda yaklaşık 700 metre, engelsiz mesafelerde ise 1.1 km'ye kadar çekim alanına sahiptir (Abdelrahim vd., 2022; Adetya vd., 2021). Cihazlara uygun voltaj verilmesi ve daha verimli çalışmaları için kendileri için üretilen adaptörler ile birlikte kullanılmalrı önerilmektedir.

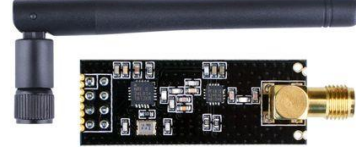
**Şekil 3**

*Antensiz Nrf24l01 Modülü*



**Şekil 4**

*Antenli Nrf24l01 Modülü*

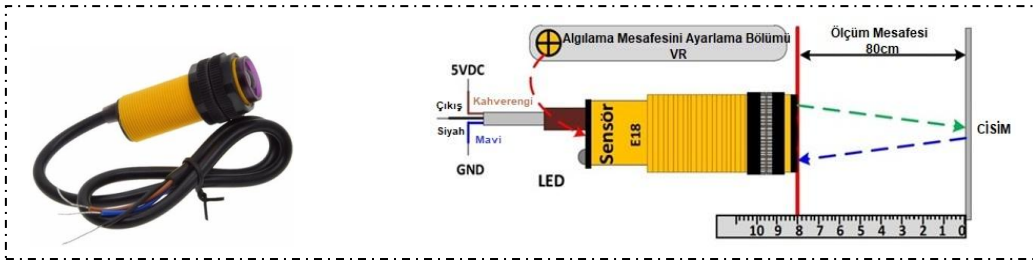


#### **1.2.4 MZ80 Dijital Kızılötesi Mesafe Sensörü**

MZ80, 3 cm ile 80 cm arası mesafeleri ölçebilen bir sensördür. Kızılötesi ışık kullanarak çalışan bu sensör, önündeki engelden yansıyan ışığı algılayarak mesafeyi belirler. Özellikleri arasında dijital çıkış, 3-80 cm arası mesafe ölçümü, NPN çıkış, 5V besleme, 2 ms tepki süresi ve kolay montaj imkanı bulunmaktadır. Robotik projelerde, otomasyon sistemlerinde ve güvenlik uygulamalarında kullanılabilir. Mikroişlemci veya geliştirme kartına bağlanıp uygun bir yazılım kullanılarak mesafe ölçümü gerçekleştirilebilir. Kullanımı pratik ve uygun maliyetlidir, birçok robotik projede kullanılabilir bir sensördür.

**Şekil 5**

*MZ80 Dijital Kızılötesi Mesafe Sensörü*



#### **1.2.5 NeoPixel 12'li Halka**

NeoPixel 12'li Halka, Adafruit tarafından üretilen bir led halkasıdır ve genellikle programlanabilir renkli led efektleri oluşturmak için kullanılır, yani her bir ledin rengi bağımsız olarak kontrol edilebilir.

Bu halka, genellikle mikrodenetleyiciler veya mikrodenetleyici tabanlı platformlar üzerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Arduino gibi popüler geliştirme platformları üzerinde kolayca entegre edilebilir. Her neopixel led, kendi parlaklık ve rengini

ayarlamak için bir dizi kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) led barındırır. Mikrodenetleyici tarafından sağlanan programlama ile renk geçişleri, animasyonlar veya görsel efektler oluşturmak mümkündür. Bu tür led halkalar, kostüm tasarımı, dekorasyon, interaktif sanat projeleri ve diğer yaratıcı uygulamalarda sıkça kullanılır.

### Şekil 6

*NeoPixel 12'li Halka*

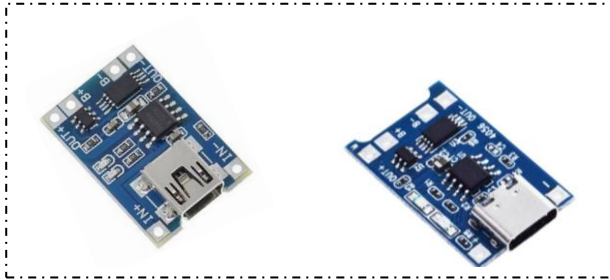


### 1.2.6 TP4056 Lityum Pil Şarj Devresi

TP4056 şarj ünitesi, 1 hücreli lityum iyon veya lityum polimer pilleri şarj etmek amacıyla kullanılan bir şarj modülüdür. Üzerinde bulunan TP4056 entegresi sayesinde hem pillerin daha doğru bir şekilde şarj olmasını hem de şarj dolmuş işleminde şarjı durdurarak pilin zarar görmesini engeller. Ayrıca üzerindeki led yardımıyla pilin dolmuş dolmadığını gösterir. Şarj başlığı olarak micro-Usb ve Type-C modelleri mevcuttur.

### Şekil 7

*TP4056 Lityum Pil Şarj Devresi*



### 1.2.7 Lityum Polimer (Li-Po) Pil

Lityum polimer (Li-Po) piller, enerji depolama ve taşınabilir cihazlarda kullanılan bir tür şarj edilebilir bataryadır. Bu piller, lityum iyon pillere benzer bir teknolojiye sahiptir, ancak elektrolitleri farklıdır. Lityum polimer pillerin avantajları arasında düşük ağırlık, esnek form faktörleri ve yüksek enerji yoğunluğu bulunur. Lipo piller hücre sayısına (S), voltajına (V), amper miktarına (A), kapasitans (C) değerine göre



sınıflandırılmaktadır. Lipo pil seçimi yapılırken ihtiyaç duyulan çeşidi seçilmeli ve kullanım sırasında dikkatli olunmalıdır. Sistemimizde ise client cihazlarda kullanılmak üzere lipo pilin 3.7 volt, 950 mAh, 1S ve 30 C modeli kullanılmıştır.

### **Şekil 8** Lityum Polimer (Li-Po) Pil

*Lityum Polimer (Li-Po) Pil*



### **1.2.8** Muhafaza Kutusu ve Mini Çıt Çıt Anahtarlı Buton ( ON-OFF )

Cihazın çalışmasında kullanılan elektronik materyallerin muhafaza edilmesi amacıyla 3d yazıcıdan 100\*63\*50 mm ebatlarında bir kutu basılmıştır. Üzerine ise 98\*61 ebatlarında şeffaf kapak takılmıştır.

Mini çıt çıt anahtarlı buton, arduino benzeri elektronik devrelerde kullanılmak üzere tasarlanmış devre kesme ve tamamlama özelliğine sahip mini bir buton çeşididir. 250VAC/2A gerilim/akım aralığında çalışabilir.

### **Şekil 9**

*Muhafaza Kutusu*



### **Şekil 10**

*Mini Çıt Çıt Anahtarlı Buton (ON-OFF )*



## BÖLÜM 2. YÖNTEM

Sporcular için giyilebilir ve taşınabilir akıllı cihazlar aracılığıyla performans verilerinin toplandığı IoT ve kablosuz özellikli cihazların ve sistemlerin spor ortamlarında kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Sporcuların birçok bireysel hareketi, giyilebilir veya taşınabilir cihazlardan toplanan verilerle tamamen doğru ve kablosuz bir şekilde izlenebilmektedir. Yürüme, koşma, eğilme, düşme, yatma ve tırmanma gibi çeşitli faaliyetleri sırasında kandaki glikoz ve oksijen miktarı ve kan basıncı gibi yaşamsal faktörleri düzgün bir biçimde analiz edilebilmektedir. Aynı zamanda, oyun süreleri boyunca sporcunun performans kriterleri ve sağlık koşulları, duyarlı semptomlar yardımıyla izlenerek analiz edilebilmektedir. Teknolojik gelişmeler yardımıyla sensör ağından toplanan veriler, veritabanı merkezleri veya bulut depolama platformları yardımıyla daha ayrıntılı inceleme ve analiz için kaydedilmekte ve amaca uygun olarak kullanılabilir (Subasi vd., 2018).

Çalışmamızda öncelikle sporcunun performansını belirleyebilecek özelliklerin neler olduğu ve bunların nasıl ölçülebileceği araştırılmıştır. Yapılan literatür taraması sonucunda sporda, sporcu performansını ölçmek amacıyla insan yapısına ait biyolojik, fizyolojik ve psikolojik özelliklerinin nasıl ölçüldüğü ve ölçme yöntemlerinin nasıl yapıldığı konusunda bazı çalışmaların yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmalarda kullanılan yöntemler incelendiğinde ise; bazılarında yön, işaret, fiziksel engeller vb. kriterlerin üzerinde durulduğu (Kayhan vd., 2021), bazılarında psikolojik etmenlerin üzerinde durulduğu (Aydoğan, 2022), bazılarında sensör ve mikroişlemcili elektronik kartlar kullanıldığı (Erdaş, 2017), bazılarında ise hem geleneksel hem de sensör tabanlı ölçümlerin kullanıldığı (İnce, 2020) görülmüştür.

Spor dünyasında sporcuların performansını belirleyen birçok özellik vardır. Bunların bazıları sporcuların çalışmaları öncesinde, bazıları çalışmalar sırasında ve bazıları da çalışma sonrasında elde edilebilecek verilerle ölçülebilmektedir. Çalışma öncesi yapılan testler, sporcunun çalışmalardan önceki hazır bulunuşluklarını belirlemeye yönelik olup, sporcuların hangi çalışma tekniklerine daha yatkın olduğunu ve kısa sürede istenen seviyeye ulaşmak için neler yapılması gerektiği ile ilgili olarak önemli bilgiler vermektedir. Çalışmalar sırasında elde edilecek veriler sayesinde ise sporcuların performanslarının nasıl değiştiği incelenerek sporcunun anlık tepki ve gelişimleri izlenebilmektedir. Bu sayede sporcu vücudunun ilgili çalışmaya nasıl tepki verdiği ve

sporunun çalışma yöntemine uygun olup olmadığı incelenerek olası olumsuzlukların önüne geçilebilmektedir. Çalışma sonrasında alınacak veriler sayesinde ise sporunun ilk ve son değerleri karşılaştırılarak bu değerler arasındaki farkların incelenmesi sonucunda çalışma süreci düzenlenebilmektedir. Bütün bu çalışmaların sağlıklı sonuçlar vermesi ise doğru ve etkili bir yöntem ile mümkündür. Sporcuların performanslarını ölçmek amacıyla yapılan sensör tabanlı bazı çalışmalar açıklamalarıyla birlikte Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3**

*Performans Ölçmek Amacıyla Yapılan Sensör Tabanlı Çalışmalar*

SN	KONU	ÖLÇÜLEN ÖZELLİK	ÖLÇME YÖNTEMİ	KAYNAK
1	Mobil Uygulamalarla Dikey Sıçrama, Çeviklik ve Kas Dayanıklılığını Ölçme.	Dikey Sıçrama, Çeviklik ve Kas Dayanıklılığı	Fitness Meter Mobil Uygulaması.	Kuvancı vd. 2021
2	Barfiks Sporcuları İçin Performans Ölçme Cihazı Tasarımı.	Barfiks ve Barfiks Tekrarlarının Sayısı	Atalet Sensör Tabanlı Tasarlanan Özgün Cihaz	Rahmat, 2021
3	Akıllı Telefon Uygulaması ile Dikey Sıçrama Performansını Belirleme.	Dikey Sıçrama Yüksekliği	Akıllı Telefonunun Kamera Özelliği, Myjump Uygulaması.	Turgut vd., 2018
4	Çeviklik Ölçüm Sisteminin Tasarlanması.	Çeviklik, Reaksiyon	Özel Tasarlanmış Çeviklik Ölçüm Cihazı	User, 2016
5	Kadın ve Erkek Sporcular için Reaktif Çeviklik ve Anaerobik Performans.	Anaerobik Performans ve Reaktif Çeviklik	SpeedCour Sistemi	Tortu vd., 2022
6	Futbol Tenisinin, İsbetli Şut Çeviklik, Reaksiyona Etkisi.	Reaksiyon	Blazepod Marka Reaksiyon Ölçüm Cihazı	Kartal ve Gökmen, 2023
7	Fitspeed Performans Sisteminin İncelenmesi.	Anaerobik Kapasite ve Reaktif Çeviklik	Fotosel ve Fitspeed Çeviklik Test Cihazı	Yıldız ve Fidan, 2019
8	Reaktif Çeviklik ve Planlı Yön Değiştirmenin Bireysel Takım ve Raket Sporlarına Etkisi.	Reaktif Çeviklik, Planlı Yön Değiştirme	Fotosel	Özpunar, 2022
9	Elit ve Subelit Genç Karateçiler için Reaktif Çeviklik ve Planlı Yön Değiştirme	Reaktif Çeviklik ve Planlı Yön Değiştirme	Fitspeed A	Yıldız ve Çiğirdik, 2018
10	Güreşçilerin Maksimal ve Reaktif Kuvvet İndeksinin Ölçülmesi.	Reaktif Kuvvet İndeksi.	Opto Jump Next cihazı	Kara ve Özal, 2022
11	Kadın ve Erkek Sporcularda Reaktif Çeviklik ile Anaerobik Performans	Anaerobik Performans, Reaktif Çeviklik.	SpeedCourt Sistemi	Tortu, 2022
12	Sporlarda Sensör Tabanlı Çeviklik Değerlendirmesi	Çeviklik	Özel Tasarım Çeviklik Ölçme Cihazı	Hribernik vd., 2021

SN	KONU	ÖLÇÜLEN ÖZELLİK	ÖLÇME YÖNTEMİ	KAYNAK
13	Genç Futbolcularda Direnç Bandı Egzersizleri.	Denge, Reaksiyon, Dikey Sıçrama, Çeviklik, Sürat, Topa Vuruş Hızı.	Toğu Challenge, Light Trainer, Jumpmetre, Fotosel, Radar Tabancası.	Mor vd., 2022
14	Farklı Çeviklik Testleri Arasındaki İlişkiler.	Çeviklik	Badminton Çeviklik Test (Badminton Agility Test: Bat), Fotosel	Doğru vd., 2020
15	Genç Kadın Futbolcular için Reaksiyon, Sürat, Çeviklik.	Çeviklik, Sürat, Reaksiyon	Fotosel	Arı vd, 2020
16	Badminton Özgü Geliştirilen Reaktif Çeviklik Testi.	Reaktif Çeviklik, Planlı Çeviklik.	Fitspeed A	Yıldız ve Fidan, 2018
17	Futbolcuların Hızlı Yön Değiştirme ile Reaktif Çeviklik Becerisi.	Reaktif Çeviklik Ve Hızlı Yön Değiştirme Becerileri.	Fitspeed A	Ocak, 2023
18	Badmintoncular İçin Çeviklik Testi.	Çeviklik.	Badminton Çeviklik Test (Badminton Agility Test: Bat), Fotosel	Kamuk, 2020
19	Dikey Sıçramaya Yönelik Giyilebilir Cihaz Tasarımı.	Dikey Sıçrama Performansı	Özel Olarak Tasarlanmış Cihaz	Tire, 2021
20	Dikey Sıçrama Yüksekliği Ölçümü	Dikey Sıçrama Yüksekliği	VERT-Giyilebilir Algılama Cihazı	Mahmoud vd., 2015
21	Squat Hareket Hızı İçin Rehagait İvmeölçer İle Mylift Yöntemi	Squat Hareket Hızı	Rehagait İvmeölçer İle Mylift Adı Verilen Yüksek Hızlı Video Kayıt Yöntemi	Garcia Mateo, 2020
22	Karate Sporcuları İçin Dinamik Denge Ve Reaktif Çeviklik	Denge ve Çeviklik	SpeedCourt Sistemi	Kocahan vd., 2022
23	Çeviklik Kayıt Sistemi, IoT ve Mobil Uygulama.	Çeviklik	Çeviklik Ölçüm Cihazı, IoT, Mobil Uygulama	Nursuwars vd., 2020
24	Askeri Tatbikatlar İçin Çevikliğin Ölçülmesi	İvme, Denge, Çeviklik	İvme Ölçer, Jireskop, Manyetometre.	Zaferiou vd., 2017
25	Hentbolcular İçin Çeviklik Ölçümü	Reaktif Çeviklik Performansı	Reaktif Çeviklik Ölçme Sistemi	Spasic vd., 2015
26	Amatör Futbolcular için Yön Değiştirme Hızı ve Reaktif Çeviklik.	Reaktif Çeviklik, Yön Değiştirme Hızı	SpeedCourt Sistemi	Matlák vd., 2016
27	Çeviklik Testi Geliştirme Çalışması	Çeviklik	Tasarlanmış Çeviklik Cihazı.	Prakoso vd., 2017
28	Cimnastikte Sürat Çeviklik ve Denge İlişkisi	Sürat, Çeviklik ve Denge	Fotosel	Baştürk vd., 2019
29	Koşu Tekniğinde ve Atalet Sensörü Kullanımı	Çeviklik, Sakral Yer Değiştirme	Atalet Sensörü	McGinnis vd., 2015
30	Voleybolcular için Çeviklik Testi Uygulaması	Reaksiyon, El ve Göz Koordinasyonu	FitLight Trainer	Lima vd., 2021

Sporcuların performansını belirlemek amacıyla tasarlanan cihazda veri elde etme yöntemi olarak kablosuz veri iletme teknolojilerinden biri olarak bilinen Nrf kablosuz teknolojisi kullanılmıştır. Bu teknoloji, özellikle düşük güç tüketimi, düşük maliyet ve güçlü performans gibi avantajlarıyla bilinir ve günümüzde birçok kablosuz cihaz ve projede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknoloji sayesinde 2.4 GHz ile 2.525 GHz frekansları arasında kablosuz olarak tek veya çift yönlü olarak haberleşme olanağı sağlanmaktadır.

## **2.1 Veri parçalama**

Veri parçalama, büyük veri kümelerini kullanılabilir hale getirmek amacıyla daha küçük boyutlara ayırma işlemidir. Bu aşama, veri analizi, makine öğrenimi, model eğitimi ve doğrulama gibi birçok uygulamada önemli bir adımdır. Veri parçalama, veri setini eğitim seti, doğrulama seti ve test seti gibi parçalara bölmek gibi farklı amaçlarla da yapılabilir. Doğru bir şekilde parçalanmış veri setleri, modelin doğruluğunu artırabilir ve genelleştirme yeteneğini geliştirebilir. Rastgele parçalama, zaman serisi parçalama, çapraz doğrulama ve stratifikasyon gibi veri parçalama yöntemleri kullanılmaktadır (Wickham, 2014).

Veri parçalama, modelin doğruluğunu artırmak ve genelleme yeteneğini geliştirmek için önemlidir. Ancak, veri setini uygun şekilde parçalamak için dikkatli bir planlama ve analiz gereklidir. Ayrıca, belirli bir parçalama yönteminin seçilmesi, problem alanına ve kullanılan modelin özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, veri parçalama işlemi, projenin başarısında önemli bir yere sahiptir ve dikkatlice ele alınmalıdır.

## **2.2 Veri Madenciliği**

Veri madenciliği, günümüz dijital çağında önemi sürekli olarak artan bir disiplindir. Büyük veri kümelerindeki desenleri, ilişkileri ve bilgileri keşfetmek için kullanılan çok sayıda yöntem ve teknik içerir. Aralarındaki bağlantıyı bulmak amacıyla çok büyük veri miktarlarını inceleyen ve gizli kalmış bilgileri açığa çıkarma ve analiz etme tekniğidir (Kalikov, 2006). İşletmeler, akademisyenler ve endüstri uzmanları tarafından geniş bir yelpazede uygulanmaktadır. Veri madenciliği büyük veri kümelerinden değerli iç görüler çıkarmakta kullanılan güçlü bir araçtır. Bilimsel araştırmalarda doğru analizler yapma, işletmelerin karar alma süreçlerini iyileştirme, müşteri davranışlarını anlama ve etkili rekabet konusunda önemli avantajlar sağlar.

### ***2.2.1 Veri Madenciliğinin Aşamaları***

İlk adım, çeşitli kaynaklardan büyük miktarda veri toplamak veya elde etmektir. Bu veriler, sensör tabanlı, anket, sosyal medya verileri, bir işletmenin iş süreçleri, müşteri ilişkileri, finansal veriler gibi çeşitli kaynaklardan gelebilir. Toplanan bu veriler analiz için hazırlanır; eksik değerler doldurulur, gürültülü veriler filtrelenir ve uygun bir formata dönüştürülür. Veri madenciliği sürecinin ikinci aşaması, veri kümesindeki desenleri ve ilişkileri bulmak amacıyla farklı analiz tekniklerinin kullanılmasıdır. Bu aşamada, veri madenciliği algoritmaları kullanılır ve veri kümesi incelenir. Veriler, veri ön işlemeden geçirilerek daha anlamlı ve işlenebilir hale getirilir. Böylece eksik verilerin doldurulması, aykırı değerlerin tanımlanması ve gereksiz özelliklerin filtrelenmesi sağlanmış olur (Doğan ve Arslantekin, 2023).

Veri madenciliğinin merkezi aşaması, veriye matematiksel ve istatistiksel teknikler uygulayarak desenleri ve ilişkileri keşfetmektir. Bu aşamada, sınıflandırma, regresyon, kümeleme, ilişki kurma gibi çeşitli veri madenciliği teknikleri kullanılır. Model oluşturma sürecinde, farklı algoritmalar test edilir ve en uygun model seçilir. Model oluşturma aşamasında elde edilen sonuçlar, belirlenmiş hedeflere ve kriterlere göre değerlendirilir. Bu değerlendirme süreci, modelin doğruluğunu, güvenilirliğini ve işlevselliğini belirlemek için kullanılır. Değerlendirme aşamasında, modelin performansı test edilir ve gerektiğinde iyileştirmeler yapılır. Veri madenciliği sonuçları yorumlanır ve anlamlandırılır. Bu bilgi, karar alıcılar tarafından stratejik veya operasyonel kararlar almak için kullanılabilir. Örneğin, bir işletme müşteri segmentlerini anlamak veya pazarlama kampanyalarını optimize etmek veya bir anket sonucundan belirli çıkarımlar yapmak için veri madenciliği modellerini kullanabilir.

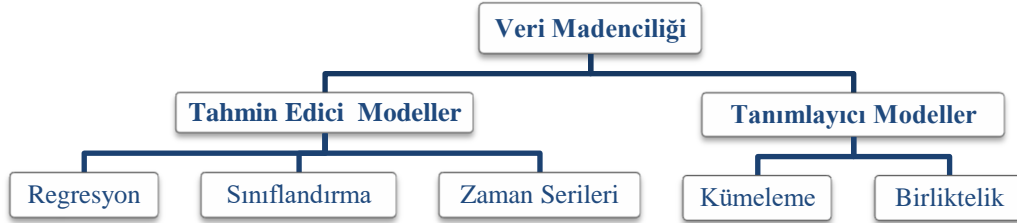
### ***2.2.2 Veri Madenciliğinde Kullanılan Modeller***

Veri madenciliğinde kullanılan 5 farklı model türü bulunmaktadır. Bu modeller kullanım amacına göre seçilmektedir. Bunlar, regresyon analizleri, kümeleme, sınıflandırma, zaman serileri ve birliktelik kurallarıdır. Bu modellerden, regresyon, sınıflandırma ve zaman serileri, tahmin edici (predictive) modeller olarak adlandırılırken, birliktelik kuralları ve kümeleme ise tanımlayıcı (descriptive) modeller olarak adlandırılmaktadır (Edelstein, 1997). Tahmin edici modellerde, bağımsız değişkenlerin mevcut değerleri kullanılarak gelecekteki değerler tahmin edilir.

Tanımlayıcı modeller ise veri setindeki örüntülerden çıkarılan bilgilerle değişkenler arasındaki ilişkiler yorumlanır (Steinbach vd., 2006).

### Şekil 11

*Veri Madenciliğinde Kullanılan Modeller*



**Kaynak:** Edelstein (1997)

#### 2.2.2.1 Regresyon analizi

Regresyon analizi, istatistiksel bir yöntem olup, analizdeki bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi bir model aracılığıyla açıklamak için kullanılır. Bu model matematiksel bir model olup, veriler arasındaki deseni anlamak ve gelecekteki değerleri tahmin etmek amacıyla kullanılır (Alpar, 2021). Basit regresyon analizinde tek bir bağımsız değişken kullanılır ve genellikle temel ilişkilerin anlaşılmasında ve basit tahminlerde tercih edilirken, çoklu regresyon analizinde ise çok sayıda bağımsız değişken kullanılır ve daha karmaşık ilişkilerin modellenmesi ve daha detaylı tahminlerin yapılmasında tercih edilir. Ayrıca, bağımlı değişkenin türüne göre farklı regresyon türleri de kullanılabilir; sürekli bağımlı değişkenler için doğrusal veya doğrusal olmayan (eğrisel) regresyon analizi tercih edilirken, kategorik bağımlı değişkenler için ise lojistik regresyon analizinin kullanılması tercih edilir (Orhunbilge, 2017).

#### 2.2.2.2 Sınıflandırma

Veri analizinde oldukça önemli bir rol oynayan denetimli bir öğrenme modelidir ve genellikle iki aşamalı bir süreci içerir. İlk aşamada, veriler eğitim verisi ile test verisi olarak iki kısma bölünür. Eğitim verisi, modelin öğrenmesi için kullanılır ve veri içindeki ilişkileri anlamak için temel oluşturur. İkinci aşamada, test verisi kullanılarak modelin performansı değerlendirilir ve doğruluk seviyesi ölçülür. Bu süreç, sınıflandırma modelinin güvenilirliğini artırarak, gelecekteki veriler için tahminlerde bulunmak amacıyla sağlam bir temel oluşturur (Coşlu, 2013).

### **2.2.2.3 Zaman serileri**

Zaman serileri, zaman içinde düzenlenmiş veri noktalarının bir dizisidir ve genellikle belirli aralıklarla ölçülen kategorik veya sayısal değişkenlerin temsilidir. Veri madenciliği bağlamında zaman serileri analizi, mevcut veri setlerinden örüntüleri ve trendleri belirleyerek gelecekteki değerleri tahmin etme amacını taşır. Bu analiz, AR (Oto Regresyon), MA (Hareketli Ortalama), ARMA (Oto Regresyon ve Hareketli Ortalama), Rassal Yürüyüş ve ARIMA (Entegre Oto Regresyon ve Hareketli Ortalama) gibi çeşitli modellerin kullanımını içerir (Tüzüntürk, 2010). Borsa verileri, hisse senedi değerleri, ürün satış miktarları, hava durumu vb. veriler zaman serileridir.

### **2.2.2.4 Kümeleme**

Bu model, denetimsiz öğrenme yöntemlerinden olup amacı, benzerlik veya farklılık özelliklerine dayanarak veri setini homojen kümeler halinde gruplamaktır. Kümeleme verilerin yapısını daha iyi anlamamızı ve veri setindeki benzer özelliklere sahip verileri gruplamamızı sağlar (Kaman, 2017; Coşlu, 2013). Kümeleme işlemi, genellikle sayısal bir uzaklık ölçütü kullanılarak gerçekleştirilir ve verilerin benzerlik ölçütlerine göre oluşturulur. Örneğin, öklid uzaklığı, manhattan uzaklığı, hotelling uzaklığı ve mahalanobis uzaklığı gibi ölçütler sıkça kullanılır (Steinbach vd., 2006). Kümeleme yöntemleri genellikle hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan (bölümlemeli) olarak sınıflandırılır, ancak son zamanlarda yapılan çalışmalar bu sınıflandırmayı genişletmiştir. Literatürde, çeşitli kümeleme yöntemleri farklı alt kategorilere ayrılmıştır ve bu yöntemlerin kullanımı, veri analizi ve keşif sürecinde önemli bir rol oynamaktadır.

### **2.2.2.5 Birliktelik Kuralları**

Birliktelik kuralları analizi, büyük veri kümeleri arasında belirli ilişkileri keşfetmeye yönelik bir veri madenciliği tekniğidir. Bu teknik, büyük veri kümelerine ait gizli ilişkileri bulmak ve bu bilgileri stratejik karar alma süreçlerinde kullanmak amacıyla etkili bir yöntem olarak kullanılır. Bu yöntem genellikle pazar-sepet analizi olarak da adlandırılır ve perakende sektörü gibi alanlarda sıklıkla başvurulan bir tekniktir. Örneğin, bir markette hangi ürünlerin birlikte satıldığını belirlemek, satış stratejilerini optimize etmek ve müşteri taleplerini daha anlaşılır ve net bir şekilde göstermek amacıyla birliktelik kuralları analizi kullanılabilir (Chahal, 2019).



Apriori algoritması gibi birliktelik kuralları analizinde yaygın olarak kullanılan algoritmalar, veri setindeki desenleri keşfetmek ve belirli kombinasyonları tanımlamak için kullanılır. Bu, bir ürünü alan müşterilerin genellikle hangi diğer ürünleri aldığını ve bu kombinasyonların sıklığını belirlemeye yardımcı olur. Bu bilgi, örneğin market düzenlemeleri, promosyonlar ve ürün yerleşimi gibi stratejik kararları desteklemek için kullanılabilir.

## **2.3 Makine Öğrenmesi**

Makine öğrenimi, bilgisayar sistemlerinin deneyimlerinden öğrenerek görevleri daha iyi yapabilmesini sağlayan yapay zeka alt dalıdır. Bu öğrenme, bilgisayarların önceden tasarlanmış bir görevi yerine getirmek için doğrudan programlanmaları yerine, deneyimlerden öğrenmelerini sağlayarak bilgiye ulaşmalarını sağlar (Jordan ve Mitchell 2015). Bu algoritma ve teknikler, veri analizi, desen tanıma ve tahmin yapma gibi çeşitli görevlerde kullanılır. Makine öğrenimi, günümüzde birçok endüstride büyük bir etkiye sahiptir ve otomasyon, kişiselleştirilmiş öneriler, tıbbi teşhisler, finansal tahminler ve daha fazlası gibi birçok alanda uygulanmaktadır.

### **2.3.1 Makine Öğrenimi Süreçleri**

Makine öğrenimi, veri odaklı yaklaşımıyla bilgisayar sistemlerinin karmaşık görevleri yapmalarını mümkün kılmaktadır. Bu teknoloji, veri bilimi, yapay zeka ve istatistik gibi disiplinlerin kesişiminde yer alır ve sürekli olarak gelişen bir alan olmaya devam etmektedir. Makine öğrenimi, veri hazırlama, model seçimi, eğitimi ve sonrasında elde edilen modelin değerlendirilmesi gibi adımlardan oluşan bir süreçtir. Bu süreç, verilerdeki örüntüleri belirleyerek ve modele uygulayarak gelecekteki olayları tahmin etmeyi amaçlar (Chollet, 2017; Mayo, 2018). Makine öğrenimi projeleri genellikle büyük miktarda veri gerektirir. Bu veri, sensörlerden, web sitelerinden, mobil uygulamalardan veya diğer kaynaklardan toplanabilir. Veriler daha sonra analiz için hazırlanır; eksik değerler doldurulur, gürültülü veriler temizlenir ve uygun bir formata dönüştürülür. Veri setlerindeki önemli özelliklerin belirlenmesi ve daha iyi sonuçlar almak için bu özelliklerin işlenmesi önemlidir. Bu adımda, veri seti üzerinde istatistiksel analizler yapılır, özellikler seçilir veya yeni özellikler türetilir. Makine öğrenimi modeli seçilir ve veri seti üzerinde eğitilir. Bu aşamada, çeşitli makine öğrenimi algoritmaları kullanılabilir, bunlar arasında derin öğrenme, karar ağaçları ve destek vektör makineleri gibi yöntemler bulunur. Model, veri seti üzerinde iteratif olarak eğitilir ve optimize

edilir. Eğitim aşamasından sonra, modelin performansı değerlendirilir. Bu, modelin doğruluğunu, hassasiyetini, geri çağırmasını ve diğer performans metriklerini değerlendirerek yapılır. Modelin genelleme yeteneği, farklı veri setleri üzerinde test edilir. Model eğitildikten ve değerlendirildikten sonra, sonuçları yorumlanır ve uygulanır. Model, gerçek dünya verilerini analiz etmek ve tahminlerde bulunmak için kullanılabilir. Bir e-ticaret şirketi müşteri memnuniyetini değerlendirmek ve ileriye dönük memnuniyet oranını tahmin etmek amacıyla makine öğrenimi modeli kullanılabilir. Bir sağlık kuruluşu, bir hastalığa yakalanma oranlarını veya riskli bireyleri belirlemek için makine öğrenimi modeli kullanılabilir.

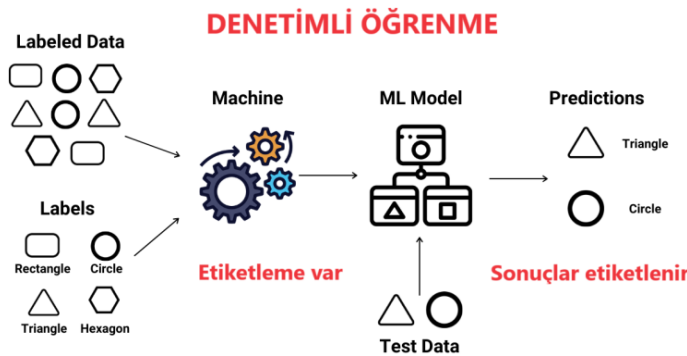
### 2.3.2 Makine Öğrenimi Kategorileri

#### 2.3.2.1 Denetimli Öğrenme (Supervised Learning)

Bu yöntemde, algoritma etiketlenmiş (labelled) veri setlerini kullanarak öğrenir. Her veri örneği, girdi özellikleriyle birlikte hedef bir çıktıya (etikete) sahiptir. Algoritma, bu etiketli veri setlerini kullanarak örüntüleri öğrenir ve yeni, daha önce görülmemiş verilere tahminler yapabilir. Sınıflandırma (classification) ve regresyon (regression) problemleri bu kategoriye girer (Atalay ve Çelik, 2017).

#### Şekil 12

##### Denetimli Öğrenme Yöntemi



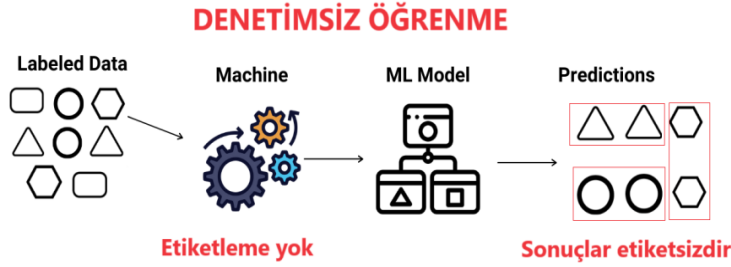
#### 2.3.2.2 Denetimsiz Öğrenme (Unsupervised Learning)

Bu öğrenme yönteminde, veri seti etiketlenmemiş (unlabelled) olduğu için algoritma, verideki örüntüleri ve yapıları kendi başına keşfetmelidir. Bu yöntem, veri kümesindeki gizli yapıların ve grupların belirlenmesi amacıyla kullanılır. Boyut azaltma

(dimensionality reduction) ve kümeleme (clustering) denetimsiz öğrenme yönteminde kullanılan önemli tekniklerdir (Hastie vd., 2009).

### Şekil 13

*Denetimsiz Öğrenme Yöntemi*

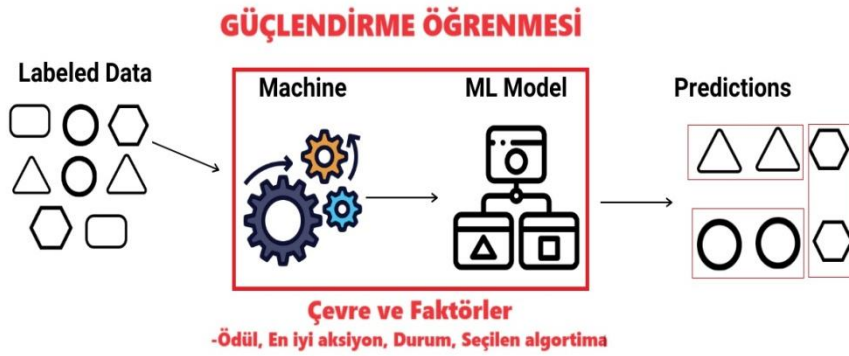


#### 2.3.2.3 Güçlendirme Öğrenmesi (Reinforcement Learning):

Bu yöntemde, algoritma, çevresel koşullara tepki vererek belirli bir görevi gerçekleştirmeyi öğrenir. Algoritma, deneme yanılma yoluyla doğru davranışı keşfetmeyi öğrenir ve çevreyle etkileşime geçerek ödüller veya cezalar alır. Oyun teorisi, robotik ve otomatik araç kontrolü gibi alanlarda kullanılır (Wenzel vd, 2019).

### Şekil 14

*Güçlendirme Öğrenme Yöntemi*



Makine öğrenimi, birçok bilimsel ve endüstriyel alanda kullanılmakta olup, çok kapsamlı bir uygulama alanına sahiptir. Örneğin, bilimsel araştırmalarda veri analizi ve model oluşturma, sağlık sektöründe hastalık teşhisi, finansal sektörde risk analizi, perakende sektöründe müşteri segmentasyonu, otomotiv endüstrisinde sürücüsüz araçlar gibi birçok uygulama alanı bulunmaktadır.

Makine öğrenimi algoritmaları, veriye dayalı karar alma süreçlerini otomatikleştirebilir, veri analitiği ve tahmin yeteneklerini geliştirebilir ve işletmelerin kendi alanlarında

önemli rekabet avantajı kazanmasına yardımcı olabilir. Bundan dolayı, makine öğrenimi giderek daha popüler ve yaygın bir hale gelmektedir. Makine öğreniminde kullanılan önemli sınıflandırma yöntemleri Bölüm 2.6'da açıklanmıştır.

## **2.4 Yapay Zeka**

Yapay zeka (AI), bilgisayar sistemlerinin insan zekasını taklit etme veya insan benzeri görevleri yerine getirme yeteneğini ifade eder. Bu yetenek, algılama, öğrenme, karar verme ve problem çözme gibi bir dizi zekâsal işlevi içerir (Nabiyev, 2012). Yapay zeka, bilgisayar bilimi, mühendislik, matematik ve bilişsel bilimler gibi birçok disiplini bir araya getiren kapsamlı bir alanı temsil eder. Günümüzde, yapay zeka birçok endüstride önemli bir rol oynamakta ve sürekli olarak gelişmektedir. Yapay zeka, genellikle aşağıdaki alt alanlara ayrılır.

### **2.4.1 Makine Öğrenimi (*Machine Learning*)**

Makine öğrenimi, bilgisayar sistemlerinin deneyimlerinden öğrenerek görevleri daha iyi yapabilmesini sağlayan bir yapay zeka alt dalıdır. Bu teknikler, büyük miktardaki verileri analiz eder ve bunlar arasındaki desenleri ve ilişkileri tespit ederek gelecekte tahminler yapmak için kullanılır. Bölüm 2.3'te detaylı olarak açıklanmıştır.

### **2.4.2 Yapay Sinir Ağları**

Yapay sinir ağları (YSA), yapay zekanın önemli bir alt dalı olup biyolojik sinir ağlarından esinlenerek tasarlanmış matematiksel model sistemleridir. Bu sistemler, veri analizi, ses tanıma ve örüntü tanıma gibi birçok görevi gerçekleştirmek için kullanılır. YSA, birçok katmandan oluşan düğümlerden (nöronlar) ve bu katmanlar arasındaki bağlantılardan oluşur. Her nöron, girdileri alıp işleyerek bir çıktı oluşturur. Bu çıktının durumuna göre gerekirse bu işlemlerin tekrar edilmesi sağlanır. Yapay sinir ağları genellikle bir öğrenme süreciyle eğitilirler, yani birçok örnek girdi ve çıktı verilerek, ağın parametreleri belirlenir ve istenilen sonuçlar elde edilir (Alşahin, 2015).

Yapay sinir ağları, birçok yapay zeka uygulamasında önemli bir rol oynamaktadır. Oyun stratejileri geliştirme, doğal dil işleme, görüntü tanıma ve ses tanıma gibi birçok alanda kullanılırlar. Derin öğrenme gibi alt dallar, genellikle büyük ölçüde yapay sinir ağlarına dayanır ve bu nedenle yapay zekanın gelişimi için kritik bir rol oynarlar.

### **2.4.3 Derin Öğrenme (Deep Learning)**

Derin öğrenme, yapay sinir ağları benzeri çok katmanlı yapay zeka modelleri kullanarak karmaşık problemleri çözmek için kullanılan makine öğrenimi tekniklerinin bir alt kümesidir. Katmanlardan oluşan bir yapıya sahip olup, her katman kendinden önceki katmandan gelen çıktıyı kendisi için bir girdi kabul ederek değerlendirir (Deng ve Yu, 2013). Doğal dil işleme, ses ve görüntü tanıma, oyun stratejileri ve daha birçok alanda derin öğrenme kullanılır.

Derin öğrenmenin özelliği, çok katmanlı sinir ağlarına dayanmasıdır. Bu ağlar, veriyi daha karmaşık ve hiyerarşik bir şekilde temsil etmeye olanak tanır. Öğrenme süreci, bu katmanlar arasındaki etkileşimlerle gerçekleşir. Alt katmanlar genellikle daha temel ve düşük seviyeli özellikleri öğrenirken, üst katmanlar bu özellikleri birleştirerek daha yüksek seviyeli ve ayırt edici özellikler oluşturur.

Derin öğrenmede kullanılan farklı sinir ağı mimarileri bulunmaktadır. Bu mimariler, çeşitli problemlere ve veri tiplerine uyum sağlamak için farklı özelliklere sahiptir. Her biri belirli bir görevde veya veri türünde daha iyi performans gösterebilir. Bundan dolayı, problem durumuna göre uygun mimariyi seçmek önemlidir.

### **2.4.4 Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing, NLP)**

NLP, insanlara ait dili anlamak, yorumlamak ve üretmek için bilgisayar sistemlerinin kullanıldığı bir alandır. Bu teknikler, konuşma tanıma, metin analizi, dil çevirisi ve duygusal analiz gibi çeşitli uygulamalarda kullanılır. Doğal dil işleme genel olarak doğal dilin, yani insanların doğal olarak kullandığı dilin bilgisayarlar tarafından anlaşılması ve üretilmesiyle ilgilenen bir alandır. Bu alandaki çalışmalar genellikle iki ana kategori altında incelenir (Khurana vd., 2023). Doğal dil oluşturma (natural language generation-NLG), bilgisayarların veri ve bilgiyi anlamlı doğal dil ifadelerine dönüştürme sürecini ele alır. NLG, genellikle belirli bir amaç için kullanılmak üzere tasarlanmış sistemler üzerinde çalışır. Örneğin, NLG sistemleri otomatik makale yazma, raporlama, dil öğrenme yardımcıları ve diğer uygulamalarda kullanılabilir. Bu tür sistemler, genellikle kullanıcıların anlayabileceği bir dille bilgiyi aktarmak için veri, kurallar ve algoritmalar kullanır. Doğal dil anlama (natural language understanding-NLU) ise bilgisayarların insanların kullandığı doğal dildeki girişleri anlamasını sağlayan süreci ele alır. NLU, metin veya konuşma girişlerini analiz ederek anlamlı bilgilere dönüştürme sürecini içerir. Bu, metnin veya konuşmanın anlamını çıkarma,

niyeti anlama, duygusal tonu anlama ve benzeri işlevleri içerir. Örnek uygulamalar arasında dijital asistanlar, metin analizi araçları ve çeviri sistemleri bulunur.

Her iki kategori de, giriş ve çıkış değerlerini içerir. Doğal dil anlama, giriş değerlerini (doğal dildeki metin veya konuşma) anlamaya yönelik çalışırken, doğal dil oluşturma, bilgisayar sisteminin çıkışını (genellikle insanların anlayabileceği bir doğal dil ifadesi) oluşturmaya yönelik çalışır. Bu iki süreç birbirini tamamlayarak, doğal dilin daha iyi işlenmesini sağlar ve birçok uygulama alanında kullanılabilir hale getirir.

## **2.5 Başarı Ölçütleri**

Bir makine öğrenimi veya istatistiksel modelin performansını değerlendirmek için kullanılan başarı ölçütleri, modelin ne kadar etkili çalıştığını anlamak açısından önemli bir araçtır. Bu ölçütler, modelin doğruluğunu, hassasiyetini, geri çağırmasını ve diğer performans metriklerini değerlendirerek modelin güvenilirliğini belirlemeye yardımcı olur (Masetic ve Subasi, 2016). Başarı ölçütleri, farklı türde modeller ve farklı problemler için farklılık gösterebilir ve doğru metriği seçmek, modelin performansını daha doğru ve etkin bir biçimde değerlendirmek için önemlidir. Aşağıda bazı ölçütler ve açıklamaları verilmiştir.

### **2.5.1 Confusion Matrix (Karışıklık Matrisi)**

Sınıflandırma problemlerinde bir modelin performansını analiz etmek amacıyla kullanılmakta olan bir araçtır. Bu matris, bir modelin gerçek sınıf etiketleri ile o modelin tahmin ettiği sınıf etiketlerinin karşılaştırılmasıyla oluşturulur. Tipik olarak, iki sınıflı (binary) bir sınıflandırma durumu için kullanılır, ancak çoklu sınıflar için de genişletilebilir. Bu matris, dört ana terim içerir. Bunlar; True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP) ve False Negative (FN)'dir (Ozcift ve Gulden, 2011). TP, modelin doğru bir şekilde pozitif olarak sınıflandırdığı örneklerin sayısıdır, yani gerçek pozitifleri doğru bir şekilde tanımladığı durumları ifade eder. TN, modelin doğru bir şekilde negatif olarak sınıflandırdığı örneklerin sayısıdır, yani gerçek negatifleri doğru bir şekilde tanımladığı durumları ifade eder. FP, modelin negatif olanları yanlış bir şekilde pozitif olarak sınıflandırdığı durumların sayısıdır; bu tip hatalar tip 1 hata olarak bilinir. FN, modelin pozitif olanları yanlış bir şekilde negatif olarak sınıflandırdığı durumların sayısıdır; bu tip hatalar tip 2 hata olarak bilinir.

## Şekil 15

### Confusion Matrix

		Gerçek Durum	
		Pozitif	Negatif
Tahmini Durum	Pozitif	True Pozitif (TP)	False Pozitif (FP)
	Negatif	True Negatif (TN)	False Negatif (FN)

Confusion matrix, modelin performansını değerlendirmek için kullanılan birçok metrik ve oranı hesaplamak için temel oluşturur (Tablo 4). Bu metrikler arasında doğruluk (accuracy), hassasiyet (precision), duyarlılık (recall), F1 puanı (F1 score) ve sınıflandırma raporu (classification report) gibi değerler bulunur. Bu metrikler, modelin farklı açılardan performansını değerlendirmemize yardımcı olur ve hangi sınıfların daha iyi veya daha kötü tahmin edildiğini anlamamıza yardımcı olur.

**Tablo 4**

### Confusion Matrix Başarı Ölçütleri

Metrik	Formül	Açıklama
Accuracy	$\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$	Modelin doğruluk performansı
Precision	$\frac{TP}{TP+FP}$	Doğru tahminler ile hassasiyet arasındaki ilişki
Recall (Sensitivity)	$\frac{TP}{TP+FN}$	Pozitiflerin gerçek pozitif olma durumu
Specificity	$\frac{TN}{TN+FP}$	Negatiflerin gerçek negatif olma durumu
F-measure	$\frac{2TP}{2TP+FP+FN}$	Precision ile Recall arasındaki dengeyi gösterir

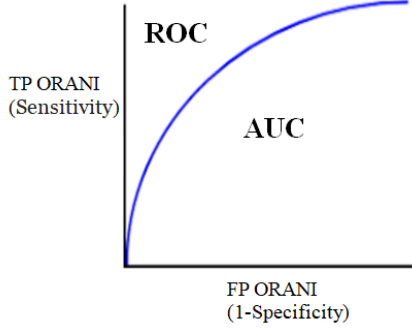
### 2.5.2 AUC-ROC Eğrisi

Sınıflandırma modellerinin başarısını değerlendirmek için kullanılan AUC-ROC eğrisi, modelin doğruluğunu belirlemede önemli bir araçtır. Eğrinin altındaki alan (AUC),

modelin farklı eşik değerlerindeki hassasiyet ve özgüllük performansını gösterir (Kerekes, 2008). AUC değeri 1'e yaklaştıkça, modelin performansı daha iyidir.

### Şekil 16

*AUC-ROC Eğrisi*



### 2.5.3 Ortalama Hata (Mean Absolute Error, MAE) ve Ortalama Kare Hatası (Mean Squared Error, MSE)

Bu ölçütler genellikle regresyon modellerinin performansını değerlendirmek için kullanılmaktadır. MAE, gerçek değerler ile modelin tahmini değerlerinin ortalama olarak nasıl ve hangi oranda bir sapma gösterdiğini ifade ederken, MSE ise bu sapmaların karelerinin ortalamasıdır.

### Tablo 5

*MAE ve MSE Formülleri*

---

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

---

Başarı ölçütleri, modelin performansını objektif bir şekilde değerlendirmek için kullanılan önemli araçlardır. Her bir ölçüt, belirli bir probleme ve modelin hedeflerine bağlı olarak seçilmelidir. Doğru başarı ölçütlerinin seçilmesi, modelin performansının doğru bir şekilde anlaşılmasına ve iyileştirilmesine yardımcı olur.

### 2.6 Sınıflandırma Algoritmaları

Sınıflandırma algoritmaları, verileri belirli sınıflara veya kategorilere ayırmak için kullanılan makine öğrenimi teknikleridir. Bu algoritmalar, veri setindeki özellikleri



kullanarak, yeni örneklerin hangi sınıfa ait olduğunu tahmin eder. Sınıflandırma algoritmaları, veri analizi, spam filtreleme, hastalık teşhisi, duygu analizi gibi birçok alanda kullanılır (Donuk ve Hanbay, 2021). Aşağıda önemli sınıflandırma yöntemlerinden bazıları verilmiştir. Bunun yanında projemizde başarılı sonuçlar veren diğer bazı sınıflandırma yöntemleri de Bölüm 2.9’da açıklanmıştır.

### **2.6.1 Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines, SVM)**

SVM, iki sınıf arasında bir karar sınırı oluşturarak verileri sınıflandırmak için kullanılan güçlü bir sınıflandırma algoritmasıdır. SVM, doğrusal veya non-dogrusal olarak sınıflandırma yapabilir ve aykırı verilere karşı dirençlidir. (Smola ve Scholkopf, 2004).

### **2.6.2 Karar Ağaçları (Decision Trees)**

Karar ağaçları, bir dizi karar düğümünden oluşan bir ağaç yapısı kullanarak verileri sınıflandırmak için kullanılan bir algoritmadır. Karar ağaçları, kolayca yorumlanabilir ve görselleştirilebilir, bu nedenle sınıflandırma problemlerinde popülerdir (Kuhn ve Johnson, 2013).

### **2.6.3 Rastgele Ormanlar (Random Forests)**

Rastgele ormanlar, birden fazla sayıda karar ağacının bir araya gelip sınıflandırma yapmasıyla oluşturulan bir ensemble (kolektif) yöntemidir. Rastgele ormanlar, overfitting (aşırı uyum) hatasına karşı dirençlidir ve genellikle yüksek boyutlu ve gürültülü veri kümelerinde kullanılır (Kuhn ve Johnson, 2013; Navega vd., 2015).

### **2.6.4 K-En Yakın Komşu (k-Nearest Neighbors, k-NN)**

Bu algoritma, yeni bir örneği sınıflandırırken kendisine en yakın k örneği kullanır. Yani, bir örneğin sınıfı, ona en yakın k eğitim örneğinin çoğunluk sınıfına göre belirlenir. k-NN basit ve esnek bir algoritmadır, ancak büyük veri kümelerinde hesaplama maliyeti yüksek olabilir (Mucherino vd., 2009).

### **2.6.5 Lojistik Regresyon (Logistic Regression)**

Lojistik regresyon, istatistiksel bir yöntem olup bir olayın olasılığını tahmin etmek amacıyla kullanılır. Sınıflandırma problemlerinde, lojistik regresyon, giriş özelliklerini kullanarak bir örneğin belirli bir sınıfa ait olma olasılığını tahmin eder (Rasouliyan ve Miller, 2006).

### **2.6.6 BayesNet**

BayesNet, istatistiksel bir modelleme aracı olup, veri analizi ve sınıflandırmada etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Ağ yapısı, olasılık düğümleri ve bağımlılık düğümlerini içerir ve bu düğümler, veri setindeki özelliklerin kombinasyonlarını ve ilişkilerini temsil eder. Genellikle belirli bir sınıfın belirli bir özellik kombinasyonuna ait olma olasılığını tahmin etmek amacıyla kullanılır (Lantz, 2019 ).

Her sınıflandırma algoritması, belirli bir problem türüne ve veri yapısına uygun olabilir. Model seçimi, veri setinin özelliklerine, sınıf dağılımına ve performans gereksinimlerine bağlı olarak yapılmalıdır. Ayrıca, sınıflandırma algoritmalarının parametrelerinin dikkatlice ayarlanması ve modelin performansının düzenli olarak değerlendirilmesi önemlidir.

### **2.7 Sistem için Cihaz Tasarımı ve Yazılım Yazılması**

Veri toplamak için tasarlanan sistemde 5 adet client (istemci) cihaz ve 1 adet server (sunucu) cihaz kullanılmıştır. Server cihazımız bir dizüstü bilgisayara bağlı olup hem client cihazlar arasında iletişimi ve kontrolü sağlamak hem de bunlardan kablosuz olarak aldığı verileri usb port aracılığıyla bilgisayara aktarmaktadır. Bu cihaz sunucu görevini yerine getireceğinden dolayı çekim gücünün daha kuvvetli olması gerekmektedir. Bunu için de bu cihazımızda, client cihazlarda kullanılan antensiz nRF24L01 modülü yerine, antenli modül kullanılmıştır. Bilgisayar kısmında ise serial port (SP) aracılığıyla gelen veriler python programlama yazılımıyla alınmaktadır. Pythonda oluşturulan ara yüz yardımıyla gelen veriler anlık olarak görülebilmekte ve koşma işlemi için belirlenen miktarda istasyonlar arasında koşulduktan sonra veri toplama işleminin bittiği belirtilmektedir. Veri toplam işlemi arayüz ekranından da takip edilebilmekte ve hem istasyonlar arasında geçen süreler hem de toplam süre bu ekran üzerinden görülebilmektedir. Son istasyona gelindiğinde veri alma işlemi durmakta ve veriler arayüzde bulunan kaydet butonu yardımıyla bir veri tabanına kaydedilmektedir. Kayıt işlemi sırasında bu veriler ile birlikte sporcuya ait ad-soyadı, sporcu numarası, yaş, boy, kilo, cinsiyet, deneme numarası ve performans durumu verileri de alınmaktadır.

### 2.7.1 Client Cihazın Tasarlanması

Client cihazları, sporcuların belirli iki veya daha fazla nokta arasını ne kadar sürede koşacaklarını tespit etmek amacıyla tasarlanmıştır. Çalıştırıcı veya sporcunun kendisi tarafından istenen mesafelerde konumlandırılarak, bir client cihazdan, sıralamada bulunan bir sonraki client cihaza kadar geçen süre milisaniye olarak ölçülmekte ve server cihaza iletilmektedir. İlk cihazın tespit ettiği süre ile sonrakinin tespit ettiği sürelerin farkı alınarak anlık iletim işlemi sağlanmaktadır. Cihazların konumları ve sıralaması değiştirilebilmekte ve sporcuların istasyonlar arasındaki sıralamayı ezberleyerek koşmalarının önüne geçilebilmektedir. Bu durum, hem fiziksel olarak cihazların yerlerinin değiştirilebilmesi hem de elektronik ortamda daha önceden oluşturulmuş farklı sıralama kombinasyonlarını kullanarak yapılabilmektedir. Client cihazı için kullanılan malzeme, özellik ve adet bilgileri Tablo 6’da verilmiştir.

**Tablo 6**

*Client Cihazlarında Kullanılan Malzeme Listesi*

S.N.	Malzeme adı	Özellikleri	Adet
1	Arduinu	ATmega328 mikro denetleyicili	1
2	nRF24L01	nRF24L01 antensiz modeli	1
3	Mz-80 engel sensörü	80 cm menzile sahip (E18-D80NK) modeli	1
4	NeoPixel	NeoPixel 12’li halkalı modeli	1
5	Lipo pil	3,7V 1S 950 mAh 30C modeli	1
6	Lipo pil şarj ünitesi	Micro usb girişli Tp4056 1A	1
7	Düğme	Açma-kapatma özellikli basmalı düğme	1
8	Kutu	100*63*50 mm ebatlarında	1
9	Jampur kablo	200 mm’lik jumper kablo	15

## Şekil 17

### *Client Cihazlar ile İlgili Görseller*



### **2.7.2 Client Cihazın Programlanması**

Client cihazlar genel olarak kendi içerisinde bulunan sensörleri kontrol etmek suretiyle, server cihaz ile veri alış verişinde bulunur. Bunu yaparken de öncelikle sensörlerden gelen verileri server arduinoya ileterek veya kendi içerisinde değerlendirerek yapmaktadır. Client cihaz için yazılan yazılım engel sensöründen gelen veriyi sürekli olarak değerlendirmekte ve bu veriye göre neopixele sinyal göndererek yanmasını veya sönmesini sağlamaktadır. Sporcunun engel sensörünü uyarmasıyla yani elini yaklaştırmasıyla sensör ledi söndürmek amacıyla arduinoya uyarı göndermektedir. Arduino hem ledi söndürmekte hem de söndürme uyarısını server arduinoya göndermektedir. Server arduino uyarının hangi clientten geldiğini belirlemekte ve sıralamada hangi istasyon varsa onu yakmak amacıyla ilgili cihaza yanma sinyali göndermektedir. Client cihaz da server cihazdan gelen veriye göre lede enerji vermekte ve engel sensöründen gelecek olan uyarıyı beklemektedir. Bu döngü kombinasyonda belirlenen son istasyona kadar devam etmekte ve son istasyon ile birlikte server arduino gelen son uyarı ile birlikte bütün clientleri söndürmektedir.

### **2.7.3 Server Cihazın Tasarlanması**

Server cihaz, client cihazları kontrol etmek ve veri alış verişi yapmak amacıyla tasarlanmıştır. Clientlerin çalışıp çalışmadığını kontrol etmek amacıyla sinyal göndermek, clientlerin belirlenen sıralama göre çalışmasını sağlamak, clientlerin engel sensörleri aracılığıyla gelen verileri kontrol ederek onların ne kadar süre içerisinde

söndürüldüklerini tespit etmek ve bunları serial port yardımıyla bilgisayara göndermek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca python ile yazılan ara yüz sayesinde bilgisayarın client cihazlar ile iletişimini sağladığından dolayı çift taraflı bir iletişim sağlamaktadır. Yani hem client cihazlar hem de bilgisayardaki kontrol yazılımı ile devamlı iletişim halinde olup bunlar arasında bir köprü görevi görmektedir. Server cihazında kullanılan malzemeler aşağıdaki Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 7**

*Server Cihazında Kullanılan Malzeme Listesi*

S.N.	Malzeme adı	Özellikleri	Adet
1	Arduino	ATmega328 mikro denetleyicili Arduino Uno	1
2	nRF24L01	nRF24L01 antenli modeli	1
3	Mz-80 engel	80 cm menzile sahip (E18-D80NK) modeli	1
4	Kutu	100*63*50 mm ebatlarında	1
5	Jampur kablo	200 mm’lik jumper kablo	10

**Şekil 18**

*Server Cihaz ile İlgili Görseller*



#### **2.7.4 Server Cihazın Programlanması**

Server cihazının amacı, client cihazlar ve bilgisayar arasında köprü görevi sağlamaktır. Sistem ara yüzünden verilen komutlar serial port yardımıyla yani kablolu olarak server arduinoya iletilmektedir. Server arduino ise kablosuz iletişim teknolojisi olan nrf yardımıyla bu komutları client cihazlara iletmektedir. Aynı şekilde client cihazlardan gelen veriler de yine server cihazda değerlendirilmekte ve daha sonra bilgisayara

gönderilmektedir. Bu cihaz, özellikle clientler arasındaki veri trafiğini takip etmesi açısından önemli bir yere sahiptir. Gelen her verinin hangi cliente ait olduğunu ve daha öncesinde kaç kez yandığını tespit ederek sıralamanın bozulmaması için bir sayaç kullanır. Clientlerden gelen her veri için, ilgili cliente ait sayacı artırarak clientlerin doğru bir sırada yanmasını veya söndürülmesini sağlamaktadır.

### 2.7.5 Bilgisayar Üzerinden Sistemin Kontrol Edilmesi için Yazılımın Yazılması

Server cihazından gelen verileri alarak ekrana yazdırmak, sonrasında bir veri tabanında kayıt altına tutmak ve server cihaza komut göndermek amacıyla python programlama dili yardımıyla bir kontrol arayüzü hazırlanmıştır. Pythonun tkinter kütüphanesi yardımıyla oluşturulan arayüz sayesinde sporcu bilgileri girilmekte, gelen veriler anlık olarak görülebilmekte ve ekran üzerinde oluşturulmuş olan sıralamalar client cihazlara gönderilmek üzere server cihaza iletilmektedir. Clientlerden gelen veriler bu ara yüz üzerinden veri tabanına kaydedilmektedir. Şekil 19’da sistemin kontrol edilmesi için pythonun tkinter kütüphanesi ile oluşturulmuş ara yüz görülmektedir.

### Şekil 19

#### Sistem Kontrol Ara Yüzü Görünümü

YÜZ TANIMA İLE YOKLAMA SİSTEMİ

**PERFORMANS DEĞERLENDİRME SİSTEMİ** Kapat

**SPORCU BİLGİLERİNİ GİRİNİZ**

Ad Soyad: Berat ZENCİR Sporcu No: 63 Kilo: 50.25 Boy: 147 Cinsiyet: K Deneme No: 1 Performans: N

Bir sıralama seçin: 5-1-5-3-5-2-5-1-5-4-5-2-5-3-5-4-5-1-5-2-5-4-5-1-5-3 Gönder

Kaydet Grafik

DURUM: Okunan Değer Yok...

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

**SKOR (MİLİSANİYE)**

**000000**

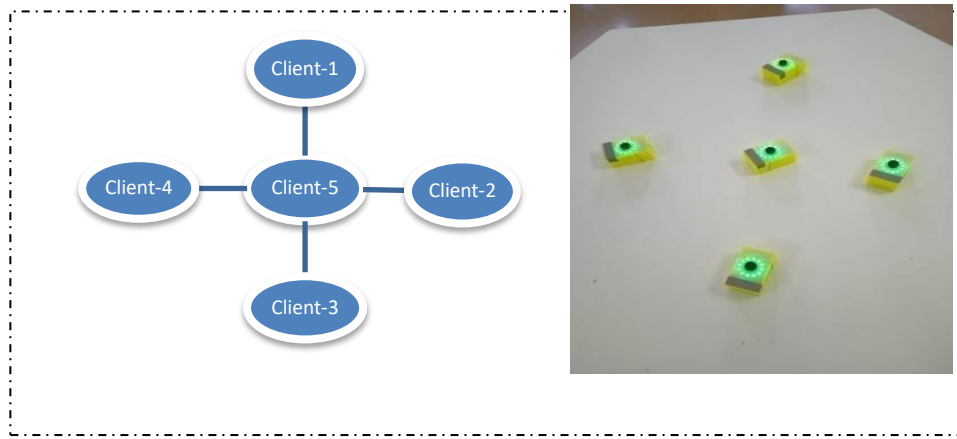
### 2.8 Verilerin Toplanması

Veri toplama işlemi tasarlanan 5 adet client cihaz, 1 adet server cihaz, bir adet bilgisayar ile cihazlar ve bilgisayar arasındaki veri iletişimini sağlayan bir yazılım yardımıyla yapılmaktadır. Cihazlar konumlandırılırken yapılması gereken en önemli konu birbirlerine eşit mesafede olmaları ve her sporcu için eşit şartlara sahip olacak şekilde

performanslarını ölçmek ve sağlıklı veri toplamayı mümkün hale getirmektir. Bundan dolayı yapılacak konumlandırmanın, cihazların yeri veya sıralaması değişse bile her sporcunun eşit mesafeleri koşmalarını ve eşit miktarda istasyona uğramalarını sağlayacak biçimde tasarlanması gerekmektedir. Uygun bir tasarım sağlamak için orta noktaya bir client cihazı ve etrafına da 5 metre uzaklıkta olacak şekilde 4 adet client cihaz konumlandırılmıştır (Şekil 20). Ortada bulunan client cihazdan başlayarak diğer 4 cihazdan birinin yanması sağlanmış ve her köşe clientten sonra orta da bulunan client cihazın yanması sağlanarak, sporcuların hem eşit mesafelerde hem de farklı yön ve kombinasyonlarda koşmaları sağlanmıştır. Cihazların yanma sırası veya cihazların konumları değişse bile her sporcu eşit şartlarda değerlendirilmiş olacaktır.

### Şekil 20

*Örnek Bir Client Cihaz Konumlandırması*



### Şekil 21

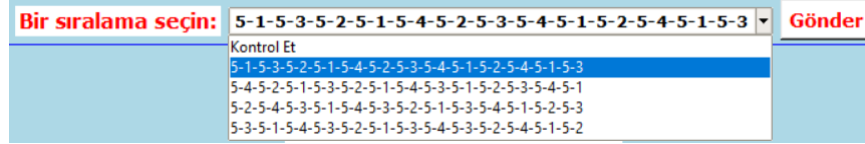
*Tasarlanan Cihazın Uygulanması*



Aşağıda sistemin arayüzünde oluşturulmuş ve cihazların farklı yanma kombinasyonlarına ait bölüm gösterilmiştir (Şekil 22). Her sporcu için veya aynı sporcunun farklı denemeleri için farklı bir kombinasyon seçilerek sporcuların yanacak olan cihazları ezberlemelerinin önüne geçilebilmektedir.

## Şekil 22

### Client Cihazların Farklı Kombinasyonları



<b>Bir sıralama seçin:</b>	5-1-5-3-5-2-5-1-5-4-5-2-5-3-5-4-5-1-5-2-5-4-5-1-5-3	<b>Gönder</b>
Kontrol Et		
5-1-5-3-5-2-5-1-5-4-5-2-5-3-5-4-5-1-5-2-5-4-5-1-5-3		
5-4-5-2-5-1-5-3-5-2-5-1-5-4-5-3-5-1-5-2-5-3-5-4-5-1		
5-2-5-4-5-3-5-1-5-4-5-3-5-2-5-1-5-3-5-4-5-1-5-2-5-3		
5-3-5-1-5-4-5-3-5-2-5-1-5-3-5-4-5-3-5-2-5-4-5-1-5-2		

Veri toplama işlemi için tasarlanan cihaz 11-12 yaş aralığında öğrenciler üzerinde uygulanmıştır. 18 tane öğrenciye uygulanan cihaz yardımıyla doğru veri elde etmek amacıyla farklı günlerde veya 4 saat aralıklarla olmak üzere aynı günde koşmaları sağlanmıştır. Beden eğitimi öğretmeni ile beraber yapılan çalışmalarda öğrencilerin sırayla koşmaları ve her koşu sonucunda değerlendirilmeleri sağlanmıştır. Belirli saat veya günlerde yapılan koşu çalışmalarında her öğrencinin toplam 20 defa koşmaları sağlanmış ve bunlar deneme numarası olarak kaydedilmiştir. Her deneme sırasında öğrencinin performansı beden eğitimi öğretmeni tarafından da hızlı (H), normal (N) ve yavaş (Y) olarak etiketlenmiştir. Öğrencinin yapmış olduğu her deneme sırasında, ad-soyad, sporcu numarası, yaş, boy, kilo, cinsiyet, deneme numarası ve iki cihaz arasında koştuğu süre bilgilerinin ekrana yazdırılması sağlanmıştır (Şekil 23). Koşu bittiğinde ise bu veriler beden eğitimi öğretmenin vermiş olduğu etiket de eklenerek bir veri tabanına kaydedilmiştir.

## Şekil 23

### Performans Sonrası Veri Kayıt Ekranı



<b>PERFORMANS DEĞERLENDİRME SİSTEMİ</b>							Kapat
<b>SPORCU BİLGİLERİNİ GİRİNİZ</b>							
Ad Soyad:	Sporcu No:	Kilo:	Boy:	Cinsiyet:	Deneme No:	Performans:	
Berat ZENCİR	63	50.25	147	K	1	N	
Bir sıralama seçin: 5-1-5-3-5-2-5-1-5-4-5-2-5-3-5-4-5-1-5-2-5-4-5-1-5-3							
Gönder							
Kaydet							
Grafik							



Her koşu sırasında öğrencinin 5 cihaz arasında koşarak toplamda 25 cihazı söndürmesi sağlanmıştır. Her öğrenci 20 deneme yapmış ve toplamda Tablo 8’de belirtildiği üzere 9000 veri elde edilmiştir.

**Tablo 8**

*Veri Toplama Çizelgesi*

<b>Bir Öğrenciden Elde Edilen Veriler</b>			
Öğrenci sayısı	Deneme sayısı	Bir denemede söndürülen cihaz sayısı	Veri sayısı
1	20	25	500
<b>Toplam Veri</b>			
Öğrenci sayısı	Deneme sayısı	Toplam söndürülen cihaz sayısı	Veri sayısı
18 Öğrenci	360	9000	9000

Öğrencilerin yaş ve cinsiyet dağılımı Tablo 9’da, boy ve kilo dağılımı ise Tablo 10’da verilmiştir.

**Tablo 9**

*Öğrencilerin Yaş ve Cinsiyet Dağılımı (18 Öğrenci)*

Özellik	Grup	%
Cinsiyet	Kız	33.3
	Erkek	66.6
Yaş	11	66.6
	12	33.3

**Tablo 10**

*Öğrencilerin Boy ve Kilo Dağılımı (18 Öğrenci)*

	En düşük	Ortalama	En yüksek
Kilo (kg)	34	43	55
Boy (cm)	137	149	155

## 2.9 Verilerin Analiz Edilmesi

Verilerin doğru yöntemler kullanılarak elde edilip kayıt altına alındıktan sonra bu verilerin kullanım amacına uygun olarak analiz edilerek değerlendirilmesi de önemlidir. Bunun için de veri yapısına göre uygun analiz yöntemlerini kullanılması gerekmektedir. Veri analiz aşamasına geçilmeden önce, veri önışleme olarak da bilinen verilerin analiz

edilebilir duruma getirilmesi gerekmektedir. Farklı program veya yöntemler kullanılarak yapılan bu aşamada verilerin daha doğru ve anlaşılır sonuçlar vermesi sağlanmaktadır. Veri ön işleme aşamasında karmaşık olan bir veri tipi daha sade hale getirilebilmekte, çok sayıda ve benzer verilerin birleştirilerek veya ayrıştırılarak daha doğru sonuçlar almak amacıyla değerlendirilmeleri sağlanmaktadır.

Veriler gerekli ön işleme aşamalarından geçirildikten sonra yine uygun bir veri analiz yöntemi ile analiz edilmelidir. Analiz edilecek veri türüne göre kullanılmakta olan birçok yöntem bulunmaktadır. Weka, günümüzde veri madenciliği için kullanılmakta olan önemli bir programdır. Weka'da sınıflandırma, kümeleme ve birliktelik analizi işlemlerini yapabilen birçok algoritmaya sahip yöntem bulunmaktadır. Veriler yapısına göre birden çok yöntem ile analiz edilerek en yüksek başarı oranı elde edilebilmektedir. Aşağıda Wekada kullanılan ve çalışmamızda da en başarılı sonuçları veren bazı sınıflandırma yöntemleri (algoritmaları) ve analiz şekilleri verilmiştir.

### **2.9.1 Naive Bayes**

İstatistiksel sınıflandırma ve veri madenciliği alanlarında çok sık kullanılan bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Bu algoritma, özellikler arasındaki bağımsızlık varsayımını yapar. Yani bir sınıfı belirlemek için kullanılan özelliklerin birbirine bağlı olmadığını varsayar. Bu varsayım, pratikte gerçek dünyadaki durumları tam olarak yansıtmayabilir, ancak algoritmanın basit ve etkili olmasına olanak tanır (Lantz, 2019). Naive Bayes sınıflandırma algoritması genellikle metin madenciliği, spam filtreleme, duygu analizi ve medikal teşhis gibi uygulamalarda kullanılır. Algoritma, eğitim verilerine dayanarak sınıflandırma modelini oluşturur ve daha sonra yeni örnekleri bu modeli kullanarak sınıflandırır.

### **2.9.2 IBk (Instance-Based k-Nearest Neighbors)**

Bu algoritma, makine öğrenimi ve veri madenciliğinde özellikle sınıflandırma ve regresyon problemlerini çözme amacıyla kullanılan bir algoritmadır. Kısaca, bir örneğin sınıfını belirlemek veya tahminde bulunmak amacıyla çevresindeki k en yakın komşusunun sınıf veya değerine bakma kuralına dayanır. Sınıflandırma veya regresyon yapmak için bir örnek geldiğinde, otomatik veya elle girilen k değerine göre bu örnek ile diğer tüm eğitim örnekleri arasındaki uzaklıklar hesaplanır. Hesaplanan uzaklık genellikle Euclidean uzaklığı veya benzer bir metrik kullanılarak ölçülür. Bu ölçümler

sonucunda sınıflandırma durumu için, seçilen k komşunun sınıfları arasında çoğunluk sınıf belirlenir ve test örneği bu sınıfa atanır. Regresyon durumu için ise, seçilen k komşunun değerlerinin ortalaması alınarak test örneğinin tahmini değeri elde edilir (Kaladhar, 2013).

### ***2.9.3 Multilayer Perceptron (MLP)***

MLP, yapay sinir ağları (YSA) sınıfında yer alan bir türdür. Yapay sinir ağları, temel olarak canlı sinir sistemlerini taklit eden ve bilgi işleme görevleri için kullanılan matematiksel modellerdir. MLP’de, giriş, gizli ve çıkış katmanları olmak üzere en az üç tane katman vardır. Ağın karmaşıklığı nöron sayısı ve gizli katman sayısına göre değişir. MLP’ler, karmaşık ve non-lineer ilişkileri öğrenebilme yeteneği ile öne çıkarlar ve çok farklı uygulama alanlarında kullanılır (Keskenler vd., 2017). Özellikle sınıflandırma ve regresyon problemleri için kullanılırlar. Derin öğrenme alanında çok büyük ve karmaşık yapıları temsil etmek adına kullanılan çok katmanlı yapılardan biridir.

### ***2.9.4 MultiClassClassifier***

Çok sınıflı sınıflandırma (multi-class classification) anlamına gelen bu yöntem, bir modelin birden fazla sınıf arasında sınıflandırma yapma yeteneğini ifade eder. Genel olarak, çok sınıflı sınıflandırma, bir veri noktasını birden çok kategoriye atamak amacıyla kullanılan bir makine öğrenimi görevidir. Bu görevde, genellikle bir giriş örneği, birden çok sınıf arasından en uygun olanını veya olasılık dağılımını belirlemek için bir model tarafından değerlendirilir. Multiclass sınıflandırma için kullanılan birçok farklı algoritma vardır. Bu algoritmalar, her bir sınıf için olasılık tahminleri oluşturarak veya sınıflar arasındaki sınırı tanımlayarak çalışır (Kim vd., 2012). Multiclass sınıflandırma problemleri, gerçek dünyada yaygın olarak karşımıza çıkar. Örneğin, resimleri kategorilere ayırmak, metni etiketlemek, e-postaları spam olarak sınıflandırmak veya hastalıkları teşhis etmek için multiclass sınıflandırma kullanılabilir.

### ***2.9.5 JRip***

JRip (J48Rules) veri madenciliği ve makine öğreniminde sıklıkla kullanılan bir sınıflandırma algoritmasıdır. Bu algoritma, C4.5 karar ağacı algoritmasının bir uyarlamasıdır. JRip, özellikle kurallar halinde sunulan bir sınıflandırma modeli üretir ve

sınıflandırma görevlerinde kullanılır. JRip, özellikle açıklayıcı bir model elde etmek istendiğinde tercih edilir. Kuralların insan tarafından anlaşılabilir olması, modelin yorumlanabilirliğini artırır. Ayrıca, JRip'in C4.5'e göre daha basit ve sıkıştırılmış kurallar üretme eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu algoritma, sınıflandırma görevlerinde kullanıldığı gibi, kuralların müşteri segmentasyonu, hedef pazar belirleme ve risk analizi gibi alanlarda da sıklıkla kullanılmaktadır (Cohen, 1995).

### **2.9.6 LMT**

Logit Model Tree, makine öğrenimi ve istatistiksel sınıflandırmada kullanılan bir multiclass sınıflandırma algoritmasıdır. LMT, lojistik regresyon ve karar ağaçları olmak üzere iki farklı algoritmanın özelliklerini birleştirir. Sınıfların her biri için ayrı bir lojistik regresyon modeli oluşturur. Bu modeller, örnekteki özelliklerin her birinin, sınıfa ait olma olasılığını nasıl etkilediğini tahmin eder. LMT algoritması, bu modelleri birleştirmek için karar ağaçları kullanır (Provost vd., 2003). Olumlu yönleri, karmaşık problemleri çözme ve sınıflandırma doğruluğu açısından iyi sonuçlar vermesidir. Olumsuz yönü ise karmaşık bir algoritma olması ve çok fazla veriye ihtiyaç duymasındır.

## BÖLÜM 3. BULGULAR

Tablo 11’de Weka programı ile yapılan 32 adet sınıflandırmaya ait sonuçlar verilmiştir.

**Tablo 11**

*Veri Analiz Sonuçları*

S.N.	Sınıflandırma Tipi	Doğruluk	Precision	Recall	F-Measure
1	BayesNet	88.6111	0,902	0,886	0,887
2	NaiveBayes	90.8333	0,925	0,908	0,909
3	NaiveBayesUpdateable	90.8333	0,925	0,908	0,909
4	Logistic	90	0,901	0,900	0,900
5	MultilayerPerceptron	95.8333	0,959	0,958	0,958
6	SimpleLogistic	93.6111	0,938	0,936	0,937
7	SMO	95.5556	0,957	0,956	0,956
8	IBk	86.3889	0,877	0,864	0,865
9	KStar	81.3889	0,840	0,814	0,814
10	LWL	73.6111	0,762	0,736	0,741
11	IterativeClassifierOptimizer	87.2222	0,874	0,873	0,872
12	AdaBoostM1	73.0556	0,760	0,731	0,733
13	AttributeSelectedClassifier	81.9444	0,819	0,819	0,819
14	Bagging	81.6667	0,821	0,817	0,818
15	ClassificationViaRegression	85.5556	0,858	0,856	0,856
16	FilteredClassifier	79.4444	0,794	0,794	0,794
17	LogitBoost	86.9444	0,872	0,869	0,870
18	MultiClassClassifier	90.2778	0,903	0,903	0,902
19	MultiClassClassifierUpdateable	88.8889	0,902	0,889	0,889
20	RandomCommittee	86.9444	0,871	0,869	0,870
21	RandomizableFilteredClassifier	79.7222	0,804	0,797	0,798
22	RandomSubSpace	85.8333	0,863	0,858	0,859
23	DecisionTable	80	0,811	0,800	0,801
24	JRip	82.5	0,824	0,825	0,824
25	OneR	68.3333	0,695	0,683	0,683
26	PART	81.6667	0,817	0,817	0,817
27	HoeffdingTree	91.1111	0,926	0,911	0,912
28	J48	82.7778	0,828	0,828	0,828
29	LMT	93.6111	0,938	0,936	0,937
30	RandomForest	91.6667	0,921	0,917	0,917
31	RandomTree	76.6667	0,768	0,767	0,767
32	REPTree	75.5556	0,765	0,756	0,758

Öğrencilere uygulanan 360 deneme sonucunda toplam 9000 veri elde edilmiş ve bunlar öğrencilere ait yaş, boy, kilo ve cinsiyet, deneme numarası ve tarih bilgisi de eklenerek kayıt altına alınmıştır. Daha sonra performans belirlemede gerekli olan verilerin neler olduğu belirlenmiş ve veri ön işleme yöntemi ile ayıklama işlemleri yapılmıştır. Tarih ve deneme numarası analiz edilmeyeceği için çıkarılmıştır. Yaş verisi ise öğrenciler aynı yaş aralığında olduğu için değerlendirme dışı bırakılmıştır. Son olarak veri ön işleme ile boy, kilo, cinsiyet ve 25 adet denemeye ait veriler sütun haline dönüştürülmüş ve analiz edilmek için Weka programına uygun formata dönüştürülmüştür. Veriler Weka programı yardımıyla verilerimizin özelliklerine uygun olan 32 adet farklı sınıflandırma yöntemi ile analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 11’de sunulmuştur.

Tablo 11’de görüldü gibi yapılan analizlerde en iyi sonuç Functions Classifier’a ait olan MultilayerPerceptron sınıflandırma yöntemi ile elde edilmiştir. Bu yöntem ile yapılan sınıflandırmada %95.8333’lük başarı oranı elde edilmiştir (Tablo 12).

**Tablo 12**

*En Başarılı Sınıflandırma Algoritması ve Değerleri*

<b>Sınıflandırma Tipi</b>	<b>Doğruluk</b>	<b>Precision</b>	<b>Recall</b>	<b>F-Measure</b>
MultilayerPerceptron	95.8333	0,959	0,958	0,958

Çalışmamızda denetimli makine öğrenmesi olarak bilinen, verilerin etiketlenerek sınıflandırılması yöntemi kullanılmıştır. MultilayerPerceptron sınıflandırma algoritması kullanılarak yapılan sınıflandırmaya ait Confusion Matrix (Karışıklık Matrisi) değerleri Tablo 13’te verilmiştir. Bu tabloda, H (hızlı), N (normal) ve Y (yavaş) etiketi verilen verilerin doğru ve yanlış olarak sınıflandırılma sayıları ve başarı oranları verilmiştir. Bu durumda; birinci sınıf olan H sınıfına ait olması gereken 113 veriden 110 tanesi H sınıfına, 3 tanesi N sınıfına ait olarak tahmin edilmiştir. İkinci sınıf olan N sınıfına ait olması gereken 132 veriden 125 tanesi N sınıfına, bir tanesi H sınıfına ve 6 tanesi de Y sınıfına ait olarak tahmin edilmiştir. Üçüncü sınıf olan Y sınıfına ait olması gereken 115 adet veriden 110 tanesi Y sınıfına, 5 tanesi N sınıfına ait olarak tahmin edilmiştir.

**Tablo 13***Confusion Matrix (Karışıklık Matrisi)*

		Gerçek Etiket			Toplam Tahmin
		H	N	Y	
Tahmin Edilen Etiket	H	110 30,56%	3 0,83%	0 0,00%	113 31,39%
	N	1 0,28%	125 34,72%	6 1,67%	132 36,67%
	Y	0 0%	5 1,39%	110 30,56%	115 31,94%
Toplam Gerçek		111 30,83%	133 36,94%	116 32,22%	360 100%

Elde edilen bu bulgular tasarlanan cihazın sporcuların hız, çeviklik, dikkat gibi performans belirleyici özelliklerini ölçebildiğini ve farklı performansa sahip sporcuları ayırt edebildiğini göstermektedir. Çalışmalar sırasında elde edilen sayısal verilerin, sporcuların yaş, boy, kilo ve cinsiyetleri ile orantılı olduğu ve bu özelliklerden etkilendiği görülmektedir. Cihazın sporculara uygulanması sırasında, anlık performans değerlendirici olarak görüş bildiren uzman kişi ile cihaz tarafında elde edilen sayısal veriler arasında tutarlılık olduğu görülmüştür. Yapay zeka tabanlı algoritmalar ile yapılan değerlendirmeler sonucunda makine öğrenmesinin veri sayısı arttıkça daha doğru tahminlerde bulunduğu görülmüştür. Elde edilecek veri türüne bağlı olmakla birlikte bu çalışmada en iyi doğru tahmin 9000 veri ile sağlanmıştır.

Tasarlanan cihaz yardımıyla performans yönetimi konusunda yapay zeka tabanlı modeller oluşturmanın yanında, gerekli durumlarda anlık veriler üzerinden sporcuların performans kriterlerinin değerlendirilmesi veya elde edilen bu verilerin uzun vadede sporcuların gelişim seviyelerini izlemek için kayıt altına alınmaları sağlanmıştır. Bu veriler kullanılarak farklı yaş aralığı, cinsiyet, boy, kilo özellikleri ile ilgili yönetim modelleri oluşturmak mümkündür. Farklı spor, eğitim ve sağlık alanlarında standardizasyonu sağlayacak bir modeller grubu oluşturularak önemli bir performans yönetim sistemi oluşturmak mümkün hale gelmektedir.

Elde edilen verilerin öğrenilebilir olması cihazın verileri doğru bir şekilde elde ettiğini ve dolayısıyla yöntemin verimliliği hakkında bize bilgi vermektedir. Girdi olarak alınan

verilerin makine öğrenmesi ile eğitilmeleri sonucu öğrenilen verilerin yüksek oranlarda doğru etiket ile sınıflandırılmaları, kullanılan yöntemin güvenilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Sayısal verilerin boy, kilo ve cinsiyet ile ilişkili olarak sınıflandırılması da performans değerlerinin bu özelliklere paralellik gösterdiğini ve kullanılan yöntemin bu özelliklerin performansına olan etkisini doğru bir şekilde ölçtüğünü açıklamaktadır. Etkili bir yöntem için en önemli kriterlerden biri olan doğru ve güvenilir veriler elde edilerek, verilerin daha kolay öğrenilmesi sağlanmıştır. Bu durum modelin doğruluk oranını arttırmış ve çalışmanın güvenilir bir şekilde uygulanabilir olduğunu da göstermiştir.

Ayrıca toplanan veriler ile model oluşturmanın yanında bu verileri kullanarak basit istatistiksel grafikler oluşturmak da mümkündür. Bunun için verilerin analizi veya görselleştirilmesi için kullanılmakta olan bir çok yapay zeka tabanlı yöntem bulunmaktadır. Weka, içerdiği birçok yapay zeka tabanlı analiz yöntemleri ile öne çıkan bir programdır. Ayrıca veriler, veri ön işleme aşamalarından geçirildikten sonra python ve matlab gibi bazı programların gelişmiş veri görselleştirme özellikleri kullanılarak verilerin anlaşılabilirliği artırılabilir.

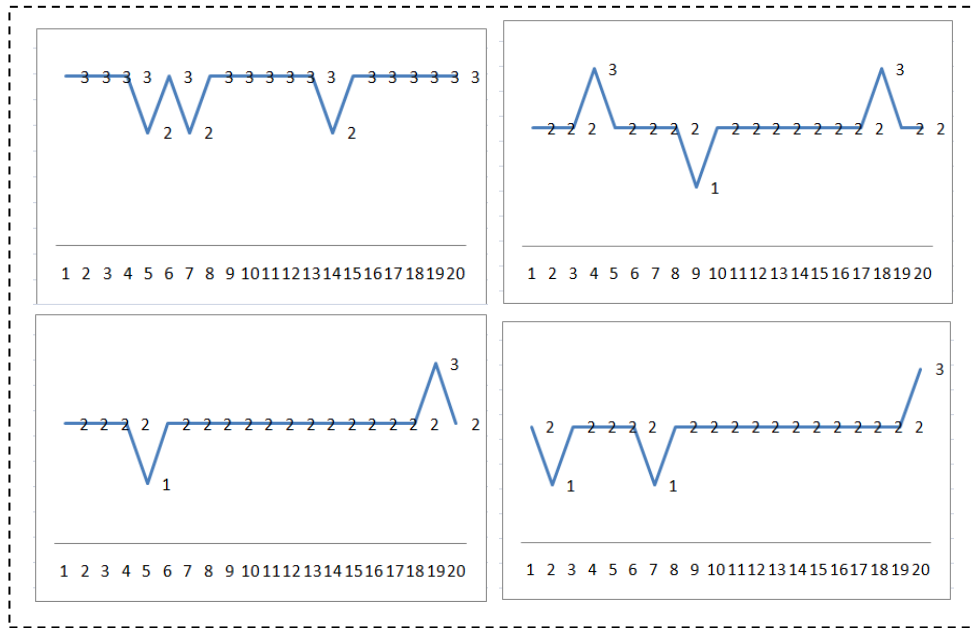
Yapay zeka tabanlı oluşturulan modelin güvenilirliğini etkileyen etmenlerden biri de öğrenci performanslarının model oluşturma sırasında değişkenlik gösterme durumudur. Başka bir deyişle model oluşturma sürecinde sporcuların performanslarının artarak veya azalarak modelin belirleyicilik özelliğinin azalmasıdır. Çevikliğin sporcularda performans belirlemede önemli bir kriter olduğu konusunda ortak bir görüş bulunmakla birlikte çevikliğin tanımı ve bir özelliğin çeviklik olarak kabul edilip edilmemesi ile ilgili farklı çalışmalar ve sınıflandırmalar yapılmıştır (Sheppard ve Young, 2006; Turner 2011). Çevikliğin, düzenli ve ilerleyici egzersiz eğitimleriyle geliştirilebilen ve öğrenilebilen bir motor yetenek olduğu, literatürde yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır. (Çömük ve Erden, 2010; Homberg, 2009). Çevikliğin zaman içerisinde geliştirilebilir bir performans kriteri olduğu konusunda da bazı çalışmalarda yapılmıştır. Bu çalışmalardan birinde emniyet teşkilatında görevli polis memurlarına özel antrenmanlar uygulanmış ve 8 hafta sonucunda fiziksel gelişim, yön değiştirme ve çeviklik özelliklerinde anlamlı değişiklikler olduğu tespit edilmiştir (Esmer, 2020). Diğer bir çalışmada da sporcuların dayanıklılık, güç, hız, çeviklik ve esneklik gibi motor yeteneklerinin, spesifik antrenman ve çalışmalarla geliştirilebildiği sonucuna varılmıştır (Kızılet vd. 2010).



Yapılan çalışmalara bakıldığında çevikliğin geliştirilebilir bir özellik olduğu ve bunun için düzenli antrenman programları ve belirli bir süre dahilinde geliştirilebileceği anlaşılmaktadır. Çalışmamızda kullanılan yöntem ve elde edilen modelin, çevikliğin bahsedilen değişimlerinden etkilenip etkilenmediği konusunda öğrencilerin yapmış olduğu deneme sayılarındaki performans değişimleri incelenmiştir. 18 öğrenciye ait performans değişimleri incelenmiş olup Şekil 24'te dört öğrenciye ait performans değişim durumlarında görüldüğü üzere öğrencilerin performans gelişimlerinde anlamlı bir değişim görülmemiştir. Bunun sebebi olarak çalışmaların 4 hafta gibi kısa bir sürede tamamlanması gösterilebilir. Bununla birlikte daha uzun süreçlerde öğrencilerin daha iyi seviyelere gelmesi mümkündür. Ayrıca öğrencinin kişisel, duygusal ve bazı özel durumlara göre performans seviyelerinde bazı geçici değişikliklerin olması da normal karşılanabilir bir durumdur.

#### Şekil 24

*Öğrencilerin Test Esnasındaki Performans Seviyeleri (4 Öğrenci için)*



Öğrencilerin göstermiş olduğu yavaş, normal ve hızlı gibi performans seviyeleri sırasıyla 1,2,3 olarak kodlanmıştır. Her öğrenci için yapılan 20 adet deneme sonucunda bazı öğrencilerin iki, bazı öğrencilerin de üç denemede farklı performans gösterdikleri görülmektedir. Her öğrenci beklediği üzere kendine en yakın seviyelerde bu farklı performansı göstermiştir. Yani yavaş olan öğrencinin bazen normal, normal olan öğrencinin bazen yavaş veya hızlı, hızlı olan öğrencinin de bazen normal seviyesinde

performans gösterdiği görülmektedir. Öğrencilerin antrenman durumları, sosyal ve fiziksel imkanları göz önünde bulundurulduğunda bu performans değişimlerinin normal karşılanması gerektiği düşünülmektedir.

## TARTIŞMA

Teknoloji ve teknolojik cihazların gelişmesi ile beraber sensör tabanlı akıllı cihazların sayısı ve bilimsel çalışmalarda kullanımları da giderek artmaktadır. Cep telefonlarından ayakkabılara kadar hemen hemen her materyalden artık sensörler yardımıyla veri almak ve bunları farklı amaçlar doğrultusunda kullanmak mümkün hale gelmiştir (Kuvancı vd., 2021; Tire, 2021). Nesnelerin interneti ve giyilebilir teknoloji kavramları ile hayatımıza giren sensör benzeri teknolojiler, veri alma ve gönderme konusunda insan hayatını kolaylaştıran önemli bir yere sahip olmuştur. Sporcular ve spor dünyası da bu gelişmelerden etkilenmiş ve bu teknolojiler antrenman ve müsabakalarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan bazıları sporcu performansının izlenmesi ve değerlendirilmesi şeklinde olurken bazıları da spor müsabakalarının sonuçlarının tahmin edilmesi şeklinde olmuştur.

Çalışmamızın bu bölümünde literatürde sporcuların performansını ölçmek için yapılan çalışmalar ve bizim çalışmamızın bunlardan farkları ele alınacaktır. Özellikle çalışmamızın, maliyet, kullanılan teknolojik cihazlar, veri toplama yöntemi, verilerin kayıt altına alınma biçimi ve kullanılan analiz yöntemleri gibi özelliklerinin diğer uygulamalardan farklı yönleri üzerinde durulacaktır. Bu anlamda, çalışmamız ile benzerlik gösteren bazı çalışmalar; telefon uygulamaları, giyilebilir cihazlar, özgün tasarım cihazlar, piyasada hazır paket olarak satılan taşınabilir performans ölçme cihazları ve özel tasarlanmış performans ölçme kortları olarak farklı kategorilerde ele alınarak incelenecek ve farklı yönleri belirtilecektir.

Sporcuların performanslarını ölçmek amacıyla MyJump (Driller vd., 2017; Yingling vd., 2018), MyJump 2 (Haynes vd., 2019; Haynes vd., 2019), Fitness Meter (Kuvancı vd., 2021), COD Timer (Balsalobre-Fernandez vd., 2019), Lap Tracker Auto-timer (Escobar-Alvarez vd., 2020) gibi telefon uygulamaları kullanılarak birçok çalışma yapılmıştır. Bu uygulamalar, telefonların içerisinde bulunan sensörleri ve gelişmiş kamera ve yazılım özelliklerini kullanarak dikey sıçrama, atlama, sabit sıçrama, uçuş süresi, çeviklik, ortalama hız, kas dayanıklılığı, kişi ve yürüyüş bozukluğu tespiti, hareket tespiti gibi birçok özelliği ölçmek için kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, söz konusu uygulamalar belirli özellikleri ölçme konusunda faydalı olsa da ölçülebilecek özellikler, telefonun ve yazılımın teknik özellikleri ile sınırlı kalmaktadır. Sporcu veya değerlendirmeci sadece daha önce yazılımcı tarafından

belirlenen ölçütleri ve ölçüm yöntemlerini (jireskop, ivme ölçer vb.) kullanarak performans ölçümü yapabilmektedir. Çalışmamız, kullanılan özgün yazılım, cihaz tasarımı ve maliyet yönünden bu çalışmalardan farklılık göstermektedir. Yapılacak olan yazılımsal ve donanımsal değişiklikler ile cihazımızın farklı alanlarda ve farklı amaçlar için kullanılması sağlanabilmektedir. Ayrıca bu çalışmalarda basit analiz yöntemleri kullanılıyorken bizim çalışmamızda yapay zeka tabanlı yöntemler kullanılarak daha ayrıntılı sonuçlar ve modeller elde edilebilmektedir.

Performans belirlemek için yapılan bazı çalışmalarda, piyasada hazır olarak satılmakta olan Thalmic-IMU sensör ve Shimmer gibi bazı giyilebilir cihazlar kullanılmıştır (Taşar, 2021; Erdaş, 2017). İçerisinde jireskop, ivme ölçer, manyetometre gibi sensörler barındıran bu cihazlar bireylerin ayak, diz, bel gibi bölgelerine takılarak bu bölgelerden veriler elde edilmiş ve elde edilen veriler makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak bireylerin yapmış oldukları hareketler başarılı bir şekilde sınıflandırılmıştır. İlgili çalışmada kullanılan cihazların, geliştirilmeye kapalı olan yani kapalı kaynak kodlara sahip olmaları, jireskop, ivme ölçer ve manyetometre yardımıyla sadece bireylerin oturma, yürüme, merdiven çıkma, zıplama gibi belirli özelliklerini ölçmeleri ve sadece giyilebilir cihazlar olmaları çalışmamızdan farklılık göstermektedir. Ayrıca veri iletimi için kısa menzilli kablosuz iletişim yöntemi olan bluetooth teknolojisinin kullanılmış olması ve maliyetli cihazlar olmaları yönünden de çalışmamızdan ayrılmaktadır.

Sporcuların performanslarını ölçmek için başvurulan başka bir yol da, piyasada hazır paket olarak satılan bazı taşınabilir performans ölçme cihazlardır. Bunlardan en çok kullanılanlar Fitspeed (Yıldız ve Fidan, 2019; Özpınar, 2022; Ocak, 2023), Light Trainer (Mor vd., 2022) ve Blazepod (Kartal ve Gökmen, 2023) gibi reaksiyon veya çeviklik ölçen cihazlardır. Bu cihazlar genel olarak, bir kablosuz zaman ölçme ve performans izleme sistemidir. Mikrodenetleyici, kablosuz iletim ünitesi, engel sensörü ve led gibi bileşenler barındıran modüllerden oluşurlar. Yapılan çalışmalarda genellikle belirli mesafeye konumlandırılmış modüllerdeki ledlerin, yine amaca uygun olarak belirli sayıda söndürülmesi sağlanarak sporcu performanslarının ölçülmesi sağlanmıştır. Ölçülen veriler, bluetooth aracılığıyla bilgisayarlara veya mobil cihazlara aktarılmaktadır. Bu cihazlarda bizim çalışmamızdan farklı olarak kısa menzilli kablosuz veri iletim teknolojisi olan bluetooth teknolojisi kullanılmıştır. Bu teknoloji kısa mesafelerde düzgün veri iletimi sağlamasına rağmen uzun mesafelerde yetersiz kalmaktadır. Bunun dışında bu cihazlar ile sporcuların belirli sayıda modül arasında

koşarak veya modüllere birden çok kez uğramaları sağlanarak koşmaları istenmekte ve koşu sonunda sporcunun koşmuş olduğu toplam süre baz alınmaktadır. Yani sporcunun iki modül arasındaki koşma süresi yerine bütün modülleri bitirdikten sonraki toplam süre kaydedilmektedir. Bu durum toplam performansı ölçmek için yeterli olsa da sporcunun test boyunca testin hangi bölümlerinde zorlandığı, yorulmaya başladığı, yetersiz kaldığı gibi bilgileri ölçmek için yeterli olmamaktadır. Bizim çalışmamızda kullandığımız cihaz ile toplam koşu süresinin yanında modüller arasında koşulan sürelerde ayrı ayrı hesaplanmakta ve sporcu veya değerlendirmeciler için daha faydalı veriler elde edilmektedir. Söz konusu cihazlar, sadece veri ölçme amacıyla tasarlanmış olup analiz özellikleri bulunmamaktadır. Ayrıca piyasada satılmakta olan bu cihazların yüksek maliyetli olması da her sporcu veya sporcu çalıştırıcısının bu cihazlardan faydalanmasını engellemektedir.

Çeviklik, hız, planlı yön değiştirme gibi performans değerlerinin ölçülmesi ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda da fotoselli kronometre kullanılmıştır (Arı vd., 2019; Doğru vd., 2020). Fotoselli kronometre kullanılarak, belirli iki nokta arasındaki koşma süresi veya bir noktadan iki defa geçme süresi ölçülerek sporcunun performans sırasındaki toplam süresi hesaplanabilmektedir. Bu çalışmalarda süre ölçmek için kullanılan tetikleyici cihaz olan fotoselli kronometre bütün noktalar arasında geçen süre yerine sporcunun tüm koşu sırasındaki toplam süreyi veya belli bir süre içerisinde yapmış olduğu başarılı sonuçların sayısını ölçmektedir. Dolayısıyla sporcunun performans değişiklikleri yani hangi noktadan sonra yorulmaya başladığı veya koşu sırasında nerelerde zorlandığı ile ilgili bilgiler ölçülememektedir. Ayrıca bu cihazların kablosuz veri iletme, kaydetme ve verileri analiz etme özellikleri bulunmamaktadır. Sadece ek cihazlar kullanılarak fotosellerin tetiklenme sayıları kaydedilebilmektedir (Kamuk, 2020).

Bazı araştırmacılar da kendi tasarladıkları cihazları kullanarak sporcular ile ilgili performans belirleyici özellikleri ölçmek için çalışmalar yapmışlardır. Sensörler ve mikrodenetleyiciler kullanarak yapılan bir çalışmada havada kalma süresi yöntemi ile sıçrama yüksekliğini ölçmek için DSPC (dikey sıçrama performans cihazı) ismi verilen bir cihaz tasarlanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Tire, 2021). Tasarlanan cihaz çalışmamızdan farklı olarak sadece dikey sıçrama yüksekliği ölçmek amacıyla tasarlanmıştır. Veriler uzun menzilli nRF teknolojisi yerine, kısa menzilli bluetooth teknolojisi ile mobil cihazlara gönderilebilmektedir. Ayrıca çalışmada, gelişmiş bir

analiz yöntemi kullanılmamış olup sadece tasarlanan cihazdan elde edilen veriler ile geleneksel yöntemlerden biri olan kuvvet platformu verilerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Başka bir çalışmada da, performans belirleme amacıyla özgün bir çeviklik ölçüm cihazı tasarlanmıştır. Bu cihaz, alıcı olarak görev yapan ana kontrol ünitesi ve verici olarak görev yapan kapı adı verilen engel sensörlü tetikleyiciler ve yönlendirme levhasından meydana gelmektedir. (User, 2016). İlgili çalışmada bluetooth kablosuz teknolojisi yerine daha kapsamlı veri iletimi sağlayabilen nRF kablosuz teknolojisi kullanılmıştır. Toplam süreyi ölçmek yerine de belirli noktalar arasındaki mesafe ölçülebilmektedir. Ancak sporcunun tek seferde tetiklediği toplam kapı sayısı sadece mevcut kapılar ile sınırlı kalmaktadır. Yani kapılar arasında çift taraflı bir haberleşme kullanılmamış sadece yönlendirme levhasının belirlediği yönde ve kapı sayısı kadar tetikleme olmaktadır. Ayrıca yine çalışmamızdan farklı olarak yapay zeka tabanlı bir analiz yöntemi kullanılmamış olup sadece veri toplama amaçlı bir çalışma olmuştur. Daha çok, tasarlanan cihazın, performans belirleme testlerindeki başarısı üzerinde durulmuştur.

Performans belirlemek için başvurulan diğer bir yol da, özel olarak tasarlanan SpeedCourt benzeri, basınç sensörü ve ekrandan oluşan kapalı alanların kullanılmasıdır. (Tortu, 2022). SpeedCourt benzeri özel tasarlanmış alanlar, performans ölçmek için etkili bir yöntem olsa da, sadece belirli bir alanda kullanılması ve test sırasında sporcunun sürekli olarak ekrana bakmak zorunda kalması bu sistemin en önemli dezavantajlarından. SpeedCourt kullanılarak yapılan ilgili çalışmada analiz yöntemi olarak yapay zeka yöntemleri yerine pearsonkorelasyon analizi kullanılmış ve anaerobik güç ve kapasitenin, reaktif çeviklik performansı ile ilişkisi incelenmiştir. Ayrıca bizim çalışmamız, taşınabilir cihazların kullanılması, ayrıntılı süre ölçümü ve düşük maliyetli olması açısından da bu çalışmadan farklılık göstermektedir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilimsel çalışma ve araştırmaların temel amaçlarından bir tanesi de teknoloji ve teknolojik materyaller yardımı ile insan hayatını kolaylaştırmanın yollarını aramaktır. Bunu yaparken de her alana yönelmek ve çözüm arayışları içerisine girmek gerekmektedir. Bilimsel yollarla yapılan her çalışmada bütün insanların faydalanması amacı güdülmeli ve bilimin daha iyiye gitmek için kullanılacak bir araç olduğu unutulmamalıdır. Bilimsel araştırmaların en önemli özelliklerinden biri kendinden önceki çalışmaların ışığında ilerlerken o çalışmalarda tespit edilen boşlukları doldurmak ve yeni düşünce ve çalışmaların kapılarını aralamaktır. Bilimsel araştırmaların bu özellikleri, kendi çalışma alanımızda dikkat çeken önemli eksikliklerin neler olduğu ve bunlara nasıl çözümler üretebileceğimiz konusunda bizi motive eden önemli bir etmendir.

Bu çalışmada tasarlanan cihaz sayesinde, öncelikle sporcuların performanslarının değerlendirilmesinde önemli bir yer tutan reaktif çeviklik, planlı yön değiştirme, hız, dikkat ve reaksiyon benzeri özelliklerin ölçülmesi amaçlanmıştır. Ölçüm sonucunda elde edilen bu veriler bir veri tabanına kaydedilmiş ve amaca uygun makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak verilerin analiz edilmeleri sağlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, bilimsel veriler üzerinden sporcuların yapmış olduğu performansa bakılarak, performans gelişim seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapay zeka tabanlı makine öğrenmesi yöntemleri yardımıyla bir performans sınıflandırma modelinin oluşturulması ve bu modelin yeni performanslar için bir kriter görevi görmesi sağlanmıştır.

Çalışmamızda tasarlanan cihaz, 11-12 yaş aralığındaki öğrenciler üzerinde uygulanmış ve elde edilen veriler öğrencilerin, boy, kilo ve cinsiyet özellikleri birlikte değerlendirilmiştir. Weka programı ile 32 adet yapay zeka tabanlı makine öğrenmesi algoritması kullanılarak yapılan analizlerde başarılı sonuçlar ortaya çıkmıştır. En başarılı sonuç Functions Classifier sınıfına ait olan MultilayerPerceptron sınıflandırma yöntemi ile elde edilmiştir. Bu algoritma %95.8333'lik öğrenme oranı ile modelin kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, tasarlanan cihaz yardımıyla sporculardan sağlıklı veriler toplandığını ve bu verilerin uygun analiz yöntemleri kullanılarak sınıflandırılabildiğini göstermektedir. Bu yönüyle veriye dayalı bilimsel bir yöntem kullanılarak sporcuların gerçek performanslarının belirlenmesi sağlanmaktadır.

Farklı yaş grubu, boy, kilo ve cinsiyete sahip sporcular üzerinde denenerek oluşturulacak olan farklı modeller yardımıyla daha kapsamlı bir performans belirleme aracı olarak kullanılabilmesi de mümkündür.

Yapmış olduğumuz çalışmanın, spor dünyasında özellikle çalıştırıcılar, antrenörler ve teknik direktörler için sporcuların performanslarının belirlenmesi, performans gelişim durumlarının izlenmesi, sporcu seçimi, kişisel veya takım çalışma programlarının düzenlenmesi gibi konularda önemli kolaylıklar sağlayacağı düşünülmektedir. Oluşturulacak ve kayıt altına alınacak modeller yardımıyla sporcu performansının hangi seviyede olduğu ve gelişim durumlarının bilimsel bir yol ile takip edilmesi sağlanmaktadır. Düzenli olarak yapılacak bu takipler sonucunda sporcu seviyesine uygun antrenman programlarının yapılması ve daha kısa sürelerde daha iyi sonuçların alınması hedeflenmektedir.

Çalışmamızda tasarlanan cihazı ve yapay zeka tabanlı modelleri, koşu sporlarının yanında farklı spor veya amaçlar için kullanabilmek de mümkündür. Oluşturulan yönetimsel modeller çeviklik, dikkat, hız, zıplama, tekrarlı hareket ve kondisyon ölçümü gerektiren bütün spor dallarında kullanılabilir özelliklere sahiptir. Örneğin; boksörlerin performansını ölçmek amacıyla yumruk atma hızı ve yumruklardan kaçış hızları ölçülerek reflekslerinin geliştirilmesi sağlanabilir. Tenis sporları için toplara vurma ve manevra yapma hızları ölçülerek, sporcuların kendi performanslarını ölçmeleri ve yönetmeleri sağlanabilir. Barfiks gibi tekrarlı egzersizlerde hareketin tekrarlanma süreleri ölçülebilir. Basketbol ve voleybol gibi sporlarda, sporcuların zıplama mesafesi, manevra ve refleks gibi kabiliyetleri ölçerek kendi kendilerine uygulayabilecekleri bir antrenman yöntemi oluşturulabilir.

Geliştirilecek olan yapay zeka tabanlı modeller, öğrencileri spor müsabakalarına hazırlamak veya seçmek, okullarda beden eğitim dersini daha verimli ve eğlenceli hale getirmek, farklı spor etkinliklerinde öğrencilerin performanslarını belirlenmek ve geliştirilmek için kullanılabilir. Okul öncesi, anaokulu ve kreşlerde de hem etkin bir oyun ve öğrenme materyali hem de psiko-motor becerilerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılabilir. Yapay zeka tabanlı modellerle öğrencilerin bazı fiziksel ve bilişsel özelliklerinin ölçülmesi ve geliştirilmesi sağlanabilir. Ayrıca Aerobik ve Anaerobik performansın ölçülmesi konusunda da, yapay zeka tabanlı olarak yapılacak analizlerle sporcuların hangi performans becerisine daha yatkın olduğu belirlenebilir ve sporcu ilgili alanlara yönlendirilebilir.



Tasarlanan cihazın diğerk bir kullanım alanı da sağlık sekt6r6nde bedensel egzersizler i7in kullanılabilir olmasıdır. Rehabilitasyon merkezleri ve hastanelerin fizik tedavi ve ortopedi gibi b6l6mlerinde, boyun, bel, kol, bacak ve el ile ilgili egzersizleri daha eğlenceli ve istekli hale getirmek amacıyla kullanılabilir. Egzersizleri oyuna d6n6şt6rmek 6nemli bir motivasyon kaynağı olduğundan dolayı, 6zellikle 7ocuk hastalar i7in etkili bir tedavi aracı olarak kullanılabilir. Cihaz işitme engelli bireyler i7in de hem bir fizik tedavi aracı olarak hem de eğitim materyali olarak kullanılabilir.

7alışmamız ile ilgili 6neri ve kısıtlara baktığımızda ise; cihaz, 6zerinde yapılacak olan d6zenlemeler ve geliştirmeler sayesinde daha geniş kullanılabilirlik alanlarına ulaşılabilir. Yazılımsal ve donanımsal iyileştirmeler ile cihazın farklı spor aktivitelerinde veri elde etme y6ntemi olarak kullanılması sağlanabilir. 6rneğin; yazılımsal d6zenlemeler yapılarak kontrol aray6z6ne eklenecek olan koşu modu, 7eviklik modu, tekrarlı aktivite modu, dikkat modu, reaksiyon modu gibi farklı modlar eklenebilir. Hatta spor modu, eğitim modu, egzersiz modu gibi daha geniş kapsamlı se7eneklere ve bu se7eneklere ait alt dallara sahip modlar oluşturulabilir. 7alışmamızda kullanılan cihazda yapılacak bazı donanımsal değişikliklerle de, daha etkin kullanılması sağlanabilir. 6rneğin; 7alışmamızda kullanım amacına uygun olarak, server cihazlarda kablosuz veri iletişimi i7in NRF24L01 mod6l6n6n antenli modeli, client cihazlarda ise antensiz modeli kullanılmıştır. Bu modeller kullanılarak okul bah7esinde yapılan 6l76mler i7in, yeterli kablosuz veri toplama mesafesi sağlanmıştır. Cihaz bu tip mekanlar i7in yeterli olsa da futbol sahaları gibi geniş mekanlarda kullanılmak istendiğinde b6t6n cihazların antenli modelleri tercih edilerek uzun mesafelerden de sağlıklı veri toplama 7alışmaları yapılabilir.

Kullanılan client cihazlar dikd6rtgen şeklinde olup kutu ve kapak tasarımından dolayı ledler sadece tek y6nden g6r6nmektedir. 7alışmamızda cihazlar ortadaki cihaza doğru baktığı ve her client cihaz arasında 5 metre mesafe olduğu i7in g6r6ř sorunu yaşanmamıştır. Ancak farklı 7alışmalarda bu durum ledlerin g6r6nmesini olumsuz y6nde etkileyebileceği i7in, cihazların hem 6st hem de 4 tarafına ledler takılarak daha iyi g6r6nmesi sağlanabilir. Ayrıca cihazların kutu tasarımları yuvarlak olarak ve kapak kısımları da bombi şeklinde tasarlanarak uzun mesafelerden de daha net g6r6nmesi sağlanabilir. Yine yanan ledlerin, 6zellikle uzun mesafelerde daha iyi g6r6nmesi i7in daha parlak lek ışıklar ve g67l6 piller tercih edilebilir.

## KAYNAKÇA

- Abdelrahim, S. O. O., Hassan, M. Z. M., Salih, A. M. S., Abdo-Alrahiem, A. A. M., & Abdelgadir Mohamed, M. (2022). RF performance evaluation of the nRF24L01+ based wireless water quality monitoring sensor node: Khartoum city propagation scenario. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 9(1), 13.
- Adetya, F. B., Hidayat, S., & Al Fansyuri, B. (2021, February). nRF24L01 distance and error link when operated on orange plant garden. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1825, No. 1, p. 012036). IOP Publishing.
- Ahmet, M., Karakaş, F., Hakkı, M. O. R., Yurtseven, R., Yılmaz, A. K., & Kürşat, A. C. A. R. (2022). Genç futbolcularda direnç bandı egzersizlerinin bazı performans parametrelerine etkisi. *Sportmetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 20(3), 128-142.
- Akpa, A. H., Fujiwara, M., Suwa, H., Arakawa, Y., & Yasumoto, K. (2019). A Smart Glove to Track Fitness Exercises by Reading Hand Palm. *Journal of Sensors*, 2019, 1-19. <https://doi.org/10.1155/2019/9320145>
- Akseki, S. A. (2022). *Vücut kas yüzdesinin biyomedikal sinyaller ile yapay zeka tabanlı belirlenmesi*. (Yayınlanmış yüksek lisan tezi). Sakarya Üniversitesi.
- Almeida, M., Bottino, A., Ramos, P., Araujo C.G. (2019). “Measuring heart rate during exercise: from artery palpation to monitors and apps” *International Journal of Cardiovascular Sciences*, 32(4), 396-407. Doi: 10.5935/2359-4802.2019006.
- Alpar, R. (2021). *Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemler* (6. Baskı). Detay Yayıncılık.
- Alşahin, S. (2015). *Yapay Sinir Ağları ile giriş tipi yapılarda hasar tanımlama*. (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi.
- Arı, E., & Çakmak, E. (2020). Genç kadın futbol oyuncularında çeviklik, sürat ve reaksiyon sürati parametreleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 11(1), 12-23.
- Armstrong, R., & Greig, M. (2018). The Functional Movement Screen and modified Star Excursion Balance Test as predictors of T-test agility performance in university rugby union and netball players. *Physical Therapy in Sport*, 31, 15-21.
- Aslankeser, Z. & Balci, S. S. (2017). Substrate oxidation during incremental exercise in young women: the effects of 2-week high intensity interval training. *Medicina dello Sport*, 70(2), 137-149.
- Atalay, M., & Çelik, E. (2017). Büyük veri analizinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi uygulamaları-artificial intelligence and machine learning applications in big data analysis. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(22), 155-172.

- Aydemir, E. ve Karşlıoğlu, İ. (2021). Akıllı telefonların ivmeölçer sensörü yardımıyla yürüyüş deseni analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(2), 283-299.
- Aydoğan, H. ve Konaş, Y. (2022). Sporda Psikolojik Performans Değerlendirme Ölçeği Geliştirme Çalışması. *Spor Eğitimi Dergisi*, 6(1), 74-87. <https://doi.org/10.55238/seder.1096524>
- Balsalobre-Fernández, C., Bishop, C., Beltrán-Garrido, J. V., Cecilia-Gallego, P., Cuenca-Amigó, A., Romero-Rodríguez, D., & Madruga-Parera, M. (2019). The validity and reliability of a novel app for the measurement of change of direction performance. *Journal of sports sciences*, 37(21), 2420-2424.
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., ve Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of sports sciences*, 33(15), 1574-1579.
- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. L. (2018). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of sports sciences*, 36(1), 64-70.
- Başturk, D., Çatalkaya, Z., Seyhan, M. E., Açıkalm, Y., Hondoroğlu, K., & Karataş, H. (2019). Cimnastikte sürat çeviklik ve denge ilişkisi. *Türk Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 133-140.
- Bogataj, Š., Pajek, M., Andrašić, S., & Trajković, N. (2020). Concurrent validity and reliability of my jump 2 app for measuring vertical jump height in recreationally active adults. *Applied Sciences*, 10(11), 3805.
- Born, D. P., Zinner, C., Düking, P., & Sperlich, B. (2016). Multi-directional sprint training improves change-of-direction speed and reactive agility in young highly trained soccer players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15(2), 314.
- Bulut, N. (2023). *Derin öğrenme ve makine öğrenmesi yöntemleri ile hidroponik tarım*. (Yayınlanmış yüksek lisan tezi). Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Chahal, J. K. (2019). Finding Association Rules in Medical Datasets. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 2(3), 167-170.
- Chelladurai, P. (1976). Manifestations of agility. *Journal of the Canadian Association of Health, Physical Education and Recreation*, 42(3), 36-41.
- Chollet, F. (2021). *Deep learning with Python*. Simon and Schuster.
- Citraro, L., Márquez-Neila, P., Savare, S., Jayaram, V., Dubout, C., Renaut, F., ... & Fua, P. (2020). Real-time camera pose estimation for sports fields. *Machine Vision and Applications*, 31, 1-13.
- Cohen, W. W. (1995). Fast effective rule induction. In *Machine learning proceedings 1995* (pp. 115-123). Morgan Kaufmann.

- Coswig, V., Silva, A. D. A. C. E., Barbalho, M., De Faria, F. R., Nogueira, C. D., Borges, M., ... & Gorla, J. I. (2019). Assessing the validity of the MyJUMP2 app for measuring different jumps in professional cerebral palsy football players: an experimental study. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(1), e11099.
- Coswig, V., Silva, A. D. A. C. E., Barbalho, M., De Faria, F. R., Nogueira, C. D., Borges, M., ... & Gorla, J. I. (2019). Assessing the validity of the MyJUMP2 app for measuring different jumps in professional cerebral palsy football players: an experimental study. *JMIR mHealth and uHealth*, 7(1), e11099.
- Coşlu, E. (2013,23-25 Ocak). *Veri madenciliği* [Sözlü Sunum]. XV. Akademik Bilişim Konferansı, Antalya, Türkiye.
- Çene, E. (2022). Makine öğrenmesi yöntemleriyle Euroleague basketbol maç sonuçlarının tahmin edilmesi ve maç sonuçları üzerinde en etkili değişkenlerin bulunması. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 13(1), 31-54.
- Çömük, N., & Erden, Z. (2010). Artistik buz pateninde üçlü sıçrayış performansının çeviklik ve reaksiyon zamanı ile ilişkisi. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 21(2), 75-80.
- Dehghani, M., Kim, K. J., Dangelico, R. M. (2018). Will smartwatches last? Factors contributing to intention to keep using smart wearable technology. *Telematics and Informatics*, 35(2), 480-490
- Demir, M. (2020). Endüstriyel futbol ve futbolda teknoloji kullanımı. *TRT Akademi*, 5(9), 356-375.
- Deng, L., & Yu, D. (2014). Deep learning: methods and applications. *Foundations and trends® in signal processing*, 7(3-4), 197-387.
- Doğan, K. ve Arslantekin, S., (2023) Veri madenciliğinin önemi ve kütüphanelerde kullanımı. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 63(1), 503-541.
- Doğru, Z., Balçık, D., Yiğit, B., & Aydın, Y. (2020). Farklı çeviklik testleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Journal of Global Sport and Education Research*, 3(2), 1-14.
- Donuk, K., & Hanbay, D. (2021). Sınıflandırma Algoritmalarına Dayalı VGG-11 ile Yüzde Duygu Tanıma. *Computer Science*, (Special), 359-365.
- Driller, M., Tavares, F., McMaster, D. & O'Donnell, S. (2017). Assessing a smartphone application to measure counter-movement jumps in recreational athletes. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 12(5), 661-664.
- Dündar, Ö. M., & Aydın, A., (2021). Sporcuların Kalp Atım Hızının ESP-NOW Kullanılarak Kablosuz İletimi. *Konya Journal of Engineering Sciences*, vol.9, no.3, 633-646.
- Eğitim, M., ve Projesi, Ö. S. G. (2007). *Çocuk gelişimi ve eğitimi: Psikomotor gelişim*. Ankara, Milli Eğitim Bakanlığı.

- Erdaş, R. (2022). *Sporda Dijital Dönüşüm Süreci*. (Yayınlanmış yüksek lisans tesi). Başkent Üniversitesi
- Erdoğan, Ç. ve Zengin, B. (2012, 12-14 Nisan). *Turizm lisans öğrencilerinin A ve B Tipi kişilik özelliklerine göre mesleki yönelimlerinin belirlenmesi: Sakarya Üniversitesi Örneği* [sözlü sunum]. 11. Geleneksel Turizm Sempozyumu, Sakarya, Türkiye.
- Escobar Álvarez, J. A., Carrasco Zahinos, R., Olivares Sánchez-Toledo, P. R., Feu Molina, S., Ramírez Vélez, R., & Pérez Sousa, M. A. (2020). The validity and reliability of a novel mobile app to measure agility performance in the physically active youth population. *European Journal of Human Movement* (45), 10-0.
- Esmer, O. (2020). Farklı branşlardaki kadın sporcular ile yapılan özel antrenmanların çabukluk ve çeviklik üzerine etkisi. *International Journal Of Social Humanities Sciences Research*, 7(53), 1068-1072.
- Farrow, D., Young, W., Bruce, L. (2005). The development of a test of reactive agility for netball: A new methodology, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(1), 52-60.
- Gabbett, T. J., Kelly, J. N., Sheppard, J. M. (2008). Speed, change of direction speed and reactive agility of rugby league players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 174-181.
- García Mateo, P. A. B. L. O. (2020). Measurement of a squat movement velocity: comparison between a RehaGait accelerometer and the high-speed video recording method called MyLift. *Journal of Physical Education & Sport*, 20(3).
- Gürer, H., & Akçınar, F. (2022). *Spor İnovasyonu ve Dijital Teknoloji. Sporda Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Kullanımı. Spor İnovasyonu ve Dijital Teknoloji*. Kula, H. (Ed). Efe Akademi, 45- 54.
- H. Edelstein, (1997). [Online] Available: [http://www.db2mag.com/db\\_area/archives/19](http://www.db2mag.com/db_area/archives/19)
- Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J. H., & Friedman, J. H. (2009). *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction* (Vol. 2, pp. 1-758). New York: springer.
- Haynes, T., Bishop, C., Antrobus, M., & Brazier, J. (2019). The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*.
- Hettiarachchi, I. T., Hanoun, S., Nahavandi, D., & Nahavandi, S. (2019). Validation of Polar OH1 optical heart rate sensor for moderate and high intensity physical activities. *PloS one*, 14(5), e0217288.
- Homberg, P.M. (2009). Agility training for experienced athletes: A dynamical systems approach. *Strength And Condition Journal*, 31, 73-78.
- Hribernik, M., Keš, E., Umek, A., & Kos, A. (2021). Sensor based agility assessment in sport. *Procedia Computer Science*, 187, 440-446.

- İnce, İ. (2020). 14-17 Yaş Grubu Voleybolcularda Reaktif Kuvvet İndeksi Ve Bacak Sertliğinin Bazı Performans Testleri İle İlişkinin İncelenmesi. *Germanica Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 1(1), 37-45.
- James, D. A., & Petrone, N. (2016). *Sensors and Wearable Technologies in Sport: Technologies, Trends and Approaches for Implementation* (pp. 1-49). Berlin, Germany:: Springer.
- Jeffreys, I. (2011). A task-based approach to developing context-specific agility. *Strength & Conditioning Journal*, 33(4), 52-59.
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, 349(6245), 255–260. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8415>.
- Kaladhar, D. S. V. G. K., Pottumuthu, B. K., Rao, P. V. N., Vadlamudi, V., Chaitanya, A. K., & Reddy, R. H. (2013). The elements of statistical learning in colon cancer datasets: data mining, inference and prediction. *Algorithms Research*, 2(1), 8-17.
- Kalikov, A. (2006). *Veri madenciliği ve bir e-ticaret uygulaması*. (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi.
- Kaman, F. B. Kategorik Verilerde Kümeleme İçin Farklı Algoritmaların Karşılaştırılması. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 62-78.
- Kamuk, Y. U. (2020). Reliability and validity of a novel agility measurement device for badminton players. *African Educational Research Journal*, 8(1), 54-61.
- Kara, S., & Özal, M. (2022). Güreşçilerin maksimal ve reaktif kuvvet indeksi özelliklerinin incelenmesi ve yorumlanması. *Journal of ROL Sports Sciences*, 3(1).
- Karaoğlu, B. (2015). Makine öğrenmesi ile spor karşılaşmalarının modellenmesi. *Emo Bilimsel Dergi*, 5(9), 1-5.
- Kartal, A., & Gökmen, K. Futbol Tenisi Oyununun Çeviklik, Reaksiyon ve Şut İsabetine Etkisi. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 7(2), 241-249.
- Kayhan, R. F., Çıkıkcı, A., & Gülez, O. (2021). Genç futbolcularda reaktif kuvvet indeksinin bazı parametreler üzerine etkisi. *Uluslararası Spor, Egzersiz & Antrenman Bilimi Dergisi*, 7(1), 31-39.
- Kenan, E. R. İ. N., Bayılmış, C., & Barış, B. O. R. U. (2021). İvmeölçer ve Nesnelerin İnterneti Tabanlı Gerçek Zamanlı İnsan Aktivite Tespiti. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 9(1), 194-198.
- Kerekes, J. (2008). Receiver operating characteristic curve confidence intervals and regions. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 5(2), 251-255.
- Keskenler, M. F., & Keskenler, E. F. (2017). Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 5(2), 8-18.

- Khurana, D., Koli, A., Khatter, K., & Singh, S. (2023). Natural language processing: State of the art, current trends and challenges. *Multimedia tools and applications*, 82(3), 3713-3744.
- Kılıç, S. A., Karaoğlu, B., & Serbest, K. (2021). Hareket Analizi Verilerini Kullanarak Kas Kuvveti Tahminine Yönelik Farklı Yapay Zeka Algoritmalarının İncelenmesi. *Journal of Smart Systems Research*, 2(1), 40-47.
- Kim, T. H., Park, D. C., Woo, D. M., Jeong, T., & Min, S. Y. (2012). Multi-class classifier-based adaboost algorithm. In *Intelligent Science and Intelligent Data Engineering: Second Sino-foreign-interchange Workshop, IScIDE 2011, Xi'an, China, October 23-25, 2011, Revised Selected Papers 2* (pp. 122-127). Springer Berlin Heidelberg.
- Kirby, R. (1971). A simple test of agility. *Coach and athlete*, 25(6), 30-31.
- Kızılet, A., Atilan, O., & Erdemir, I. (2010). 12-14 yaş grubu basketbol oyuncularının çabukluk ve sıçrama yetilerine farklı kuvvet antrenmanlarının etkisi. *Journal Of Physical Education And Sport Sciences*, 12.
- Kocahan, T., Güraslan, H., Kabak, B., Hasanoğlu, A. ve Akınoğlu, B. (2022). Karate sporcularında dinamik denge becerisi ile reaktif çeviklik performansı arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Türk Spor ve Egzersiz Dergisi*, 24 (2), 187-192.
- Korkut, C. (2022). Dijital Spor Teknolojilerinin Spor Televizyonculuğunda Kullanımı. *EKEV Akademi Dergisi*, (90), 79-92.
- Kuhn, M., & Johnson, K. (2013). *Applied predictive modeling* (Vol. 26, p. 13). New York: Springer.
- Kuvancı, G., Bozdoğan, T., & Kızılet, A. (2021). 18-22 Yaş Genç Sporcularda Mobil Uygulamalarda Bulunan Dikey Sıçrama, Çeviklik ve Kas Dayanıklılık Ölçümünün Geçerliliğinin İncelenmesi. *Spor Eğitim Dergisi*, 5(3), 178-186.
- Lantz, B. (2019). *Machine learning with R: expert techniques for predictive modeling*. Packt publishing ltd.
- Lima, R., Rico-González, M., Pereira, J., Caleiro, F., & Clemente, F. (2021). Reliability of a reactive agility test for youth volleyball players. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 28(1), 8-12.
- Liu, J. W., Chen, S. H., Huang, Y. C., & Wang, C. T. (2020). An intelligent identification model for the selection of elite rowers by incorporating internet-of-things technology. *Ieee Access*, 8, 31234-31244.
- Loturco, I., Kobal, R., Kitamura, K., Cal Abad, C. C., Faust, B., Almeida, L., & Pereira, L. A. (2017). Mixed training methods: effects of combining resisted sprints or plyometric with optimum power loads on sprint and agility performance in professional soccer players. *Frontiers in physiology*, 8, 1034.

- Mahmoud, I., Othman, A. A. A., Abdelrasoul, E., Stergiou, P., & Katz, L. (2015). The reliability of a real time wearable sensing device to measure vertical jump. *Procedia Engineering*, 112, 467-472.
- Masetic, Z., & Subasi, A. (2016). Congestive heart failure detection using random forest classifier. *Computer methods and programs in biomedicine*, 130, 54-64.
- Matlák, J., Tihanyi, J., & Rácz, L. (2016). Relationship between reactive agility and change of direction speed in amateur soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(6), 1547-1552.
- Mayo, M. (2018). *Frameworks for Approaching the Machine Learning Process-KDnuggets*. Erişim:02 Mart 2024. <https://www.kdnuggets.com/2018/05/general-approaches-machine-learning-process.html>
- McGinnis, R. S., Cain, S. M., Davidson, S. P., Vitali, R. V., McLean, S. G., & Perkins, N. C. (2015). Inertial sensor and cluster analysis for discriminating agility run technique. *IFAC-PapersOnLine*, 48(20), 423-428.
- Mihaljević, B., Bielza, C., & Larrañaga, P. (2021). Bayesian networks for interpretable machine learning and optimization. *Neurocomputing*, 456, 648-665.
- Miller, MG, Herniman, JJ, Ricard, MD, Cheatham, CC ve Michael, TJ (2006). 6 haftalık pliometrik antrenman programının çevikliğe etkisi. *Spor bilimi ve tıp dergisi* , 5 (3), 459.
- Min, B., Kim, J., Choe, C., & Ian, R. (2008). A compound framework for sports prediction: The case study of football. *Knowledge-Based Systems*, 21(7), 551-562.
- Morrison, K., Albert, W. J., & Kuruganti, U. (2015). Biomechanical assessment of change of direction performance in male university soccer players. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Morrison, K., Albert, W. J., & Kuruganti, U. (2016). Biomechanical Assessment of Change of Direction Performance in Male University Soccer Players. Paper presented at the *ISBS-Conference Proceedings Archive*. (Poitiers, France, June 29 - July 3, 2015).
- Mucherino, A., Papajorgji, P. J., Pardalos, P. M., Mucherino, A., Papajorgji, P. J., & Pardalos, P. M. (2009). K-nearest neighbor classification. *Data mining in agriculture*, 83-106.
- Nabiyev, V. V. (2012). *Yapay zeka: insan-bilgisayar etkileşimi*. Seçkin Yayıncılık.
- Navega, D., Coelho, C., Vicente, R., Ferreira, M. T., Wasterlain, S., & Cunha, E. (2015). AncesTrees: ancestry estimation with randomized decision trees. *International journal of legal medicine*, 129, 1145-1153.
- Newton, R. U., & Dugan, E. (2002). Application of strength diagnosis. *Strength & Conditioning Journal*, 24(5), 50-59.



- Nicol, C., Avela, J., & Komi, P. V. (2006). The stretch-shortening cycle: a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports medicine*, 36, 977-999.
- Nursuwars, FM, Gufroni, AI, Hiron, N. ve Shofa, RN (2020, Aralık). Çeviklik Kayıt Sisteminde (ARS) Medya İzleme Olarak Mobil Uygulama. 2020'de *IEEE Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Yaratıcı Hesaplama Konferansı (ICSECC)* (s. 423-427). IEEE.
- Oliver, J. L., & Meyers, R. W. (2009). Reliability and generality of measures of acceleration, planned agility, and reactive agility. *International journal of sports physiology and performance*, 4(3), 345-354.
- Orhan, R., ve Ayan, S. (2018). PSİKO-MOTOR VE GELİŞİM KURAMLARI AÇISINDAN SPOR PEDAGOJİSİ. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 523-540.
- Orhunbilge, N. (2017). Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon Analizi Kitabı. *Nobel Yayınları*.
- Ozcift, A., & Gulten, A. (2011). Classifier ensemble construction with rotation forest to improve medical diagnosis performance of machine learning algorithms. *Computer methods and programs in biomedicine*, 104(3), 443-451.
- Özbay, S., & Ulupinar, S. (2018). The Effect of Moderate-Intensity Technical Training and Resistance Training on Selected Hematological Parameters of Elite Wrestlers. *Universal Journal of Educational Research*, 6(11), 2679-2682.
- Özbay, S., Ulupınar, S., & Özkara, A. B. (2018). Sporda çeviklik performansı. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 97-112.
- Özpunar, R. (2022). Bireysel, takım ve raket sporlarında reaktif çeviklik ve planlı yön değiştirme becerilerinin karşılaştırılması (Master's thesis, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- Özpunar, R. (2022). *Bireysel, takım ve raket sporlarında reaktif çeviklik ve planlı yön değiştirme becerilerinin karşılaştırılması* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Pappalardo, F., Fichera, E., Paparone, N., Lombardo, A., Pennisi, M., Russo, G., ... & Motta, S. (2016). A computational model to predict the immune system activation by citrus-derived vaccine adjuvants. *Bioinformatics*, 32(17), 2672-2680.
- Paul, D. J., Gabbett, T. J., & Nassis, G. P. (2016). Agility in team sports: Testing, training and factors affecting performance. *Sports medicine*, 46, 421-442.
- Pojkskic, H., Åslin, E., Krolo, A., Jukic, I., Uljevic, O., Spasic, M., & Sekulic, D. (2018). Importance of reactive agility and change of direction speed in differentiating performance levels in junior soccer players: Reliability and validity of newly developed soccer-specific tests. *Frontiers in physiology*, 9, 506.

- Pojkskic, H., Åslin, E., Krolo, A., Jukic, I., Uljevic, O., Spasic, M., & Sekulic, D. (2018). Importance of reactive agility and change of direction speed in differentiating performance levels in junior soccer players: Reliability and validity of newly developed soccer-specific tests. *Frontiers in physiology*, 9, 506.
- Prakoso, RB, Hardiansyah, L., Latif, M. ve Rusdiana, A. (2017). Çeviklik Testi Geliştirme Tabanlı Kızılötesi Sensör.
- Provost, F., & Domingos, P. (2003). Tree induction for probability-based ranking. *Machine learning*, 52, 199-215.
- Rahmat, H., & Cahyadi, A. (2021). Design of automatic pull-up and chin-up machine as automatic tools to count pull-up and chin-up repetition test. *Linguistica Antverpiensia*, 3(3), 861-867.
- Rakıcı, Ç. B. (2017). *Sporda Dijital Dönüşüm Süreci* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Bahçeşehir Üniversitesi.
- Rasouliyan, L., & Miller, D. P. (2006). The logic and logistics of logistic regression. *Western users of SAS software*, 1-14.
- Scanlan, A., Humphries, B., Tucker, P. S., & Dalbo, V. (2014). The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. *Journal of sports sciences*, 32(4), 367-374.
- Sekulic, D., Spasic, M., Mirkov, D., Cavar, M., & Sattler, T. (2013). Gender-specific influences of balance, speed, and power on agility performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 802-811.
- Serkan, U. S. L. U., & ÇETİN, E. (2022). Farklı Ağırlıklar ile Yapılan Squat Sıçramanın Makine Öğrenme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi*, 5(1), 1-12.
- Serpell, B. G., Young, W. B., & Ford, M. (2011). Are the perceptual and decision-making components of agility trainable? A preliminary investigation. *The journal of strength & conditioning research*, 25(5), 1240-1248.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of sports sciences*, 24(9), 919-932.
- Smola, A. J., & Schölkopf, B. (2004). A tutorial on support vector regression. *Statistics and computing*, 14, 199-222.
- Spasic, M., Krolo, A., Zenic, N., Delextrat, A. ve Sekulic, D. (2015). Hentbolda reaktif çeviklik performansı; Spora özel bir ölçüm protokolünün geliştirilmesi ve değerlendirilmesi. *Spor bilimi ve tıbbi dergisi*, 14 (3), 501.
- Spieler, D. K., Rosen, Z., Litman, L. L., & Fujii, K. (2015). Validation of photoplethysmography as a method to detect heart rate during rest and exercise. *Journal of medical engineering & technology*, 39(5), 264-271.

- Sporiš, G., Milanović, Z., Trajković, N., & Joksimović, A. (2011). Correlation between speed, agility and quickness (SAQ) in elite young soccer players. *Acta kinesiologica*, 5(2), 36-41.
- Steinbach, M., Tan, P. N., Boriah, S., Kumar, V., Klooster, S., & Potter, C. (2006, May). The application of clustering to earth science data: progress and challenges. In *Proceedings of the 2nd NASA data mining workshop*.
- Stetter, B. J., Ringhof, S., Krafft, F. C., Sell, S., & Stein, T. (2019). Estimation of knee joint forces in sport movements using wearable sensors and machine learning. *Sensors*, 19(17), 3690.
- Stewart, P. F., Turner, A. N., & Miller, S. C. (2014). Reliability, factorial validity, and interrelationships of five commonly used change of direction speed tests. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(3), 500-506.
- Subasi, A., Dammas, D. H., Alghamdi, R. D., Makawi, R. A., Albiety, E. A., Brahimi, T., & Sarirete, A. (2018). Sensor based human activity recognition using adaboost ensemble classifier. *Procedia computer science*, 140, 104-111.
- Şimşek, A., ve Devecioğlu, S. (2018). Spor endüstrisinde yeni teknolojilerin görünümü. *Uluslararası Beden Eğitimi Spor Rekreasyon ve Dans Dergisi*, 1(1), 20-36.
- Tandara, M. (2020). *NRF24 modul za komunikaciju između mikroupravljača* (Doctoral dissertation, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek. Department of Computer Engineering and Automation. Chair of Computer Engineering).
- Taşar, B. (2021). Giyilebilir Minyatür Atalet ve Manyetik Sensörler (MIMU) Vasıtasıyla Alt Ekstremitelerinin Makine Öğrenmesi Algoritmaları İle Sınıflandırılması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 123-134.
- “TDK’da çevik sözcüğünün anlamı aratıldı”, (2024). Erişim adresi: <https://sozluk.gov.tr/>, 26.02.2024.
- Thomas, K., French, D., & Hayes, P. R. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 332-335.
- Tire, İ. (2021). *Dikey sıçrama performansını ölçmeye yönelik giyilebilir bir cihaz tasarımı* (Yayınlanmış yüksek lisans tezi). Pamukkale Üniversitesi.
- Tortu, E., Akınoğlu, B., Hasanoğlu, A., ve Kocahan, T. (2022). Kadın ve Erkek Sporcularda Anaerobik Performans ve Reaktif Çeviklik Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Kesitsel Bir Çalışma. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 14(1).

- Turgut, A., Çoban, G. Ö., ve Gelen, E. (2018). Dikey sıçrama performansının belirlenmesinde akıllı telefon uygulaması kullanılabilir mi?. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences-IJSETS*, 4(2), 79-83.
- Turner, A. (2011). Defining, developing and measuring agility. *Prof Strength Cond*, 22, 26-28.
- Tüzüntürk, S. (2010). Veri madenciliği ve istatistik. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 29(1), 65-90.
- Uslu, S., & Çetin, E. (2022). Farklı Ağırlıklar ile Yapılan Squat Sıçramanın Makine Öğrenme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi*, 5(1), 1-12. <https://doi.org/10.38021/asbid.1071466>
- Wang, Y., Chen, M., Wang, X., Chan, R. H., & Li, W. J. (2018). IoT for next-generation racket sports training. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(6), 4558-4566.
- Wenzel, H., Smit, D., & Sardesai, S. (2019). A literature review on machine learning in supply chain management. In *Artificial Intelligence and Digital Transformation in Supply Chain Management: Innovative Approaches for Supply Chains. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, Vol. 27 (pp. 413-441). Berlin: epubli GmbH.
- Wickham, H. (2014). Tidy data. *Journal of statistical software*, 59, 1-23.
- Yıldız, M., & Çiğirdik, R. (2018). Elit ve Subelit Genç Karatecilerin Reaktif Çeviklik ve Planlı Yön Değiştirme Becerilerinin Karşılaştırılması. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 13(2), 192-199.
- Yıldız, M., & Fidan, U. (2018). Validity and reliability of badminton-specific Reactive Agility Test Badminton'a özgü geliştirilen Reaktif Çeviklik Testinin geçerlik ve güvenilirliği. *Journal of Human Sciences*, 15(1), 594-603.
- Yıldız, M., & Fidan, U. (2019). Fittest Çok fonksiyonlu sportif performans ölçüm ve antrenman sisteminin geçerliği. *Spor Bilimleri Dergisi*, 29(4), 187-195.
- Yingling, V. R., Castro, D. A., Duong, J. T., Malpartida, F. J., Usher, J. R., & Jenny, O. (2018). The reliability of vertical jump tests between the Vertec and My Jump phone application. *PeerJ*, 6, e4669.
- Young, W. (1995). Laboratory strength assessment of athletes. *New studies in athletics*, 10, 89-89.
- Young, W. B., & Willey, B. (2010). Analysis of a reactive agility field test. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(3), 376-378.
- Young, W., & Farrow, D. (2006). A review of agility: Practical applications for strength and conditioning. *Strength & Conditioning Journal*, 28(5), 24-29.

- Yücel, O. C. A. K. (2023). Futbolcularda Reaktif Çeviklik ve Hızlı Yön Değişirme Becerilerinin Karşılaştırılması. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 7(2), 230-240.
- Zaferiou, A. M., Ojeda, L., Cain, S. M., Vitali, R. V., Davidson, S. P., Stirling, L., & Perkins, N. C. (2017). Quantifying performance on an outdoor agility drill using foot-mounted inertial measurement units. *PloS one*, 12(11), e0188184.
- Zemková, E. (2016). Differential contribution of reaction time and movement velocity to the agility performance reflects sport-specific demands. *Human movement*, 17(2), 94-101.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı:** Yasin ZENCİR

### ÖĞRENİM DURUMU

Öğrenim Derecesi	Öğrenim Yeri	Öğrenim Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi/İşletme Enstitüsü/Yönetim Bilişim Sistemleri	Devam Ediyor
Lisans	Uludağ Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü/Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi	2002-2006
Lise	Şanlıurfa Lisesi	2002

### İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2006-Devam	MEB-Ortaokul	Bilişim Teknolojileri Öğretmeni

### YABANCI DİL

İngilizce

### ESERLER

Zencir, Y., Aydemir, E. (2024). Design of Sensor-Based Device for Measuring Athletes' Performances. *Al Farabi 12th International Scientific Research and Innovation Congress*, Almaty, 3-4 Mart, 2024, 572-577.