

Veri Analitiği Tabanlı Spor Bilimleri: Makine Öğrenimi ve Ağ Bilimi Yaklaşımları

Editör: Doç. Dr. Akan Bayrakdar



Veri Analitiği Tabanlı
Spor Bilimleri:
Makine Öğrenimi ve Ağ
Bilimi Yaklaşımları

Editör:

Doç. Dr. Akan Bayrakdar



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

+90.850 260 09 97

+90.532 289 82 15

www.ozguruyayinlari.com

info@ozguruyayinlari.com

Veri Analitiği Tabanlı Spor Bilimleri: Makine Öğrenimi ve Ağ Bilimi Yaklaşımları

Editor: Doç. Dr. Akan Bayrakdar

Language: Turkish

Publication Date: 2025

Cover paint by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

ISBN (PDF): 978-625-5958-88-4

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub723>

OPEN ACCESS



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Bayrakdar, A., (ed) (2025). *Veri Analitiği Tabanlı Spor Bilimleri: Makine Öğrenimi ve Ağ Bilimi Yaklaşımları*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub723>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozguruyayinlari.com/>



Önsöz

Günümüz spor bilimleri, dijital dönüşüm ve veri tabanlı analiz teknikleriyle önemli bir değişim sürecinden geçmektedir. Spor performansını optimize etme, sakatlıkları önleme ve stratejik kararlar alma süreçlerinde yapay zeka ve makine öğrenimi uygulamaları giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Ağ bilimi teknikleri ise özellikle takım sporlarında karmaşık oyuncu etkileşimlerini anlamak için güçlü araçlar sunmaktadır. Bu kitap, spor bilimlerinde veri analitiği tabanlı yaklaşımların teorik temellerini ve uygulamalarını ele alarak, alanında yeni ufuklar açmayı amaçlamaktadır.

Kitap, beş ayrı bölümden oluşmaktadır ve her bölüm, spor bilimlerinde veri tabanlı analiz tekniklerinin farklı boyutlarını kapsamaktadır. İlk bölümde, futbol analizinde ağ bilimi yöntemlerinin kullanımı ele alınmaktadır. Ağ bilimi teknikleriyle futbol maçlarında pas ağlarının analiz edilmesi, oyuncu merkezîyet ölçütlerinin belirlenmesi ve takım stratejilerinin değerlendirilmesi gibi konular detaylandırılmaktadır. Bu yaklaşımlar, modern futbolun taktiksel analiz süreçlerine bilimsel bir temel kazandırmaktadır.

İkinci bölümde, futbol müsabaka analiz yöntemleri ve bu alanda gelişen teknolojiler üzerinde durulmaktadır. Gözlem temelli analizden video analizine, notasyon analizinden yapay zeka destekli tekniklere kadar geniş bir yelpazede kullanılan analiz yöntemleri, performans geliştirme süreçlerine katkı sağlamaktadır. Bu bölüm, futbolun çok yönlü analizine modern bakış açıları getirmektedir.

Üçüncü bölümde, futbol maç analizinde kullanılan yazılımlar ve ağ bilimi teknikleri ele alınmaktadır. SciSports, MathBall, Fstats ve AI-Powered Sports gibi yapay zeka tabanlı analiz yazılımları, takım performansını veriye dayalı olarak değerlendirme imkânı sunmaktadır. Ayrıca, Graphviz, RStudio, Gephi ve Cytoscape gibi ağ analizi yazılımlarının futbol müsabakalarındaki uygulamaları incelenmektedir.

Dördüncü bölüm, spor sakatlanmalarının öngörülmesinde makine öğrenimi ve yapay zeka tekniklerinin kullanımını kapsamaktadır. Spor sakatlıklarının önlenmesi ve rehabilitasyon süreçlerinin optimize edilmesi amacıyla kullanılan yapay zeka modelleri, sporcu sağlığını korumak adına yenilikçi çözümler sunmaktadır. Giyilebilir teknolojiler ve biyomekanik verilerle desteklenen bu analizler, sporcu performansını güvence altına almayı hedeflemektedir.

Son bölümde ise dans hareketlerinin makine öğrenimi ile değerlendirilmesi ele alınmaktadır. Yapay zeka destekli dans hareketi tanıma ve koreografi üretimi gibi yenilikçi uygulamalar, dans sanatının dijitalleşme sürecine katkı sağlamaktadır. Özellikle derin öğrenme tabanlı modellerin dans hareketlerinin kalite değerlendirmesi ve stil tanıma süreçlerindeki rolü tartışılmaktadır.

Bu kitap, spor bilimleri profesyonelleri, antrenörler, spor analistleri ve araştırmacılar için kapsamlı bir kaynak sunmaktadır. Veri analitiği tabanlı yaklaşımların spor performansının optimize edilmesine katkı sağlayan bilimsel yöntemlerini sunarken, yapay zeka ve ağ bilimi tekniklerinin spor bilimlerine entegrasyonunu da detaylandırmaktadır. Umuyoruz ki bu eser, spor bilimlerinde yenilikçi yöntemlerin gelişimine katkı sunacak ve gelecekteki çalışmalara ilham kaynağı olacaktır.

Saygılarımızla

İçindekiler

Önsöz

iii

Bölüm 1

Veri Tabanlı Futbol Analizinde Ağ Bilimi

1

Halil Orbay Çobanoğlu

Bölüm 2

Futbol Müsabaka Analizi Yöntemleri: Gelişen Teknolojiler
ve Stratejik Değerlendirmeler

15

Akan Bayraktar

Halil Orbay Çobanoğlu

Bölüm 3

Futbolda Maç Analizinde ve Ağ Biliminde Kullanılan
Yazılımlar

41

Halil Orbay Çobanoğlu

Meriç Ödemiş

Bölüm 4

Spor Sakatlanmalarında Makine Öğrenimi

53

Halil Orbay Çobanoğlu

Akan Bayraktar

Makine Öğrenmesi ile Dans Hareketlerinin
Değerlendirilmesi

67

Meriç Ödemiş

Halil Orbay Çobanoğlu

Veri Tabanlı Futbol Analizinde Ağ Bilimi

Halil Orbay Çobanoğlu¹

Özet

Bu çalışma, futbol analizinde ağ bilimi yöntemlerinin kullanımını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Son yıllarda, spor bilimlerinde veri tabanlı analizlerin artmasıyla birlikte ağ bilimi, takım sporlarındaki karmaşık etkileşimleri anlamada önemli bir araç olarak öne çıkmıştır. Ağ bilimi, oyuncular arasındaki paslaşma ve pozisyon değişikliklerini düğümler ve bağlantılar aracılığıyla modelleyerek, takımın stratejik yapısının değerlendirilmesine olanak tanır. Özellikle futbol gibi dinamik yapıya sahip sporlarda, oyuncuların pas ağları ve merkeziyet ölçütleri, takımın hücum ve savunma organizasyonlarını anlamada kritik rol oynar.

Futbolda pas ağları, oyuncular arasındaki etkileşimlerin görselleştirilmesine olanak tanır. Bu ağlarda, düğümler oyuncuları, bağlantılar ise pasları temsil eder. Pas motiflerinin analiz edilmesi, takımın oyun stratejileri ve oyuncu rollerinin belirlenmesi açısından önemli bilgiler sunar. Merkeziyet ölçütleri (degree, betweenness, closeness, eigenvector), oyuncuların takım içindeki rollerini ve oyuna katkı düzeylerini nicel olarak değerlendirmeye

1 Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, orbay.cobanoglu@alanya.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-1305-9496>

imkân verir. Bu analizler sayesinde, takımın güçlü ve zayıf yönleri belirlenebilir, oyuncu performansları objektif olarak değerlendirilebilir ve stratejik karar süreçleri desteklenebilir.

Ayrıca, ağ bilimi teknikleri oyuncu pozisyon analizi ve formasyon dinamiklerini anlamada da kullanılır. Oyuncuların saha içindeki konumlarının zamansal değişimleri, takımın oyun yapısının nasıl şekillendiği hakkında fikir verir. Yapılan çalışmalar, ağ bilimi kullanılarak elde edilen verilerin, antrenman planlaması ve rakip analizi süreçlerinde değerli bilgiler sağladığını göstermektedir. Bu bağlamda, futbol analitiğinde ağ biliminin daha yaygın ve etkin kullanımı, takım performanslarının daha doğru bir şekilde analiz edilmesine katkı sağlayacaktır.

GİRİŞ

Son yıllarda sporda veri temelli analizlerin artmasıyla birlikte, ağ bilimi (network science) spor performansının anlaşılmasında ve geliştirilmesinde önemli bir araç hâline gelmiştir. Ağ bilimi, karmaşık sistemlerdeki etkileşimleri düğümler (nodes) ve bağlantılar (edges) aracılığıyla modelleyen disiplinlerarası bir yaklaşımdır (Newman, 2018). Bu yaklaşım, özellikle takım sporlarında oyuncular arasındaki ilişkileri, takım içi işleyişi ve oyun stratejilerini ortaya koymada etkili olmaktadır (Clemente ve diğ., 2015).

Futbol, yapısı gereği yüksek dinamikliğe ve sürekli değişen etkileşimlere sahip bir takım oyunudur. Oyuncular arasındaki paslaşmalar, pozisyon değiştirmeleri ve alan kullanımı, kompleks bir ağ yapısı ortaya çıkarır. Bu nedenle, ağ bilimi futbol analizi açısından hem makro (takım) hem de mikro (oyuncu) düzeyde zengin bilgiler sunmaktadır (Passos ve diğ., 2011). Özellikle pas ağları aracılığıyla oyuncular arasındaki bağlantıların yoğunluğu, merkeziyet dereceleri ve ağın genel yapısı analiz edilerek takımın stratejik yaklaşımı hakkında çıkarımlar yapılabilmektedir (Clemente, 2020).

Ayrıca, ağ temelli analizler yalnızca teknik-taktik değerlendirmelerle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda rakip analizlerinde, oyuncu performansının değerlendirilmesinde ve hatta maç sonucunun öngörülmesinde de kullanılmaktadır (Gudmundsson & Horton, 2017). Ağ ölçütlerinin zamana bağlı değişimlerinin incelenmesi, oyunun ritmi ve evrimi hakkında daha derin bilgiler sunar (Yamamoto & Yokoyama, 2011). Bu bağlamda, ağ bilimi hem antrenörlerin karar alma süreçlerine katkı sağlamakta hem de performans biliminde yeni ufuklar açmaktadır.

Bu derleme çalışmasında, ağ biliminin futbol branşındaki uygulamaları kapsamlı biçimde ele alınacak, özellikle pas ağları, oyuncu merkezîyet analizi ve taktiksel örüntülerin belirlenmesi üzerine literatür temelli inceleme yapılacaktır.

PAS AĞLARI VE MOTİF ANALİZİ

Futbolda pas ağları, oyuncular arasındaki etkileşimleri yönlü ve ağırlıklı grafikler aracılığıyla modelleyerek takımın oyun yapısını ve stratejisini analiz etme imkânı sunar. Son çalışmalar, özellikle üçlü motiflerin (örneğin, üç oyuncu arasındaki paslaşma döngüleri) takımın hücum organizasyonlarını anlamada kritik rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, pas ağlarının zamansal dinamikleri incelenerek, takımın oyun içindeki evrimi ve stratejik geçişleri analiz edilebilir.

Futbolda Pas Ağları ve Motif Analizi

Futbol, oyuncular arasındaki etkileşimlerin karmaşık bir ağ yapısı oluşturduğu dinamik bir takım sporudur. Bu etkileşimleri anlamak ve analiz etmek için ağ bilimi yöntemleri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Pas ağları, oyuncuların birbirleriyle olan paslaşmalarını temsil eden yönlü ve ağırlıklı grafiklerdir. Bu ağlar, takımın oyun yapısını, stratejisini ve oyuncuların rollerini anlamada

önemli bilgiler sunar (Clemente, 2020; Gudmundsson & Horton, 2017).

Pas Ağları ve Motiflerin Önemi

Pas ağları, takım içi iletişimi ve oyuncular arasındaki iş birliğini görselleştirir. Bu ağlarda, oyuncular düğümleri (nodes), paslar ise kenarları (edges) temsil eder. Ağın yapısı, takımın oyun tarzı hakkında ipuçları verir. Örneğin, merkeziyet ölçütleri (degree, betweenness, eigenvector centrality) kullanılarak hangi oyuncuların oyunun merkezinde yer aldığı belirlenebilir (Yamamoto & Yokoyama, 2011).

Motif analizi ise, ağ içinde sıkça tekrarlanan küçük alt yapıları (örneğin, üç oyuncu arasındaki pas kombinasyonları) inceleyerek takımın mikro düzeydeki etkileşimlerini ortaya koyar. Bu analiz, takımın oyun stratejileri ve oyuncuların karar alma süreçleri hakkında derinlemesine bilgiler sağlar (Sree, 2024).

Motif Türleri ve Taktiksel Anlamları

Üç oyuncu arasındaki pas motifleri, takımın oyun tarzını yansıtan önemli göstergelerdir. Aşağıda bazı yaygın üçlü pas motifleri ve bu motiflerin olası taktiksel anlamları özetlenmiştir:

Motif Türü	Açıklama	Taktiksel Anlamı
$A \rightarrow B \rightarrow C$	Doğrusal paslaşma	Hızlı hücum, doğrudan oyun
$A \rightarrow B \rightarrow A$	İkili ver-kaç	Oyuncular arası yakın iş birliği
$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$	Üçlü döngü	Topa sahip olma ve kontrol

$A \rightarrow B \rightarrow C$	Ortak bağlantı noktası	Merkezi oyuncu üzerinden oyun kurma
$A \rightarrow B \rightarrow C$	Üçlü karşılıklı paslar	Yüksek iş birliği ve esneklik

Bu motiflerin analizi, takımın hangi oyuncular üzerinden oyun kurduğunu, hangi bölgelerde yoğunlaştığını ve nasıl bir paslaşma stratejisi benimsediğini anlamada yardımcı olur (Li, Xu, & Zhou, 2024). Li, Xu ve Zhou (2024), 3.199 maçtan elde edilen verilerle pas ağları oluşturmuş ve üçlü motiflerin maç sonucuyla ilişkisini incelemiştir. Araştırmalarında, ev sahibi takımların pas verimliliğinin daha yüksek olduğu ve ileriye dönük pas motiflerinin gol farkıyla pozitif yönde ilişkili olduğu bulunmuştur.

Håland ve diğ. (2020), Norveç liginde dört sezonluk veriler üzerinden farklı pas motiflerinin şutla sonuçlanma olasılıklarını değerlendirmiştir. Çalışma, daha fazla oyuncunun dâhil olduğu ve geniş alanlara yayılan motiflerin daha etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Uygulamalar ve Gelecek Perspektifleri

Pas ağı ve motif analizleri, antrenörler ve analistler için değerli araçlardır. Bu analizler sayesinde:

Oyuncuların takım içindeki rolleri ve etkileşimleri belirlenebilir.

Takımın güçlü ve zayıf yönleri tespit edilebilir.

Rakip takımların oyun stratejileri analiz edilebilir.

Antrenman ve maç stratejileri optimize edilebilir.

Gelecekte, yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin entegrasyonu ile daha gelişmiş analizler mümkün olacaktır. Bu sayede, gerçek zamanlı karar destek sistemleri ve daha

hassas performans değerlendirmeleri gerçekleştirilebilir (Baouan, 2025; Gudmundsson & Horton, 2017).

MERKEZİYET ÖLÇÜTLERİ VE OYUNCU PERFORMANSI

Ağ bilimi, oyuncuların takım içindeki rollerini ve etkilerini belirlemek için çeşitli merkezîyet ölçütleri sunar. Örneğin:

Degree Centrality: Bir oyuncunun doğrudan bağlantı sayısını ölçer, yani kaç farklı oyuncuyla pas alışverişinde bulunduğunu gösterir.

Betweenness Centrality: Bir oyuncunun, diğer oyuncular arasındaki en kısa yollar üzerindeki konumunu belirler, bu da oyuncunun takım içindeki arabulucu rolünü yansıtır.

Eigenvector Centrality: Bir oyuncunun, etkili diğer oyuncularla olan bağlantılarını dikkate alarak genel etki düzeyini ölçer.

Bu ölçütler, oyuncuların sadece topa sahip oldukları anları değil, aynı zamanda top dışında yaptıkları katkıları da değerlendirmeye olanak tanır.

Futbolda ağ bilimi, oyuncuların takım içindeki rollerini ve etkileşimlerini anlamada önemli bir araçtır. Merkezîyet ölçütleri, oyuncuların pas ağlarındaki konumlarını ve etkilerini nicel olarak değerlendirmeye olanak tanır. Bu ölçütler, oyuncuların sadece topa sahip oldukları anları değil, aynı zamanda top dışında yaptıkları katkıları da değerlendirmeye yardımcı olur.

Temel Merkezîyet Ölçütleri

Ağ bilimi ve sosyal ağ analizinde merkezîyet ölçütleri, bir ağda bulunan düğümlerin (örneğin sporcular, oyuncular, kişiler veya noktalar) ne kadar önemli veya

merkezi olduğunu belirlemek için kullanılan istatistiksel yöntemlerdir. Merkeziyet ölçütleri, ağ yapısındaki önemli düğümleri tanımlamak ve ağ dinamiklerini anlamak için kritik öneme sahiptir. Aşağıda futbol analizinde sıkça kullanılan merkeziyet ölçütleri ve bu ölçütlerin taktiksel anlamları özetlenmiştir:

Merkeziyet Ölçütü, Açıklama ve Taktiksel Anlamı

Degree Centrality: Bir oyuncunun doğrudan bağlantı sayısı; yani kaç farklı oyuncuyla pas alışverişinde bulunduğu. Oyuncunun oyuna ne kadar dahil olduğunu gösterir.

Betweenness Centrality: Bir oyuncunun, diğer oyuncular arasındaki en kısa yollar üzerindeki konumu. Oyuncunun takım içindeki arabulucu rolünü yansıtır.

Closeness Centrality: Bir oyuncunun diğer tüm oyunculara olan ortalama mesafesi. Oyuncunun bilgi veya top akışını ne kadar hızlı sağlayabildiğini gösterir.

Eigenvector Centrality: Bir oyuncunun, etkili diğer oyuncularla olan bağlantılarını dikkate alarak genel etki düzeyini ölçer. Oyuncunun takım içindeki genel etki düzeyini gösterir.

Castellano & Echeazarra (2019), İspanya La Liga'da 36 maç üzerinden yaptıkları çalışmada, merkeziyet ölçütlerinin oyuncuların fiziksel talepleriyle ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Özellikle, orta saha oyuncularının yüksek degree ve betweenness centrality değerlerine sahip olduğu, bu oyuncuların hem pas alışverişinde hem de oyunun yönlendirilmesinde kritik roller üstlendiği belirlenmiştir. Clemente ve diğ. (2015), Portekiz Ligi'nde yaptıkları analizde, savunma oyuncularının yüksek closeness centrality değerlerine sahip olduğunu, bu durumun savunma oyuncularının topu hızlı bir şekilde diğer oyunculara aktarabilme yeteneklerini gösterdiğini belirtmişlerdir.

Lamberts (2024), OBIS (Off-Ball Impact Score) adlı metriği geliştirerek, oyuncuların top dışında yaptıkları katkıları değerlendirmeye çalışmıştır. Bu metrik, degree, betweenness ve eigenvector centrality gibi ağ tabanlı ölçütleri birleştirerek, oyuncuların saha içindeki genel etkilerini daha kapsamlı bir şekilde analiz etmeye olanak tanır.

Merkeziyet ölçütleri, antrenörler ve analistler için değerli bilgiler sunar:

Oyuncu Rol Belirleme: Merkeziyet değerleri, oyuncuların takım içindeki rollerini ve etkileşimlerini belirlemede yardımcı olur.

Taktiksel Ayarlamalar: Merkezi oyuncuların belirlenmesi, takımın oyun stratejisinin optimize edilmesine katkı sağlar.

Performans Değerlendirmesi: Oyuncuların merkeziyet değerleri, performanslarının objektif bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır.

Transfer ve Scout Analizi: Merkeziyet ölçütleri, potansiyel transferlerin ve genç yeteneklerin değerlendirilmesinde kullanılabilir.

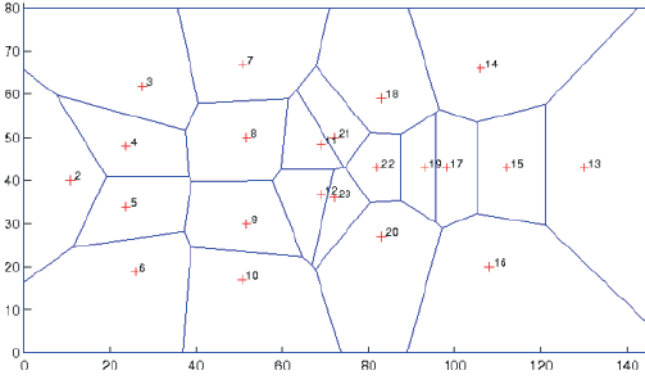
Oyuncu Pozisyon Analizi ve Formasyon Dinamikleri

Modern futbolda oyuncuların saha içindeki pozisyonları ve takımın formasyon düzeni, sadece başlangıç dizilişiyle sınırlı olmayıp oyunun temposuna, rakibe ve skora göre sürekli değişkenlik göstermektedir. Bu bağlamda, veri temelli analiz teknikleri ve ağ bilimi yöntemleri sayesinde, oyuncuların saha üzerindeki konumları ve bu konumların zamana bağlı evrimi daha objektif şekilde değerlendirilebilmektedir (Baouan, 2025; Clemente & Martins, 2022).

Oyuncu Pozisyonlarının Analizi

Oyuncuların maç boyunca ortalama konumlarının hesaplanması ve bu konumlara dayalı etkileşim ağlarının

oluşturulması, takımların taktiksel yapılarını analiz etmede önemli bir yaklaşımdır. Özellikle ısı haritaları ve Voronoi diyagramları gibi görsel analiz araçları, oyuncuların saha üzerindeki baskın bölgelerini göstermekte ve formasyonun ne ölçüde korunduğunu değerlendirmeye imkân tanımaktadır (Yamamoto & Yokoyama, 2011).



Şekil 1. Voronoi Diyagramı (Kim, 2004).

Şekil 1. başlangıç oluşumu için Voronoi diyagramını göstermektedir. Şekildeki sayılar oyuncuları temsil etmektedir. Örneğin, 2 ve 13 sırasıyla her takım için bir kaleciyi temsil eder. Topa karşılık gelen 1 rakamı burada kasıtlı olarak atlanmıştır.

Dinamik pozisyon analizleri ile oyuncuların sadece ortalama konumları değil, aynı zamanda topun nerede olduğu, takım arkadaşlarının konumu ve oyunun yönüne göre pozisyonlarının nasıl değiştiği de belirlenebilir (Baouan, 2025). Bu analizler, oyuncuların takım içindeki rol farklılaşmalarını, örneğin oyun kurucu mu yoksa geçiş oyuncusu mu olduklarını ayırt etmede etkili olmaktadır.

Formasyon Dinamikleri

Formasyon analizleri, takımın maçın farklı evrelerinde ne tür dizilimler kullandığını anlamaya yardımcı olur. Özellikle savunma, geçiş ve hücum fazlarındaki dizilim farklılıkları, antrenörlerin taktiksel tercihlerine ve oyunun akışına bağlı olarak değişir. Aşağıda, maçın çeşitli zaman dilimlerinde formasyon değişiklikleri ve bu değişimlerin taktiksel amaçları örneklenmektedir (Clemente & Martins, 2022):

Zaman Dilimi	Formasyon	Taktiksel Yorum
0–15 dk	4-3-3	Başlangıç presi, yüksek çizgi
15–30 dk	4-2-3-1	Orta saha yoğunluğu, oyun kontrolü
30–45 dk	3-5-2	Hücum varyasyonları, kenar etkinliği
45–60 dk	4-4-2	Dengeli yapı, alan savunması
60–75 dk	5-3-2	Skoru koruma, savunma bloklarının sıkıştırılması
75–90 dk	4-3-3	Gol arayışı, önde baskı

Formasyonun zamansal analizi ile oyuncuların saha içindeki pozisyonlarının nasıl dönüştüğü ve bu dönüşümün takıma getirdiği avantajlar detaylı biçimde değerlendirilebilir (Yamamoto & Yokoyama, 2011).

Pozisyonel analiz ve formasyon dinamiklerinin değerlendirilmesi, uygulamada birçok fayda sağlar:

Taktiksel Ayarlama: Maç boyunca formasyon değişimleri analiz edilerek, taktiksel müdahalelerin etkinliği değerlendirilebilir (Clemente & Martins, 2022).

Oyuncu Rollerinin Belirlenmesi: Farklı formasyonlardaki performans karşılaştırmalarıyla oyuncuların en uygun pozisyonları belirlenebilir.

Rakip Analizi: Rakibin formasyon değişikliklerine göre karşı stratejiler geliştirilebilir.

Antrenman Planlaması: Dönemsel formasyonlara göre özelleştirilmiş antrenman dizaynı yapılabilir.

SONUÇ

Futbol, dinamik ve karmaşık bir takım sporu olarak, oyuncular arasındaki etkileşimlerin ve takım stratejilerinin analizinde ağ biliminin sunduğu yöntemlerden büyük ölçüde faydalanmaktadır. Son yıllarda, ağ bilimi teknikleri, futbol takımlarının oyun yapıları, oyuncu rolleri ve performansları üzerine daha derinlemesine ve nicel analizler yapılmasına olanak tanımıştır.

Ağ Bilimi ve Futbol Taktikleri

Ağ bilimi, futbol takımlarının paslaşma ağlarını analiz ederek, takımın oyun yapısını ve oyuncuların rollerini anlamada önemli bir araç haline gelmiştir. Örneğin, Li, Xu & Zhou (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, 3'lü motif analizleri kullanılarak, ev sahibi takımların daha etkili paslaşma yapıları oluşturduğu ve bu yapıların gol farkı ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Bu tür motif analizleri, takımın paslaşma stratejilerinin etkinliğini ve oyuncuların saha içindeki iş birliğini değerlendirmede önemli bilgiler sunmaktadır.

Oyuncu Roller ve Formasyon Dinamikleri

Oyuncuların saha içindeki pozisyonları ve rollerinin analizi, takımın taktiksel yapısını anlamada kritik bir öneme sahiptir. Baouan (2025) tarafından geliştirilen bir model, oyuncuların pozisyonlarını ve rollerini dinamik olarak analiz

ederek, takım formasyonlarının maç içindeki değişimlerini ve bu değişimlerin oyuncu performanslarına etkisini ortaya koymuştur. Bu tür dinamik analizler, antrenörlerin ve analistlerin maç stratejilerini daha etkili bir şekilde planlamalarına yardımcı olmaktadır.

Transfer Ağları ve Takım Başarısı

Futbol takımlarının transfer stratejileri, takımın genel performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Dieles, Mattsson & Takes (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, Avrupa futbol transfer piyasası bir ağ olarak modellenmiş ve takımların transfer ağındaki konumlarının, lig performansları ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Özellikle, transfer ağında yüksek merkezîyet değerlerine sahip takımların, liglerinde daha başarılı performans sergiledikleri gözlemlenmiştir.

Ağ bilimi, futbolun karmaşık doğasını anlamada ve analiz etmede güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır. Paslaşma motifleri, oyuncu rolleri, formasyon dinamikleri ve transfer ağları gibi farklı alanlarda yapılan analizler, takım stratejilerinin ve performanslarının daha derinlemesine anlaşılmasını sağlamaktadır. Gelecekte, bu tür analizlerin daha da geliştirilerek, antrenörlerin, analistlerin ve yöneticilerin karar alma süreçlerine entegre edilmesi, futbolun daha bilimsel ve veri odaklı bir yaklaşımla yönetilmesine katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Baouan, A. (2025). Statistical analysis of team formation and player roles in football. arXiv preprint. <https://arxiv.org/abs/2502.03342>
- Castellano, J., & Echeazarra, I. (2019). Network-based centrality measures and physical demands in football regarding player position: Is there a connection? A preliminary study. *Journal of Sports Sciences*, 37(23), 2631–2638. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1589919>
- Clemente, F. M. (2020). Performance analysis in team sports: Advances in research and practice. Routledge.
- Clemente, F. M., Couceiro, M. S., Martins, F. M. L., & Mendes, R. S. (2015). Using network metrics in soccer: A macro-analysis. *Journal of Human Kinetics*, 45, 123–134. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0013>
- Clemente, F. M., & Martins, F. M. L. (2022). Network analysis in sport: Applications and methodologies. Routledge.
- Dieles, T. J., Mattsson, C. E. S., & Takes, F. W. (2024). Identifying successful football teams in the European player transfer network. *Applied Network Science*, 9(65). <https://appliednetsci.springeropen.com/articles/10.1007/s41109-024-00675-7>
- Gudmundsson, J., & Horton, M. (2017). Spatio-temporal analysis of team sports. *ACM Computing Surveys*, 50(2), 1–34. <https://doi.org/10.1145/3054132>
- Håland, E., et al. (2020). Linking network motifs in football pass sequences to shot creation. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 16(2), 85–97. <https://doi.org/10.1515/jqas-2019-0097>
- Kim, S. (2004) “Voronoi Analysis of a Soccer Game”, *Nonlinear Analysis: Modelling and Control*, 9(3), pp. 233–240.
- Lamberts, M. (2024). Quantifying off-ball contributions in football using network analysis: The Off-Ball Impact Score (OBIS). Medium. <https://marclamberts.medium.com/quantifying-off-ball-contributions-in-football-u->

- sing-network-analysis-the-off-ball-impact-score-efde-
e851f684
- Li, M.-X., Xu, L.-G., & Zhou, W.-X. (2024). Motif analysis and passing behavior in football passing networks. *Chaos, Solitons & Fractals*, 190, 115750. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2024.115750>
- Li, Y., Xu, Z., & Zhou, J. (2024). Study state dynamics of team passing networks in soccer games. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2408.07927>
- Newman, M. (2018). *Networks* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Passos, P., Milho, J., Fonseca, S., Borges, J., Araujo, D., & Davids, K. (2011). Interpersonal distance regulates functional grouping tendencies of agents in team sports. *Journal of Motor Behavior*, 43(2), 155–163. <https://doi.org/10.1080/00222895.2011.552078>
- Sree, K. (2024). Motif analysis and passing behavior in football passing networks. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2024.129305>
- Yamamoto, Y., & Yokoyama, K. (2011). Common and unique network dynamics in football games. *PLOS ONE*, 6(12), e29638. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029638>

Futbol Müsabaka Analizi Yöntemleri: Gelişen Teknolojiler ve Stratejik Değerlendirmeler

Akan Bayrakdar¹

Halil Orbay Çobanoğlu²

Özet

Futbol müsabaka analizi, bir maç sırasında takımların performanslarını değerlendirmek ve geliştirmek amacıyla kullanılan çeşitli yöntemleri içerir. Bu analizler, oyuncu ve takım performanslarını izlemek, stratejileri incelemek ve rakip hakkında bilgi toplamak için kritik öneme sahiptir. Müsabaka analizi, gözlem temelli analizler, video analizi, notasyon analizi, nicel ve nitel analiz yöntemleri gibi çeşitli yaklaşımlarla yapılır. Gözlem temelli analiz, antrenörler veya gözlemciler tarafından manuel olarak yapılan pas hataları, şutlar gibi olayların kaydedilmesidir. Video analizi ise maçın video kayıtları üzerinden oyuncu hareketleri ve takım stratejilerinin incelenmesini sağlar. Ayrıca, notasyon analizi, belirli kodlarla olayların kaydedilmesi, örneğin şutlar için “Ş”, kornerler için “K” kullanılarak yapılan

1 Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, akan.bayrakdar@alanya.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-3217-0253>

2 Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, orbaycobanoglu@alanya.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-1305-9496>

analizleri kapsar. Teknolojik analizler de bu süreçte önemli bir yer tutar; GPS, giyilebilir teknolojiler ve video tabanlı pozisyon takip sistemleri gibi araçlar, oyuncuların fiziksel performanslarını ve oyun içindeki pozisyonlarını detaylı bir şekilde izler. Ayrıca, yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi ileri teknolojiler, veri analizi ve öngörü oluşturma konusunda yardımcı olmaktadır. Bu analiz yöntemleri, takımların oyun stratejilerini geliştirmelerine ve performanslarını optimize etmelerine olanak sağlar.

GİRİŞ

Maç analizi bir futbol müsabakası sırasında gerçekleşen eylemleri sistematik bir şekilde inceleme sürecidir. Bu analiz; takımın kendi performansı, rakip takımın stratejileri ya da bireysel bir oyuncunun davranışları üzerine odaklanabilir. Veriler, maçın farklı aşamalarında meydana gelen olayların detaylı incelenmesi yoluyla toplanır ve değerlendirilir (Carling vd., 2005). Takımın kendi performansına yönelik yapılan analizlerde temel amaç, antrenmanlarda planlanan taktik sistemin sahadaki uygulamasını ve oyunun kalitesini doğrulamaktır. Bu süreçte oyun durumları, oyun prensiplerinin uygulanışı ve oyuncu bazlı performanslar detaylı bir şekilde analiz edilir. Bu yazımızda özellikle rakip takım analizine odaklanacağız. Rakip analizinin amacı, teknik ekibe karşılaşılabilecek takım hakkında somut, güvenilir bilgiler sunarak stratejik avantaj sağlamaktır (Hughes & Bartlett, 2015). Müsabaka analizi yöntemleri genel olarak şu başlıklar altında incelenebilir.

1. Geleneksel (Nitel) Analiz

Geleneksel (nitel) analiz genellikle spor analizlerinde kullanılan, olayların veya oyuncu davranışlarının derinlemesine öznel bir şekilde incelenmesine dayanan bir yöntemdir. Bu analiz türü olayların sayısal verilerle değil gözlem ve yorumlama yoluyla değerlendirilmesine

odaklanır. Antrenörler ve analistler genellikle maç esnasında ya da sonrasında oyuncu ve takım davranışlarını gözlemleyerek oyun içindeki taktiksel veya teknik unsurlar hakkında nitel bir değerlendirme yaparlar. Geleneksel analiz oyuncuların hareketlerini, takımın oyun planını, rakip takımın stratejilerini ve diğer durumları daha geniş bir bağlamda anlamayı amaçlar. Bu tür analiz genellikle oyun içindeki dinamikleri daha derinlemesine anlamak ve antrenmanlarda kullanılacak taktiksel öneriler geliştirmek için kullanılır (Hughes & Bartlett, 2002). Nitel analiz sayısal verilere dayalı olmayan ama gözlem ve deneyime dayalı güçlü içgörüler sağlama potansiyeline sahiptir.

a. Gözleme dayalı analiz: Futbol maçlarında antrenörlerin, yardımcı antrenörlerin veya analiz uzmanlarının maç sırasında veya sonrasında doğrudan gözlem yoluyla yaptığı manuel değerlendirmelerdir. Bu yöntem genellikle insan gözlemi ile yapılır ve teknolojiye bağımlılığı minimum seviyededir. Analist sahada gerçekleşen olayları takip eder, kendi notlarını alır, oyuncu veya takım davranışlarını kaydeder. Bu analiz türü, özellikle alt liglerde, amatör takımlarda veya teknoloji erişiminin sınırlı olduğu durumlarda hala yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Geleneksel yöntemde toplanan veri türleri tablo 1’de gösterilmiştir.

- Doğrudan gözlem yoluyla veri toplama
- Manuel olarak not defterine, analiz şablonlarına veya forma kaydetme
- Anlık karar verme ve yorumlama
- Öznel değerlendirme unsurları içerebilir

Tablo 1. Toplanan veri türleri

Kriter	Ne Analiz Edilir?	Örnek Notlar
Pas Performansı	Başarılı ve başarısız paslar, pasın yönü ve şiddeti	10. dakikada #8 numara ileri pas denedi, başarısız oldu.
Şutlar	Şut sayısı, kaleyi bulan/ kaçırın şutlar	25. dakikada #9 kaleye isabetli şut çekti, kaleci kurtardı.
Top Kaybı	Topun rakibe kaptırıldığı anlar ve bölgeler	32. dakikada #6 orta sahada top kaybetti, kontra gelişti.
Defansif Müdahaleler	Top kapma, ayakta/ kayarak müdahaleler	40. dakikada #5 kayarak müdahale ile topu kazandı.
Duran Top Organizasyonu	Taç, korner ve serbest vuruş organizasyonları	50. dakikada kullanılan korner kısa pas ile başlatıldı.
Fiziksel Performans	Oyuncuların yorgunluk belirtileri, koşu temposu	70. dakikada #7 yavaşladı, defansa dönmekte zorlandı.
Taktiksel Yerleşim	Formasyon değişimi, oyuncu yer değiştirmeleri	60. dakikada 4-3-3'ten 4-4-2'ye geçildi.
Bireysel Performans	Oyuncunun oyun görüşü, karar verme süreçleri	#10 karar vermede yavaş kaldı, net pozisyon kaçı.

b. Video Analizi: Video analizi, spor bilimlerinde ve özellikle futbolda teknik, taktik ve fiziksel performansı değerlendirmek amacıyla kullanılan güçlü bir analiz yöntemidir. Bu yöntem, müsabaka veya antrenman esnasında kaydedilen görüntülerin sistematik olarak incelenmesi ve belirli kriterlere göre analiz edilmesi sürecini ifade eder. Video analizi; oyuncuların, takımların ve oyun yapılarını değerlendirmenin yanı sıra teknik hataların tespiti, taktik dizilişlerin gözlemlenmesi ve oyun içi davranışların detaylandırılması için önemli bir araçtır (Hughes & Franks, 2004). Bu analiz yöntemi aşağıdaki unsurları içerir:

- Teknik Analiz: Pas, şut, top sürme, hava topları gibi teknik hareketlerin detaylı incelenmesi.
- Taktik Analiz: Oyun dizilişi, savunma ve hücum düzenleri, set oyunları gibi kolektif yapıların değerlendirilmesi.
- Fiziksel Performans Analizi: Oyuncuların saha içindeki hareketleri, koşu mesafeleri, hızları ve yorgunluk analizleri.
- Karar Alma Süreçleri: Oyuncuların topa sahip olduklarında veya savunmadayken verdikleri kararların analizi.

Kullanım Alanları

- Takım Performansını Değerlendirme: Takımların maçtaki genel performansını görsel olarak izlemek ve analiz etmek.
- Hataların Tespiti ve Geliştirme: Teknik ve taktik hataların belirlenip antrenmanlarda düzeltilmesi.
- Rakip Analizi: Rakip takımın güçlü ve zayıf yönlerinin tespit edilmesi.
- Eğitim ve Öğretim: Antrenmanlarda oyunculara geri bildirim sağlama amacıyla kullanılır.

Video analizinin akademik literatürdeki önemi giderek artmaktadır. Hughes ve Franks (2004), video analizinin özellikle modern futbolun karmaşık yapısını çözümlemede hayati bir araç olduğunu belirtir. O'Donoghue (2014), video analizinin doğru uygulandığında hem eğitim hem de performans geliştirme sürecini büyük ölçüde desteklediğini vurgular.

- c. **Notasyon analizi:** Spor performans analizlerinde yaygın olarak kullanılan bir tekniktir ve oyun

sırasında meydana gelen olayların belirli kodlarla kaydedilmesini ifade eder. Bu analiz türü, antrenörlerin ve analiz uzmanlarının oyun sürecinde gerçekleşen her türlü önemli olayı sistematik bir biçimde takip etmelerine olanak tanır. Özellikle futbol gibi dinamik ve hızla değişen sporlarda, anlık olayların kaydedilmesi ve daha sonra analiz edilmesi için notasyon analizinin önemi büyüktür (Hughes & Franks, 2004). Notasyon analizi, genellikle oyun içindeki teknik ve taktik unsurların kaydedilmesini sağlar. Oyun sırasında, belirli olaylar ve hareketler, her birine özgü kısa kodlar ile işaretlenir. Örneğin, şut eylemi “Ş”, korner “K” ve top kaybı “TK” gibi kodlarla kaydedilebilir. Bu tür bir sistem, olayların hızlı bir şekilde tanımlanmasına ve analiz edilmesine imkân verir. Oyun sonrasında ise bu notasyonlar üzerinden, takımın performansı hakkında anlamlı çıkarımlar yapılabilir. Notasyon analizinin en büyük avantajı, antrenörlerin ve analizcilerin tüm önemli olayları sayısal veriler ve grafikler ile görselleştirerek, oyuncuların ve takımın güçlü ve zayıf yönlerini belirlemelerine olanak sağlamasıdır. Örnek olarak, bir futbol maçında, her oyuncunun şut sayısı, pas hataları ve savunma hareketleri gibi olaylar belirli kodlarla kaydedilir. Bu veriler, daha sonra her oyuncunun bireysel performansını incelemek için kullanılabilir. Ayrıca, takımın genel stratejileri, defansif veya ofansif oyun şekilleri, pozisyon alma düzenleri gibi taktiksel unsurlar da bu şekilde analiz edilebilir (O'Donoghue, 2014).

2. Nicel Analiz Yöntemleri

Nicel analiz yöntemleri, spor bilimlerinde performansın ölçülmesi ve değerlendirilmesi için kullanılan, sayısal

verilere dayalı objektif analiz teknikleridir. Bu yöntemler, oyuncuların veya takımların performansını belirli istatistiksel ölçütler üzerinden değerlendirir. Örneğin, pas isabet oranı, şut sayısı, koşu mesafesi, topa sahip olma yüzdesi gibi metrikler nicel analiz kapsamında yer alır. Nicel analizler sayesinde, oyun performansı somut verilerle desteklenir ve bu veriler üzerinden bilimsel temelli kararlar alınabilir. Ayrıca bu yöntemler, uzun vadeli performans takibi ve gelişim süreçlerinin objektif değerlendirilmesi için kritik öneme sahiptir. Günümüzde gelişen teknolojilerle birlikte, video analiz yazılımları ve izleme sistemleri sayesinde nicel analizlerin doğruluğu ve kapsamı daha da artmıştır (Carling, Williams, & Reilly, 2005; Castellano, Casamichana, & Lago, 2012).

a. Performans İstatistikleri: Şut sayısı, isabetli pas yüzdesi, topa sahip olma oranı gibi sayısal verilerin toplanması ve değerlendirilmesidir. Performans istatistikleri, futbol maçlarında oyuncuların ve takımların teknik-taktik faaliyetlerini objektif biçimde değerlendirmek için kullanılan sayısal verilerdir. Bu istatistikler; pas isabet oranı, topa sahip olma süresi, şut sayısı, top kaybı, top kapma gibi değişkenleri içerir. Bu tür analizler, takımların oyun içindeki etkinliklerini karşılaştırmak ve oyun stratejilerinin etkinliğini değerlendirmek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin, Lago-Peñas ve Dellal (2010), elit futbol takımlarında topa sahip olma stratejilerinin maç skoru gelişimine göre farklılık gösterdiğini belirlemiş ve bu tür performans istatistiklerinin, oyun dinamiklerinin anlaşılması açısından kritik olduğunu vurgulamıştır. Performans istatistikleri, maç sonu raporlarında ve rakip analizlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

b. Fiziksel Performans Ölçümleri: Oyuncuların koşu mesafeleri, sprint sayıları, hızları gibi fiziksel

verilerin analiz edilmesi. Bu analizler GPS cihazları ve ivmeölçerler yardımıyla yapılır. Fiziksel performans ölçümleri, futbolcuların maç sırasında gösterdikleri fizyolojik yüklenmeleri nesnel olarak değerlendirmek için kullanılan yöntemlerdir. Bu ölçümler; toplam koşu mesafesi, sprint sayısı, yüksek hızda koşu miktarı ve oyuncuların kalp atış hızları gibi değişkenleri kapsar. Mohr, Krustup ve Bangsbo (2003), üst düzey futbolcuların maç sırasında 10-12 km koştuğunu ve bu mesafenin yaklaşık %8-12'sinin yüksek hızda koşu veya sprintlerden oluştuğunu belirlemiştir. Fiziksel performans ölçümleri, oyuncuların kondisyon durumunu belirlemek, yorgunluk gelişimini izlemek ve antrenman programlarını optimize etmek için kritik öneme sahiptir. Günümüzde GPS tabanlı sistemler ve video analiz yazılımları, bu verilerin toplanmasını daha hassas ve detaylı hale getirmiştir.

3. Teknolojik Analiz Yöntemleri

Futbolda teknolojik analiz yöntemleri, maç ve antrenman süreçlerinde oyuncuların teknik, taktik ve fiziksel performanslarını objektif olarak değerlendirmeyi sağlayan ileri teknoloji tabanlı araçları kapsar. Bu yöntemler arasında GPS takip sistemleri, video analiz yazılımları, hareket yakalama sistemleri ve sensör tabanlı izleme cihazları öne çıkmaktadır. GPS ve ivmeölçerler, oyuncuların maç sırasında kat ettiği mesafe, hız değişimleri ve sprint sayıları gibi fiziksel yüklenme verilerini toplarken; video analiz yazılımları (örneğin Dartfish, Sportscodel) taktiksel davranışları detaylandırır (Cummins, Orr, O'Connor, & West, 2013). Ayrıca, yarı otomatik ofsait teknolojisi ve gol çizgisi teknolojisi gibi uygulamalar, hakem kararlarının doğruluğunu artırmada önemli rol oynamaktadır. Bu teknolojiler, veri odaklı karar verme süreçlerinin gelişmesini

sağlamakta ve hem bireysel hem de takım performansının izlenmesi açısından modern futbolun vazgeçilmez bileşenleri haline gelmiştir (Carling, Reilly, & Williams, 2009).

a. GPS ve Giyilebilir Teknoloji: Oyuncuların fiziksel aktiviteleri (koşu mesafesi, hız, ivme vb.) detaylı şekilde takip edilir. GPS (Global Positioning System) teknolojisi, futbolda oyuncuların fiziksel performanslarının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir araçtır. GPS cihazları; oyuncuların toplam koşu mesafesi, hız bölgeleri, sprint sayısı ve konumsal değişimleri gibi verileri yüksek doğrulukla kaydederek, antrenman ve maç yüklerinin objektif olarak izlenmesine olanak tanır (Cummins, Orr, O'Connor, & West, 2013). Bu veriler, oyuncuların fiziksel kapasitelerinin analiz edilmesinde ve antrenman programlarının kişiye özel düzenlenmesinde kritik öneme sahiptir. Örneğin, Akenhead ve Nassis (2016), GPS teknolojisinin yoğun maç takvimlerinde yorgunluk ve aşırı yüklenme risklerinin yönetilmesinde de etkili bir araç olduğunu vurgulamıştır. Özellikle 10 Hz GPS cihazlarının daha yüksek doğruluk sağladığı ve saha içi hareketlerin daha detaylı analizine imkân tanıdığı bildirilmektedir.

Giyilebilir teknoloji, futbolcularda performans izleme ve biyomekanik değerlendirme amacıyla kullanılan taşınabilir cihazları ifade eder. Bu teknolojiler arasında kalp atış hızı monitörleri, ivmeölçerler, jiroskoplar ve elektromiyografi (EMG) sensörleri yer almaktadır. Giyilebilir cihazlar; oyuncuların fizyolojik tepkilerini, kas aktivasyon düzeylerini ve hareket paternlerini gerçek zamanlı olarak kaydederek daha kapsamlı analizler yapılmasına olanak sağlar (Montgomery et al., 2010). Örneğin, Iverson ve arkadaşları (2019), futbol antrenmanlarında kullanılan giyilebilir

cihazların, yüklenme takibi ve sakatlık risklerinin erken tespiti açısından büyük avantajlar sunduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bu teknolojiler aracılığıyla oyuncuların toparlanma süreçleri ve antrenman yanıtları daha hassas bir şekilde izlenebilmekte, böylece performansın optimize edilmesi hedeflenmektedir.

- b. Video Temelli Pozisyon Takip Sistemleri (Opta, Wyscout, InStat vb.):** Top ve oyuncuların pozisyonları milimetrik doğrulukta takip edilerek veri analizleri yapılır. Video temelli pozisyon takip sistemleri, futbol maçlarında oyuncuların ve topun konumlarını üç boyutlu uzayda sürekli izlemeye olanak tanıyan ileri düzey analiz araçlarıdır. Bu sistemler, genellikle stadyuma yerleştirilen çoklu yüksek çözünürlüklü kameralar ve gelişmiş bilgisayarlı görüş algoritmaları ile çalışır. Opta, Wyscout ve InStat gibi platformlar, bu tür sistemlerin en yaygın ticari temsilcileri olup, maç esnasında ve sonrasında hem takım hem de bireysel performansın çok yönlü analizini sağlar (Linke, Link, & Lames, 2020). Bu sistemler aracılığıyla toplanan veriler, oyuncuların saha üzerindeki konumları, koşu mesafeleri, hızlanmalar, sprint sayıları, pas bağlantıları ve hatta mikro düzeyde oyun içi karar verme süreçleri gibi birçok parametreyi kapsamaktadır (Perl & Memmert, 2017). Pozisyon verileri sayesinde, takımların oyun stratejileri, formasyon değişimleri ve rakibe karşı uyguladıkları pres mekanizmaları detaylı şekilde çözümlenebilmektedir. Ayrıca, bu sistemler aracılığıyla elde edilen veriler hem nitel hem de nicel analiz yöntemleri ile entegre edilerek daha kapsamlı raporlar hazırlanmasına olanak tanımaktadır (Carling, Reilly, & Williams, 2009). Özellikle elit futbol takımları, bu tür video analiz sistemlerini kullanarak maç öncesi ve sonrası teknik toplantılar düzenlemekte;

rakip takımın güçlü ve zayıf yönlerini belirleyerek taktiksel hazırlıklarını optimize etmektedirler. Video analizlerinin avantajlarından biri de oyun içi karmaşık dinamiklerin objektif olarak kayıt altına alınması ve bu sayede teknik heyet ile oyuncular arasında daha somut ve görsel bir iletişim kurulmasıdır (Sarmiento et al., 2014). Bununla birlikte, video temelli pozisyon takip sistemlerinin doğruluğunu artırmak için yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknikleri giderek daha fazla entegre edilmektedir. Böylece, yalnızca veri toplamakla kalmayıp, otomatik modelleme ve performans tahminleri yapabilen sistemler geliştirilmektedir (Memmert, Lemmink, & Sampaio, 2017).

- c. **Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi:** Oyun modelleri çıkarma, oyuncu performanslarını tahmin etme ve oyun içi senaryoları simüle etme gibi alanlarda gelişmiş analizler sağlar. Futbolda yapay zekâ (YZ) ve makine öğrenmesi (MÖ), büyük veri kümeleri üzerinde otomatik öğrenme ve karar destek sistemleri geliştirme amacıyla giderek daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemler, özellikle oyuncu performanslarının modellenmesi, taktik analizler, sakatlık risklerinin öngörülmesi ve oyun içi kararların optimizasyonu gibi alanlarda devrim niteliğinde katkılar sunmaktadır (Bilek & Ulas, 2019). YZ ve MÖ algoritmaları, video analiz sistemleri, GPS verileri ve biyometrik sensörler aracılığıyla toplanan çok boyutlu verileri işleyerek, geçmiş performans desenlerini analiz eder ve geleceğe yönelik öngörülerde bulunur (Ruddy et al., 2020). Örneğin, XGBoost ve derin öğrenme ağları kullanılarak futbolcuların maç içi etkinliklerinin SHAP değerleri üzerinden analiz edilmesi hem takım taktiklerinin hem de bireysel performansların daha

nesnel ölçülmesini sağlar (Decroos et al., 2019). Ayrıca, makine öğrenmesi algoritmaları, oyun içi olayları otomatik olarak sınıflandırmak ve maçlardan elde edilen veri kümeleri üzerinden oyun desenlerini çıkarmak için de kullanılmaktadır (Le et al., 2017). Bu teknolojiler sayesinde antrenörler ve analistler, yalnızca geçmişe dayalı analizlerle değil, aynı zamanda proaktif stratejilerle oyun yönetimi gerçekleştirme şansı bulmaktadır. Bununla birlikte, makine öğrenmesinin başarısı, kullanılan veri setlerinin büyüklüğü ve kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, YZ tabanlı analizlerin futbol biliminde giderek daha fazla önem kazandığı ve performans analitiği için kritik bir bileşen haline geldiği vurgulanmaktadır (Huda et al., 2021).

4. Taktiksel ve Stratejik Analizler

Futbolda taktiksel ve stratejik analizler, takımın oyun planının, rakibin güçlü ve zayıf yönlerinin ve çeşitli oyun senaryolarının detaylı incelenmesini kapsar. Taktiksel analiz, daha çok maç esnasında uygulanan dizilişler, oyuncuların saha içi konumlanmaları ve oyun akışı içerisindeki karar mekanizmalarını değerlendirirken; stratejik analiz ise daha uzun vadeli planlamaları, sezonluk hedefleri ve rakiplere göre değişkenlik gösteren oyun yaklaşımlarını içerir (Sarmento et al., 2018). Taktik analizlerde genellikle oyun sistemleri (örneğin, 4-3-3 veya 3-5-2 dizilişleri), pres stratejileri ve geçiş oyunları öne çıkar. Bu analizler, takımın ofansif ve defansif organizasyonlarını anlamak için yapılabılır ve modern analiz yazılımları (örneğin, Wyscout, Hudl) bu süreçlerde kritik rol oynamaktadır (Carling, 2010). Örneğin, Sarmento ve arkadaşlarının (2014) yaptığı bir çalışma, elit futbol takımlarının defansif organizasyonlarında kompaktlığın

ve rakibe uygulanan baskının başarıya önemli katkılar sağladığını ortaya koymuştur.

Stratejik analiz ise rakip analizine dayalı olarak oyun planlarının sezon boyunca nasıl optimize edileceğini belirler. Bu analizlerde SWOT analizleri (güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler) ve oyun modellemeleri sıklıkla kullanılmaktadır (Memmert & Perl, 2009). Örneğin, turnuva esnasında değişen taktiksel eğilimler ve oyuncu rotasyonları, stratejik analizlerin temel unsurlarındandır. Taktik ve strateji kavramları her ne kadar birbirine yakın görünse de taktikler daha kısa vadeli oyun içi kararlarla ilgilenirken, strateji daha geniş çerçevede ve uzun vadeli amaçlarla ilişkilidir (Lago-Peñas & Dellal, 2010).

Bu analizlerin başarısı; doğru veri toplama, kaliteli video analizleri ve antrenör ile analistlerin ortak çalışmasıyla yakından ilişkilidir. Günümüzde taktiksel ve stratejik analizler, takımların rekabet avantajı sağlamasında kritik bir unsur haline gelmiştir.

- a. **Diziliş ve Formasyon Analizi:** Takımın sahada nasıl yer aldığı ve bu dizilişlerin oyun üzerindeki etkileri analiz edilir. Futbolda diziliş ve formasyon analizi, bir takımın saha içerisindeki organizasyonunu ve oyuncuların mekânsal dağılımını değerlendiren önemli bir inceleme alanıdır. Dizilişler (örneğin 4-4-2, 4-3-3, 3-5-2) takımın oyuna başlama yapısını belirtirken, formasyon bu dizilişin oyun içindeki dinamik değişimlerini ve oyuncuların saha içi rollerini ifade eder (Bradley et al., 2011). Analistler diziliş analizini yaparken, takımın ofansif ve defansif geçişlerdeki esnekliğini, oyuncular arasındaki mesafeleri ve hatlar arasındaki uyumu değerlendirir. Özellikle modern futbolda, dizilişlerin sabit olmaktan çok dinamik olduğu ve oyunun farklı anlarında

değişkenlik gösterdiği vurgulanmaktadır (Mermert & Perl, 2009). Örneğin, Guardiola yönetimindeki Manchester City'nin 4-3-3 dizilişten oyun esnasında 2-3-5 gibi ofansif bir yapıya geçmesi veya Simeone'nin Atletico Madrid'inin savunmada 4-4-2'den 4-5-1'e dönüşmesi, diziliş analizlerinin günümüzde ne kadar kritik olduğunu göstermektedir (Lago-Peñas & Dellal, 2010). Formasyon analizleri yalnızca taktiksel disiplini değil, aynı zamanda oyuncu yüklenmelerini ve fiziksel talepleri de anlamaya yardımcı olur. Bu nedenle diziliş analizleri, antrenörlerin maç hazırlıkları sırasında rakip analizlerinde ve kendi takımlarının oyun planlarında sıkça başvurduğu bir yöntemdir.

- b. Geçiş Oyunları Analizi (Transition):** Hücumdan savunmaya ve savunmadan hücumla geçişlerin başarıları ve hızı değerlendirilir. Futbol maçlarında geçiş oyunları, takımın top kazanma ve top kaybetme anları arasındaki geçişlerdeki oyun dinamiklerini analiz etmeyi ifade eder. Bu analiz, özellikle “hızlı geçiş” (counter-attack) ve “set oyunları” arasındaki farkları ve her birinin takımın savunma ve hücum anlayışındaki etkilerini anlamaya yöneliktir (Hughes & Franks, 2004). Geçiş oyunları, futbolun dinamik ve hızla değişen yapısı içinde kritik bir rol oynar ve maçın sonucunu belirleyen anlar sıklıkla bu geçiş dönemlerinde şekillenir. Geçiş analizi, top kaybindan sonra rakip takıma hızlıca saldırmak amacıyla yapılan “hızlı geçiş”leri ve top kazandıktan sonra savunma organizasyonunu bozan “hızlı hücum” stratejilerini kapsar. Özellikle ofansif geçişler, takımın hızla topu rakip kaleye yönlendirmesi, oyuncuların doğru pozisyon alması ve ani ataklarla rakip savunmayı aşmayı hedefler. Öte yandan, savunma geçişleri, rakipten topu kazandıktan sonra savunma disiplinini

kaybetmeden yeni bir savunma düzeni kurmayı içerir (Sarmiento et al., 2018). Bu geçiş oyunları, takımın stratejik olarak hızlı kararlar almasını gerektirir ve bu süreçlerin analizi, bir takımın organizasyonel becerilerini, hızını ve oyun anlayışını yansıtır. Geçiş oyunları analizleri, gelişmiş video analiz yazılımları ve izleme sistemleriyle daha doğru ve ayrıntılı hale gelmiştir. Takımlar, geçiş anlarını değerlendirmek için maç videolarını izleyerek, oyuncu hareketliliğini, takım organizasyonlarını ve top kazanma/kaybetme anlarındaki verimliliği ölçerler. Bu analiz, antrenörlerin ve oyuncuların bu kritik geçiş dönemlerinde daha etkili stratejiler geliştirmelerine olanak tanır (Bradley et al., 2011). Geçiş oyunlarının analizi, takımların hem hücumda hem de savunmada hızlı ve etkili kararlar alabilmelerini sağlamak için önemlidir ve modern futbolun temel analiz yöntemlerinden birini oluşturur.

- c. **Set Oyunu Analizi:** Kornerler, serbest vuruşlar gibi duran toplardaki organizasyonlar incelenir. Futbolun taktiksel açıdan en önemli öğelerinden biri de set oyunlarıdır. Set oyunları, maçın belirli bir anında belirli bir düzen ve taktikle uygulanan stratejilerdir. Bu tür oyunlar, genellikle duran toplardan sonra başlar ve takımın savunma veya hücum stratejileri doğrultusunda şekillenir. Set oyunları analizinde, özellikle serbest vuruşlar, kornerler, taç atışları ve penaltılar gibi oyunlar incelenir. Takımlar, bu duran topları en iyi şekilde değerlendirebilmek için önceden hazırlıklı olurlar, çünkü bu anlar maçın kaderini değiştirebilecek fırsatlar sunar (FIFA, 2016). Set oyunu analizi, bu duran topların her birinin nasıl organize edildiğini, hangi oyuncuların hangi pozisyonlarda yer aldığını, topun nasıl kullanılacağını ve rakip takımın

savunma stratejilerinin nasıl aşıldığını inceleyen bir süreçtir. Örneğin, bir korner organizasyonunda, topun nereye gönderileceği, kimlerin koşuya çıkacağı, kimlerin savunma yapacağı ve hücum yapan oyuncuların nasıl hareket edeceği çok önemlidir. Set oyunları analizi, bu organizasyonların doğruluğunu ve verimliliğini değerlendirir, hangi stratejilerin daha başarılı olduğunu ve hangi durumların takımın set oyunlarından ne kadar faydalandığını ortaya koyar (Pastore et al., 2017). Bir başka önemli nokta ise set oyunları ile ilgili istatistiksel verilerin toplanması ve analizidir. Hangi oyuncuların başlattığı set oyunları, bu oyunların sonucu olarak oluşan gol ve gol fırsatları, takımın başarı oranları gibi metrikler incelenebilir. Bu analizler, set oyunlarında kullanılan taktiklerin başarısını objektif bir şekilde değerlendirmek için kullanılır. Takımlar, bu analizlerden elde ettikleri verilerle set oyunlarını geliştirebilir, zayıf noktalarını güçlendirebilir ve rakip takımlara karşı avantaj sağlayabilir (González-Rodenas et al., 2021). Set oyunu analizi futbolun stratejik yönünün önemli bir parçasıdır ve gelişmiş video analiz araçları ve yazılımlarıyla desteklenmektedir. Bu analizler, antrenörlere takımın oyun düzenini optimize etme fırsatı verirken, oyunculara da maç içindeki görevlerini daha verimli bir şekilde yerine getirme olanağı sunar.

5. Rakip Analizi

Rakip analizi, futbol takımlarının maç öncesinde veya sezon boyunca rakiplerinin güçlü ve zayıf yönlerini, oyun stratejilerini, kilit oyuncularını ve genel taktik anlayışlarını derinlemesine inceledikleri bir süreçtir. Bu analiz, bir takımın rakibine karşı etkili stratejiler geliştirebilmesi için temel bir adımdır ve başarısını önemli ölçüde etkiler (O'Donoghue,

2018). Rakip analizi, sadece bireysel oyuncu özelliklerini değerlendirmekle kalmaz, aynı zamanda takımın genel oyun yapısını, oyun içindeki tutumlarını, topa sahip olma alışkanlıklarını ve geçiş oyunları gibi dinamikleri de kapsar (Hughes & Franks, 2004). Rakip takımın güçlü yönlerinin belirlenmesi, rakibin hangi durumlarda en etkili olduğunu anlamayı içerir. Örneğin, bir takımın hücumdaki verimliliği veya savunmadaki organizasyonu, rakip takımın savunma ve hücum stratejilerinin birer göstergesidir. Güçlü yönlerin analizi, rakip takımın hangi durumlarda daha tehlikeli olduğunu ve hangi oyuncuların bu güçlü yönleri harekete geçirdiğini belirler (Sarmiento et al., 2018). Zayıf yönler ise genellikle takımın savunma hataları, top kaybı oranları veya bireysel oyuncuların zayıf performansları gibi unsurlar olarak tanımlanır. Zayıf yönler üzerinden yapılan analizler, rakibe karşı hangi stratejilerin geliştirileceğini belirler.

Rakip analizi aynı zamanda takımın oyun stratejilerini de kapsar. Rakiplerin genel oyun düzeni, oyun içindeki anahtar prensipleri ve stratejik tercihleri dikkatle incelenir. Bu stratejiler, rakip takımın oyun felsefesini yansıtır ve genellikle topa sahip olma, baskı yapma veya hızlı geçiş oyunları gibi unsurlar üzerinden şekillenir. Bu unsurların analiz edilmesi, rakibin oyun stiline göre belirli zayıf noktaların keşfedilmesini sağlar (Bradley et al., 2011). Kilit oyuncuların analizi rakip takımın yıldız oyuncularının performansını ve oyun içindeki etkilerini anlamaya yöneliktir. Bu oyuncuların oyun tarzları, yetenekleri ve maç içindeki rollerine dair detaylı bir inceleme, onların etkili olabileceği pozisyonlar ve durumlar hakkında bilgi verir. Örneğin, rakibin en güçlü hücum oyuncusunun hangi pozisyonlarda etkili olduğunu bilmek, takımın savunma stratejisini buna göre şekillendirmesine yardımcı olur (Sarmiento et al., 2018). Rakip analizi bir futbol takımının oyun stratejilerini optimize edebilmesi, güçlü yönlerini kullanabilmesi ve rakiplerinin zayıf noktalarından

faaydalanabilmesi için çok kritik bir adımdır. Bu analizler, gelişmiş video analiz yazılımları, istatistiksel veriler ve gözlem süreçleriyle desteklenir ve modern futbolun ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir.

6. Psikolojik ve Mental Analizler

Futbol, fiziksel yeteneklerin yanı sıra, oyuncuların psikolojik ve mental durumları üzerinde de büyük bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, bir futbol takımının maç içindeki stresle başa çıkma yetisi, motivasyonu ve odaklanma durumu, maçın sonucunu etkileyen önemli faktörler arasında yer alır. Psikolojik ve mental analizler, takımın bireysel ve kolektif ruh halini inceleyerek, oyuncuların oyun performanslarını daha iyi anlayabilmeyi amaçlar (Gould et al., 1993).

a. **Stresle Başa Çıkma Yetisi:** Futbolcular, maç esnasında zaman zaman büyük baskılarla karşı karşıya kalabilirler. Bu baskılar, özellikle maçın kritik anlarında, örneğin önemli bir penaltı veya son dakikada kaybedilen bir gol durumunda daha belirgin hale gelir. Bir takımın stresle başa çıkma yetisi, oyuncuların bu tür durumlarla ne kadar sakin ve kontrollü bir şekilde başa çıkabildiklerini gösterir. Bu tür analizler, oyuncuların duygusal dayanıklılıklarını ve stresle mücadele becerilerini değerlendirmeye yönelik psikolojik testler, gözlemler ve hatta video analizleri ile yapılabilir (Cerin et al., 2006). Bu analizler, takımın mental sağlığını geliştirmek için antrenman programlarına dahil edilebilir.

b. **Motivasyon:** Motivasyon, bir takımın oyun içindeki performansını doğrudan etkileyen psikolojik bir faktördür. Motivasyon seviyesi, oyuncuların takım hedeflerine ulaşmak için ne kadar çaba sarf ettiğini ne kadar kararlı olduklarını ve oyunun her anında

konsantre olma becerilerini etkiler. Motivasyon analizi, oyuncuların bireysel ve kolektif hedeflere ulaşmadaki kararlılığını inceleyen testler ve anketlerle yapılabilir (Vallerand, 2007). Özellikle takımın zayıf performans gösterdiği dönemlerde motivasyon düzeyini artırmaya yönelik stratejiler geliştirilmesi önemlidir.

- c. **Odaklanma Durumu:** Futbolcuların, özellikle hızlı tempolu oyunlar ve zorlayıcı anlar sırasında odaklanma becerileri kritik öneme sahiptir. Oyuncuların odaklanma durumları, onların karar verme süreçlerini, pozisyon alma ve topa müdahale etme hızlarını etkileyebilir. Bu analiz, oyuncuların dikkatsizlik veya dağılma durumlarına ne sıklıkla düştüklerini, rakiplerinin baskısı altında ne kadar odaklanabildiklerini değerlendirmeye yöneliktir. Video analizleri, maçlarda oyuncuların pozisyon değişimlerini ve oyun içindeki kararlarını takip ederek odaklanma seviyelerini incelemek için kullanılabilir (Gould et al., 2002).

Futbolcuların psikolojik ve mental analizleri, takımın genel performansını iyileştirmek ve oyun stratejilerini kişiselleştirmek için önemli bir araçtır. Bu tür analizler, sadece bireysel oyuncuların değil, aynı zamanda tüm takımın oyun içindeki tutumunu, kararlılığını ve uyumunu değerlendirmek için de kullanılır. Bu analizler sayesinde, antrenörler, oyuncularının zayıf olduğu mental alanları tespit ederek gerekli müdahaleleri yapabilir ve oyuncuların oyun içindeki ruhsal sağlıklarını artırabilirler.

SONUÇ

Futbol, stratejinin, teknik bilginin ve bireysel yeteneklerin birleşimiyle şekillenen dinamik bir spor dalıdır. Bu nedenle

futbol müsabaka analizi, bir takımın performansını değerlendirmek, oyun stratejilerini optimize etmek ve rakiplerin güçlü ve zayıf yönlerini anlamak adına büyük önem taşır. Çalışma, futbol müsabaka analizinde kullanılan farklı yöntemleri kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamış ve bu yöntemlerin modern futbolun dinamiklerini nasıl şekillendirdiğini ortaya koymuştur.

Gözlem temelli analizler futbol maçlarının değerlendirilmesinde ilk adım olarak öne çıkar. Antrenörler ve gözlemciler maç sırasında önemli olayları manuel olarak kaydederek oyuncu performanslarını detaylı bir şekilde izler. Bu analiz türü, bireysel performansın yanı sıra takım stratejilerinin de gözlemlenmesini sağlar. Ancak bu yöntem, belirli bir düzeyde subjektiflik barındırabilir ve hatalı yorumlara yol açaabilir. Bu noktada video analizi devreye girer. Video analizi, maçın kaydedilen görüntüleri üzerinden oyuncu hareketlerini ve takım stratejilerini inceleme imkânı sunar. Antrenörler, oyuncuların maç boyunca nasıl bir performans sergilediklerini daha objektif bir şekilde değerlendirebilirler. Ayrıca video temelli pozisyon takip sistemleri, oyuncuların ve takımların taktiksel hareketlerini daha ayrıntılı bir biçimde izlemeyi sağlar.

Notasyon analizi maçta gerçekteen olayların belirli bir koda dayalı olarak kaydedilmesi yöntemidir. ut, pas, korner gibi olaylar belirli sembollerle işaretlenerek analiz edilmekte ve istatistiksel veriler oluşturulmaktadır. Bu analiz türü, futbol maçlarında hangi olayların hangi sıklıkla meydana geldiğini göstererek takım performansını ve stratejik kararları anlamada yardımcı olur. Bu yöntemin avantajı, maç boyunca büyük miktarda veri toplama ve bu verileri analiz ederek stratejik çıkarımlar yapma yeteneğidir.

Son yıllarda teknolojik gelişmeler futbol analizi alanında büyük bir devrim yaratmıştır. GPS cihazları ve

giyilebilir teknolojiler, oyuncuların fiziksel performanslarını gerçek zamanlı olarak izlemeye olanak tanır. Bu cihazlar, oyuncuların hızını, koşu mesafesini, kalp atış hızını ve diğer fiziksel parametreleri takip ederek, oyuncuların antrenman ve maç performanslarını daha detaylı bir şekilde değerlendirmeye imkân tanır. Aynı zamanda, video temelli pozisyon takip sistemleri, takımın topa sahip olma oranını, oyuncuların pozisyonlarını ve oyun içindeki etkileşimlerini izleyerek takımın genel performansını analiz eder.

Yapay zekâ (AI) ve makine öğrenmesi gibi teknolojiler de futbol analizinde devrim yaratmaktadır. Bu teknolojiler, büyük veri setlerini işleyerek, maç öncesi ve sonrası analizleri daha verimli hale getirir. AI, oyuncuların geçmiş performanslarını analiz ederek, olası performans tahminleri yapabilir ve antrenörlerin stratejik kararlar almasına yardımcı olabilir. Makine öğrenmesi algoritmaları, oyuncuların oyun içindeki farklı durumlarla nasıl başa çıktığını analiz ederek, oyuncu gelişimini izlemeye ve iyileştirme alanlarını tespit etmeye olanak tanır.

Taktiksel ve stratejik analizler de futbolun önemli bir parçasıdır. Diziliş ve formasyon analizi, takımların oyun anlayışını anlamada ve rakiplere karşı nasıl bir avantaj elde edilebileceğini belirlemede kullanılır. Geçiş oyunları (transition) analizi, takımın top kaybı sonrasında nasıl reaksiyon gösterdiğini ve hızlı hücum yapma stratejilerini anlamaya yardımcı olur. Set oyunları analizi ise duran topların nasıl değerlendirildiğini ve bunlardan nasıl gol üretilebileceğini ortaya koyar. Bu analizler, takımların oyun stratejilerinde kritik değişiklikler yapmasına ve rakiplerinin zayıf noktalarından yararlanmalarına olanak tanır.

Rakip analizi futbolun önemli bir yönüdür. Rakip takımın güçlü ve zayıf yönlerinin analiz edilmesi, oyun stratejilerini geliştirmek için kritik öneme sahiptir. Bir

rakibin oyun planlarını ve kilit oyuncularını anlamak, takımın o rakibe karşı nasıl oynayacağını belirler. Bu analiz, takımların rakiplerine karşı nasıl daha etkili olabileceklerini belirlemek için stratejik bir yol haritası sunar.

Son olarak psikolojik ve mental analizler futbol analizi alanında giderek daha fazla önem kazanmıştır. Takımın maç içindeki stresle başa çıkma yeteneği, motivasyonu ve odaklanma durumu gibi unsurlar, oyun performansını doğrudan etkileyebilir. Bu faktörlerin izlenmesi ve iyileştirilmesi, oyuncuların daha iyi performans göstermelerini sağlayabilir.

Özetle futbol müsabaka analizi takımların oyunlarını optimize etmelerine, stratejilerini geliştirmelerine ve rakiplerine karşı avantaj elde etmelerine yardımcı olur. Gelişen teknolojiler ve analiz yöntemleri, futbolun dinamiklerini daha iyi anlamamıza olanak tanımakta ve bu alandaki en son yenilikler, gelecekte futbol analizi alanının daha da evrilmesini sağlayacaktır.

Kaynakça

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587–593. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krusturup, P. (2011). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 159–168. <https://doi.org/10.1080/02640410802512775>
- Carling, C. (2010). *Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team*. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 319–326. <https://doi.org/10.1080/02640410903473851>
- Carling, C., Reilly, T., & Williams, A. M. (2009). *Performance assessment for field sports*. Routledge.
- Carling, C., Williams, A. M., & Reilly, T. (2005). *Handbook of soccer match analysis: A systematic approach to improving performance*. Routledge.
- Castellano, J., Casamichana, D., & Lago, C. (2012). The use of match statistics that discriminate between successful and unsuccessful soccer teams. *Journal of Human Kinetics*, 31, 137–147. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0015-7>
- Cerin, E., Eston, R., & Sallis, J. F. (2006). *Psychological and behavioral responses to stress in sport*. *Journal of Applied Sport Psychology*, 18(3), 295–309. <https://doi.org/10.1080/10413200600821189>
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025–1042. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2>
- FIFA. (2016). *The Football World Cup: Technical study report* (2014). FIFA. <https://www.fifa.com>

- González-Rodenas, J., García-Rubio, J., & Templin, J. (2021). *Set-piece routines in soccer: The importance of training and analyzing set pieces*. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 16(1), 28–38. <https://doi.org/10.1177/1747954120982876>
- Gould, D., Eklund, R., & Jackson, S. (2002). *Mental skills training in sport*. *Handbook of Sport Psychology*, 2, 55–72.
- Gould, D., Tuffey, S., Udry, E., & Loehr, J. (1993). *Psychological skills for enhancing performance: Arousal regulation strategies*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 25(5), 619–630. <https://doi.org/10.1249/00005768-199305000-00012>
- Hughes, M., & Bartlett, R. (2015). What is performance analysis?. In *Essentials of performance analysis in sport* (pp. 18-28). Routledge.
- Hughes, M., & Franks, I. M. (2004). *Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer*. *Journal of Sports Sciences*, 22(7), 594-599. <https://doi.org/10.1080/02640410310001656943>
- Hughes, M., & Franks, I. M. (Eds.). (2004). *Notational analysis of sport: Systems for better coaching and performance in sport*. Psychology Press.
- Iverson, G. L., Terry, D. P., & Atkins, J. E. (2019). Wearable technology and football: monitoring and performance optimization. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(4), 456–462. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.09.004>
- Lago-Peñas, C., & Dellal, A. (2010). Ball possession strategies in elite soccer according to the evolution of the match-score: the influence of situational variables. *Journal of Human Kinetics*, 25, 93–100. <https://doi.org/10.2478/v10078-010-0036-z>
- Linke, D., Link, D., & Lames, M. (2020). Validation of position tracking with a high standard video tracking sys-

- tem in soccer. *PloS One*, 15(2), e0229806. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229806>
- Memmert, D., & Perl, J. (2009). Game analysis in football: A comparison of neural networks and traditional analysis methods. *International Journal of Computer Science in Sport*, 8(1), 1–17.
- Memmert, D., Lemmink, K. A., & Sampaio, J. (2017). Current approaches to tactical performance analyses in soccer using position data. *Sports Medicine*, 47(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0562-5>
- Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 519–528. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
- Montgomery, P. G., Pyne, D. B., Cox, A. J., Hopkins, W. G., & Minahan, C. L. (2010). Muscle damage, inflammation, and recovery interventions during a 3-week international basketball tournament. *European Journal of Sport Science*, 10(5), 283–292. <https://doi.org/10.1080/17461391003770552>
- O'Donoghue, P. (2014). *An introduction to performance analysis of sport*. Routledge.
- Pastore, R., Müller, F., & Di Salvo, V. (2017). *Set-piece analysis and its influence on soccer match outcomes*. *Journal of Sports Sciences*, 35(3), 266–273. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1184345>
- Perl, J., & Memmert, D. (2017). Net-based game analysis: A tool for comprehensive analysis of positional data in football. *International Journal of Computer Science in Sport*, 16(1), 47–60. <https://doi.org/10.1515/ijcss-2017-0003>
- Sarmiento, H., Anguera, M. T., Pereira, A., & Araújo, D. (2018). Talent identification and development in male football: A systematic review. *Sports Medicine*, 48(4), 907–931. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0851-7>

- Sarmiento, H., Marcelino, R., Anguera, M. T., Campaniço, J., Matos, N., & Leitão, J. (2014). Match analysis in football: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1831–1843. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.898852>
- Vallerand, R. J. (2007). *Intrinsic and extrinsic motivation in sport and exercise: A review and synthesis*. *Handbook of Sport Psychology*, 3, 59–78. <https://doi.org/10.1002/9780470692556.ch3>
- Williams, M., Reilly, T., & Carling, C. (2005). *Handbook for soccer match analysis*. Oxon: Routledge.

Futbolda Maç Analizinde ve Ağ Biliminde Kullanılan Yazılımlar

Halil Orbay Çobanoğlu¹

Meriç Ödemiş²

Özet

Futbolda maç analizi, takım performansını optimize etmek ve teknik-taktik stratejileri geliştirmek için kullanılan önemli bir yöntemdir. Teknolojik gelişmelerle birlikte, maç analizinde kullanılan programların çeşitliliği ve işlevselliği artmıştır. Bu çalışmada, futbol müsabakalarının analizinde kullanılan çeşitli yazılımlar incelenmiştir.

Günümüzde popüler olan maç analiz programları arasında SciSports, MathBall, Fstats, ve AI-Powered Sports gibi yazılımlar öne çıkmaktadır. SciSports, yapay zeka tabanlı veri analizi ve taktiksel planlama sunarken, MathBall, canlı veya kaydedilmiş görüntülerden elde edilen parametrik verilerle detaylı istatistikler sağlar. Fstats, oyuncuların fiziksel performansını izleyerek takım dinamiklerini analiz ederken, AI-Powered Sports, oyun içi kritik anları etiketleyerek antrenörlere anlık geri bildirim imkanı sunar.

1 Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, orbay.cobanoglu@alanya.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-1305-9496>

2 Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rekreasyon Bölümü, meric.odemis@alanya.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-2034-4295>

Maç analizinin yanı sıra futbolun ağ bilimi analizine yönelik yazılımlar da önem taşımaktadır. Graphviz, RStudio, Gephi ve Cytoscape gibi programlar, futbol takımlarının pas ağlarını ve oyuncu bağlantılarını analiz etmek için kullanılır. Bu yazılımlar, takım içi ve rakip takım ilişkilerini anlamak, oyun kalıplarını belirlemek ve stratejik analizler yapmak için güçlü araçlar sunar.

Sonuç olarak, futbol maç analizinde kullanılan yazılımlar, veriye dayalı karar alma süreçlerini kolaylaştırmakta ve antrenörlerin stratejik planlama yapmasına katkı sağlamaktadır. Ağ biliminden yararlanarak oyuncu bağlantılarının değerlendirilmesi de takım performansını daha iyi analiz etmeye olanak tanımaktadır.

GİRİŞ

Futbol takımlarının hedefledikleri başarının gerçekleşmesinde planlama, uygulama ve değerlendirme aşamalarını göz önünde bulundurarak hareket etmesi ve bu doğrultuda aksiyon alması şüphesiz kaçınılmazdır. Bu bakımdan antrenörlerin günümüzde takımın antrenmanda ve maç esnasında performansını görebilme de ve buna ilişkin değerlendirmeler yapabileceği birden fazla yöntem bulunmaktadır. Maç ve ağ analiz yöntemi de bunlardan biridir.

Maç analizindeki veri akışı, müsabakalar sırasında takım performansını değerlendirmek için yeni ölçütlerin geliştirilmesiyle sonuçlanmış, antrenörlere ve analistlere takım dinamikleri ve performansı hakkında detaylı bilgiler sunmaktadır (Mehta ve diğ., 2024; Pueyo Romeo ve diğ., 2024).

Futbol maç analizlerinin teknik, taktik ve fiziksel performans değişkenlerini tanımlama, karşılaştırma ve tahmin etme üzerine yoğunlaştığı belirtilmiştir. Araştırmalar, oyun yeri, rakip takımın kalitesi, maç durumu ve maçla ilgili

durumsal değişkenlerin oyuncuların performansı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Carling ve diğ. 2014).

Gelişen teknolojiyle beraber maç analizi programları her geçen gün artmakta ve yazılımlarına yeni özellikler de eklenmektedir. Dünya da şu anda bir çok analiz programı kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları şu şekildedir;

SciSports

SciSports' un futbol analiz yazılımı, yapay zeka destekli birden fazla izleme ve etkinlikle veri akışını özel parametrelerle birleştirir. Hem fiziksel hem de taktik analiz, raporlama ve görselleştirmeleri dahil ederek, antrenör ekibinin ve oyuncuların performansını en üst düzeye çıkarmalarına katkı sağlar. Ayrıca karşı press, top sürme etkisi ve hatlar (çizgiler) arasındaki mesafe gibi unsurları analiz ederek, antrenör ekibinin taktik planının yürütülmesi hakkında detaylı bilgiler verir. SciSports yazılımı önemli anları senkronize video görüntüleri ile 2B animasyonda görselleştirir. Böylece oyun sırasında çeşitli anlarda yapılan seçimlerin derinlemesine anlaşılmasını sağlar.

MathBall

Antrenörlere, oyunculara, menajerlere, hakemlere, medyaya ve taraftarlara futbol maçlarının çok detaylı istatistiklerini sağlayan bir yazılımdır. MathBall, bir futbol maçının eylemlerinden ve olaylarından bir veri tabanı oluşturmak için canlı veya kayıtlı video görüntüleri kullanan bir parametrik veri girişi aracı sunar. Yazılım, bir takımın bir veya daha fazla maçını kapsayan sorgulardan eylem listeleri üretebilir, zengin istatistikler hesaplayabilir ve filtrelenmiş eylemleri görüntüleyebilir. MathBall tüm hücum ve defans aksiyonlarını gerekli parametrelerle girer. Sistem ayrıca tüm oyun olaylarını da depolar. Hücum aksiyonları arasından bazıları; top kontrolleri, driplingler, paslar, ortalar ve

şutlar bulunur. Defans aksiyonları arasında ise mücadeleler, müdahaleler ve kurtarışlar bulunur. Tüm aksiyonlar zaman çizelgesinde birbirini takip eder ve kesintisiz bir aksiyon akışı olması için tüm oyun duraklarına girilir. Analiz aşamasında, eylemler video desteğiyle sunulur. MathBall oyunu yalnızca girilen eylemlere göre değil, aynı zamanda ataklara göre de otomatik olarak analiz edebilir. Bu nedenle, oyun stilleri hakkında bilgi de türetebilir.

Fstats Maç Analiz Programı

Her oyuncunun fiziksel performansına, tek bir maçta ve sezon boyunca, toplu fitness verileriyle yeni öngörüler sunar. Takımın formundaki değişiklikleri, topla ve topsuz, önemli anlarda vurgulayarak maç öncesi ve maç sonrası takım analizinizi geliştirir. Defans takımı tarafından topa uygulanan baskının maç sonucu üzerindeki etkisini vurgular. Oyuncuların topla karar verme süreçlerini, seçtikleri ve seçmedikleri pas türlerini gösterir. Oyun stillerine yönelik bir oyundaki her bir pozisyonu, topla ve topsuz takımların farklı yaklaşımlarını karşılaştırmanıza olanak tanıyan, aşamalara ayırır. Her oyuncunun hücum ve defans topsuz koşularını otomatik olarak algılar ve kategorilere ayırır ve bir oyuncunun oyundaki performansını analiz etmek için yeni fırsatlar sunar. Saniyede 25 karede yakalanan ve FIFA' nın performans eşiklerine göre ayrılan fitness verileri, her oyuncunun yüksek yoğunluklu performansına dair yeni öngörüler sağlar. Toplam kat edilen mesafelerin ve yüksek sprintlerin yanı sıra, bir oyuncunun maç sırasındaki maksimum hızını ve toplam yüksek ivmelenmelerini yakalar. Ayrıca pas tahminleri, pres yoğunluğu ve hat (alan) kırımları hakkında bilgiler verir.

AI-Powered Sports Futbol Analiz Programı

Yazılım goller, fauller veya taktiksel değişiklikler gibi önemli anları etiketleyerek oyun görüntülerini otomatik

olarak parçalara ayırır. Bu, antrenörlerin videoları manuel olarak incelemek için saatler harcamasına gerek kalmamasını sağlayarak, oyuncu performansı ve takım dinamikleri hakkında anında bilgiler sağlar. Hız, dayanıklılık ve pozisyon gibi gerçek zamanlı oyuncu ölçümleri sunarak antrenörlerin maçlar veya antrenmanlar sırasında hızlı ayarlamalar yapmasına olanak tanır. Verilere anında erişim, antrenörlerin oyunculara anında geri bildirim sağlamasını, oyun içi kararları ve antrenman etkinliğini iyileştirmesini sağlar. Her oyuncunun hareketlerini, biyomekanik verilerini ve takıma genel katkılarını izler. Bireysel performans hakkında ayrıntılı raporlar sunarak, antrenörlerin verileri manuel olarak toplayıp analiz etmeden sporcunun güçlü yönleri, zayıflıkları ve iyileştirilecek alanlarını belirlemesini kolaylaştırır.

Diğer analiz programları ise; Prozone, E-Asistan, E-Analiz Programı, MUNA Futbol Analiz Programı, SIMI Scout Futbol Analiz Programı, Liverpool Polytechnic Analiz Programı, Castrol ve Futbol, Sportvas Futbol Video Programı, Catapult-Gerçek Zamanlı GPS ve Sporcu Performans Takip ve Analiz Sistemi, Sentio, Sportstec Analiz Programı, Posiscope Analiz Programı, Amisco Maç Analiz Programı, Match Study ve BEPRO's Editor software şeklinde belirtilebilir.

Son yıllarda, takım ağ analizi, takım içindeki hem kolektif hem de bireysel davranışları gösterdiğinden giderek ilgi görmeye başlamıştır (Buldú vd., 2018; Pacheco vd., 2022). Ağ analiziyle oyuncu pas ağları, oyuncuların ve pasların bağlantılar olarak temsil edildiği topa sahip olma dizileri sırasında oyuncular arasındaki bağlantıların haritalanmasıyla oluşturulabilir. Belirli ağ metriklerini analiz ederek, bir takımın performansını ve her oyuncunun bireysel katkısı değerlendirilebilir (da Conceição Alves et al. 2025).

Ağ analizi rakip izleme ve maç hazırlığı yapmada oldukça faydalıdır. Ağ yapısını anlamak sadece bir takımındaki kilit oyuncuları vurgulamakla kalmaz, aynı zamanda oyun kalıplarını ve takımın savunmasız olabileceği alanları da ortaya çıkarır (da Conceição Alves ve diğ. 2025). Ağ analiziyle takımlar, rakibin ağında hangi oyuncuların odak noktası olduğunu tespit ederek ve oyun kurma eğilimlerini anlayarak, savunma stratejilerini bu kilit etkileşimleri bozacak şekilde uyarlayabilir ve rakibin gol fırsatları yaratma etkinliğini azaltabilir (Aquino ve diğ., 2019; Martins ve diğ., 2020; Sarmiento ve diğ., 2020; Alves ve diğ., 2022; Gong ve diğ., 2023). Ağ analiz programlarından birkaçı ise şu şekildedir;

Graphviz

Açık kaynaklı grafik görselleştirme yazılımıdır. Grafik görselleştirme, yapısal bilgileri soyut grafiklerin ve ağların diyagramları olarak temsil etmenin bir yoludur. Ağ oluşturma, biyoinformatik, yazılım mühendisliği, veritabanı ve web tasarımı, makine öğrenimi ve diğer teknik alanlar için görsel arayüzlerde önemli uygulamaları vardır.

R studio

RStudio IDE (veya RStudio), istatistiksel hesaplama ve grafikler için bir programlama dili olan R için entegre bir geliştirme ortamıdır. İki formatta mevcuttur: RStudio Desktop normal bir masaüstü uygulamasıdır, RStudio Server ise uzak bir sunucuda çalışır ve bir web tarayıcısı kullanarak RStudio'ya erişmeyi sağlar.

Gephi

Gephi, grafik ve ağ analizi için açık kaynaklı bir yazılımdır. Büyük ağları gerçek zamanlı olarak görüntülemek ve keşfi hızlandırmak için bir 3D render motoru kullanır. Esnek ve çok görevli bir mimari, karmaşık veri setleriyle çalışmak ve

değerli görsel sonuçlar üretmek için yeni olanaklar sunar. Ağların etkileşimli keşfi ve yorumlanması bağlamında Gephi'nin birkaç temel özelliği ağ verilerine kolay ve geniş erişim sağlar ve uzamsallaştırma, filtreleme, gezinme, manipülasyon ve kümelemeye izin verir.

Cytoscape

Cytoscape, moleküler etkileşim ağlarını ve biyolojik yolları görselleştirmek ve bu ağları ek açıklamalar, gen ekspresyon profilleri ve diğer durum verileriyle entegre etmek için açık kaynaklı bir yazılım platformudur. Cytoscape başlangıçta biyolojik araştırmalar için tasarlanmış olmasına rağmen, şimdi karmaşık ağ analizi ve görselleştirme için genel bir platformdur. Cytoscape çekirdek dağıtımı, veri entegrasyonu, analizi ve görselleştirmesi için temel bir dizi özellik sağlar.

Bunun yanı sıra diğer ağ analiz programlarından Graphia, GrapInsight, Orange, SemSpect, SocNetV, Tulip, Ucinet, VOSviewer, Paessler PRTG, SolarwindsI, Wireshark, Opmanager, NetSpot, Auvik, Node xl, LogicMonitor, Nagios, NinjaOne, Igraph, NetFlow Analyzer, Cuttlefish, Dynatrace, NetCruch, NetworkX şeklinde örneklendirebilir.

SONUÇ

Futbolda maç analizi, modern antrenman süreçlerinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Gelişen teknolojiyle birlikte analiz yöntemleri ve yazılımları da büyük bir çeşitlilik göstermektedir. SciSports, MathBall, Fstats ve AI-Powered Sports gibi yapay zeka tabanlı yazılımlar, futbol maçlarında teknik, taktik ve fiziksel performansın detaylı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu yazılımlar, antrenörlerin stratejik karar alma süreçlerini veriye dayalı olarak desteklemekte ve takımın oyun dinamiklerini daha iyi anlamalarına yardımcı olmaktadır.

Ayrıca ağ bilimi tabanlı analiz yazılımları olan Graphviz, RStudio, Gephi ve Cytoscape gibi araçlar, takım içi pas bağlantıları ve oyuncu etkileşimlerini analiz ederek takım yapısının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Bu analizler, rakip takımların oyun yapısının çözümlenmesi ve strateji geliştirme açısından da kritik bir rol oynamaktadır.

Sonuç olarak, futbol maç analizinde kullanılan programlar, hem bireysel oyuncu performansının hem de takımın kolektif yapısının objektif bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Antrenörler ve analiz ekipleri, bu yazılımları kullanarak daha bilinçli kararlar alabilmekte ve saha içi performansı optimize edebilmektedir.

Kaynakça

- Alves, R., Sousa, T., Vaz, V., Sarmiento, H., Bradley, P., & Dias, G. (2022). Analysis of the interaction and offensive network of the Portuguese national team at the 2016 European Football Championship. *Retos*, 47, 35–42. <https://doi.org/10.47197/retos.v47.94621>
- Aquino, R., Machado, J. C., Manuel Clemente, F., Praça, G. M., Gonçalves, L. G. C., Melli-Neto, B., Ferrari, J. V. S., Vieira, L. H. P., Puggina, E. F., & Carling, C. (2019). Comparisons of ball possession, match running performance, player prominence and team network properties according to match outcome and playing formation during the 2018 FIFA World Cup. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(6), 1026–1037. <https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1689753>
- Buldú, J. M., Busquets, J., Martínez, J. H., Herrera-Diestra, J. L., Echegoyen, I., Galeano, J., & Luque, J. (2018). Using Network Science to Analyse Football Passing Networks: Dynamics, Space, Time, and the Multilayer Nature of the Game. *Frontiers in Psychology*, 9, 1900. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01900>
- Carling, C., Reilly, T., & Williams, A. M. (2014). *Match analysis in football: a systematic review*. *Journal of Sports Sciences*, 32(20), 1831–1843.
- da Conceição Alves, R. J., Dias, G., Vaz, V., Querido, S., & Nunes, N. (2025). Network analysis of offensive dynamics in a Portuguese first division football team: insights from the 2020-2021 season. *Retos*, 65, 1045–1055. <https://doi.org/10.47197/retos.v65.110295>
- Gong, B., Zhou, C., Gómez, M. Á., & Buldú, J. M. (2023). Identifiability of Chinese football teams: A complex networks approach. *Chaos, Solitons and Fractals*, 166. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2022.112922>
- Martins, F., Gomes, R., Lopes, V., Silva, F., & Mendes, R. (2020). Node and Network Entropy—A Novel Mat-

- hematological Model for Pattern Analysis of Team Sports Behavior. *Mathematics*, 8(9), 1543. <https://doi.org/10.3390/math8091543>
- Mehta, S., Furley, P., Raabe, D., & Memmert, D. (2024). Examining how data becomes information for an upcoming opponent in football. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 19(3), 978–987. <https://doi.org/10.1177/17479541231187871>
- Pacheco, R., Ribeiro, J., Couceiro, M., Davids, K., Garganta, J., Marques-Aleixo, I., Nakamura, F., Casanova, F., & González-Víllora, S. (2022). Development of an innovative method for evaluating a network of collective defensive interactions in football. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.1177/17543371221141584>
- Pueyo Romeo, L., Murillo Lorente, V., Álvarez Medina, J., & Amatria Jiménez, M. (2024). Análisis del estilo de juego de dos equipos entrenados por ‘Pep’ Guardiola (Analysis of the playing style of two teams coached by ‘Pep’ Guardiola). *Retos*, 56, 179–187. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.104182>
- Sarmiento, H., Clemente, F. M., Gonçalves, E., Harper, L. D., Dias, D., & Figueiredo, A. (2020). Analysis of the offensive process of AS Monaco professional soccer team: A mixed-method approach. *Chaos, Solitons and Fractals*, 133. <https://doi.org/10.1016/J.CHAOS.2020.109676>
- Yavuz M., Metin S, C. ve Bayarslan B. (2023). Futbolda müسابaka analizi ve önemi. Spor Bilimlerinde Öncü ve Çağdaş Çalışmalar. Duvar Yayınları.
http://www.mathball.com/MB_Pro.aspx?page=1
<https://www.scisports.com/services/performance-analysis/>
<https://www.statsperform.com/opta-vision/>
<https://www.folio3.ai/football-video-analysis-software/>

<https://medium.com/@janosovm/38-network-analysis-tools-029ff1ab9579>

<https://gephi.org/users/publications/>

<https://graphviz.org>

<https://en.wikipedia.org/wiki/RStudio>

Spor Sakatlanmalarında Makine Öğrenimi

Halil Orbay Çobanoğlu¹

Akan Bayrakdar²

Özet

Bu çalışma, spor sakatlanmalarının öngörülmesinde ve yönetilmesinde makine öğrenimi ve yapay zeka uygulamalarının kullanımını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Spor sakatlanmaları, özellikle yüksek performans gerektiren spor dallarında önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Geleneksel yöntemler genellikle gözlem ve deneyime dayanırken, son yıllarda makine öğrenimi tekniklerinin gelişmesi, veri tabanlı analizlerin yapılmasına olanak sağlamıştır.

Makine öğrenimi modelleri arasında karar ağaçları, destek vektör makineleri (SVM), yapay sinir ağları (ANN), konvolüsyonel sinir ağları (CNN) ve yineleyici sinir ağları (RNN) gibi teknikler, spor sakatlanma risklerinin tahmin edilmesinde etkin olarak kullanılmaktadır. Özellikle futbol, basketbol ve atletizm gibi yüksek sakatlık riski taşıyan spor

1 Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, orbay.cobanoglu@alanya.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-1305-9496>

2 Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, akan.bayrakdar@alanya.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-3217-0253>

dallarında yapılan çalışmalar, bu modellerin doğruluğunu ortaya koymaktadır.

Giyilebilir sensörlerden elde edilen biyomekanik veriler, GPS verileri ve yapay zeka destekli analiz araçları, sporcuların performanslarını değerlendirmede ve sakatlanma risklerini belirlemede önemli rol oynamaktadır. Özellikle kalp atış hızı değişkenliği (HRV) ve hareket patern analizleri gibi biyomarker verileri, bireyselleştirilmiş sakatlanma önleme stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Makine öğrenimi ayrıca, sakatlanma sonrası iyileşme ve takip süreçlerinde de önemli bir rol oynamaktadır. Yapay zeka destekli geri bildirim sistemleri ve hareket izleme cihazları, sporcuların rehabilitasyon sürecini optimize etmekte ve yeniden sakatlanma riskini azaltmaktadır. Bu teknolojilerin kullanımı, sporcu sağlığını korumak ve performansı artırmak adına büyük bir potansiyel sunmaktadır.

GİRİŞ

Spor sakatlanmaları, özellikle yüksek performans gerektiren spor dallarında önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Sporcuların sakatlanma riski hem bireysel performansı hem de takım başarısını olumsuz etkilemektedir. Geleneksel olarak sakatlanma risklerinin belirlenmesi, genellikle spor hekimlerinin gözlemleri ve antrenörlerin deneyimlerine dayanmaktadır. Ancak son yıllarda makine öğrenimi tekniklerinin gelişmesi, bu alanda daha objektif ve veri tabanlı analizlerin yapılmasına olanak sağlamıştır (Leckey ve diğ., 2025).

Makine öğrenimi modelleri, spor sakatlanmalarının öngörülmesi ve yönetilmesi konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. Yapay zeka ve veri bilimi teknolojilerinin entegrasyonu, sakatlık önleme stratejilerinde önemli bir devrim yaratmıştır. Bu bağlamda, futbol, atletizm, basketbol gibi farklı spor dallarında makine öğrenimi modelleri

kullanılarak sakatlanma risklerinin daha doğru tahmin edilmesi hedeflenmektedir (Wei ve diğ., 2025).

Bu çalışma spor sakatlanmalarının öngörülmesinde makine öğrenimi uygulamalarını kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Öncelikle makine öğrenimi tekniklerinin genel yapısı ve spor bilimlerinde kullanımı üzerinde durulacaktır. Ardından, farklı spor dallarında yapılan çalışmalar ve elde edilen bulgular tartışılacaktır. Son olarak, sakatlanma sonrası iyileşme süreçlerinde makine öğrenimi kullanımı ve bu alandaki güncel gelişmeler değerlendirilecektir.

Spor Sakatlanma Tahmin Modelleri

Makine öğrenimi modelleri arasında karar ağaçları, sporcu hareket kalıplarının tanınmasında etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Cui ve Wang (2025), özellikle atletizmde hareket paternlerini analiz etmek için karar ağaçları tabanlı algoritmaların kullanımını incelemiş ve yüksek doğruluk oranları elde etmiştir. Bu tür algoritmalar, sporcuların hareket verilerini analiz ederek sakatlanma risklerini tahmin etmede kritik bir rol oynamaktadır.

Derin öğrenme teknikleri, spor sakatlanmalarının tahmin edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle konvolüsyonel sinir ağları (CNN) ve yineleyici sinir ağları (RNN), sporcu verilerini analiz ederek sakatlanma olasılığını yüksek doğruluk oranlarıyla tahmin etmektedir. Sadr ve diğ. (2025), bu iki derin öğrenme modelini karşılaştırmış ve CNN'nin hareket paternlerini belirlemede, RNN'nin ise zaman serisi verilerini analiz etmede daha başarılı olduğunu bulmuştur. Bu tekniklerin kombinasyonu, sakatlanma öngörüsünde daha kapsamlı bir analiz sağlamaktadır.

Spor sakatlanma tahmini, makine öğrenimi uygulamalarının en yaygın kullanım alanlarından biridir. Bu modellerin amacı, sporcuların sakatlanma risklerini önceden

belirlemek ve bu sayede sakatlık önleme stratejilerini optimize etmektir. Farklı spor dallarında yapılan çalışmalar, özellikle futbol, basketbol, atletizm gibi yüksek sakatlık riski taşıyan sporlar üzerinde yoğunlaşmıştır (Freitas ve diğ., 2025).

Makine öğrenimi modelleri arasında en sık kullanılan yöntemler arasında karar ağaçları, destek vektör makineleri (SVM), yapay sinir ağları (ANN) ve derin öğrenme teknikleri (CNN ve RNN) yer almaktadır. Bu yöntemler, sporcu verilerini analiz ederek sakatlanma olasılığını tahmin etmektedir. Örneğin, futbolcuların temassız sakatlanmalarını tahmin etmek için geliştirilen modeller, GPS verileri, oyuncu pozisyon bilgileri ve geçmiş sakatlık verilerini kullanmaktadır (Saberisani ve diğ., 2025).

Futbol gibi yüksek temas içeren spor dallarında özellikle hareket analizi ve yük izleme verileri kullanılarak sakatlanma tahmini yapılmaktadır. Futbolcuların hareket verilerini analiz eden bir çalışma, temassız sakatlanmaların belirli hareket kalıpları ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Freitas ve diğ., 2025). Buna ek olarak, koşu hızları, ivme ve ani yön değişiklikleri gibi faktörler, sakatlanma riskini artıran temel bileşenler olarak belirlenmiştir.

Basketbol ve atletizm gibi spor dallarında ise ani yüklenme, yorgunluk düzeyi ve hareket yoğunluğu gibi veriler kullanılarak tahmin modelleri geliştirilmektedir (Murugan ve diğ., 2025). Yapılan çalışmalar, yoğun antrenman periyotlarında sakatlık riskinin belirgin şekilde arttığını ve makine öğrenimi modellerinin bu riski önceden tahmin etmede önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur.

Veri Kaynakları ve Teknolojiler

Spor sakatlanmalarının tahmininde makine öğrenimi modellerinin başarısı, büyük ölçüde kullanılan veri

kaynaklarının çeşitliliği ve kalitesine bağlıdır. Son yıllarda, giyilebilir teknolojiler, biyomekanik sensörler ve yapay zeka destekli analiz araçları, sporcuların performans verilerini toplamak ve analiz etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kalp atış hızı değişkenliği (HRV), sporcu sağlığını izlemek ve performans değerlendirmesi yapmak için önemli bir biyomarkerdir. Makine öğrenimi algoritmaları, HRV verilerini analiz ederek sporcuların fiziksel durumlarını ve atletik profillerini belirlemede etkili sonuçlar vermektedir. Estrella ve Capdevila (2025), bu kapsamda HRV tabanlı makine öğrenimi modellerini kullanarak sporcuların atletik profillerini başarılı bir şekilde belirlemiş ve fiziksel performansla ilişkili parametreleri tespit etmiştir. Bu tür veriler, sporcu sağlığını izlemek ve performansı optimize etmek için önemli bir kaynaktır.

Giyilebilir Sensörler ve Biyomekanik Veriler

Giyilebilir sensörler, sporcuların hareketlerini, kalp atış hızlarını, ivmelenmelerini ve diğer fizyolojik parametrelerini gerçek zamanlı olarak izlemeye olanak tanır. Bu sensörler, sporcuların antrenman yüklerini ve yorgunluk seviyelerini belirlemek için kritik veriler sağlar. Örneğin, inertial measurement unit (IMU) sensörleri, sporcuların hareket paternlerini analiz ederek sakatlanma risklerini tahmin etmede etkili bir araç olarak kullanılmaktadır. Bu sensörler, özellikle diz ve ayak bileği gibi eklem bölgelerindeki hareketleri izleyerek, potansiyel sakatlanma risklerini önceden belirlemeye yardımcı olur.

Ayrıca, giyilebilir teknolojiler, sporcuların antrenman sırasında maruz kaldıkları mekanik yükleri ölçerek, aşırı yüklenme kaynaklı sakatlanmaların önlenmesine katkı sağlar. Bu veriler, antrenman programlarının bireyselleştirilmesi ve sporcuların performanslarının optimize edilmesi için de kullanılmaktadır.

GPS ve Konum Tabanlı Veriler

GPS teknolojisi, sporcuların saha içindeki hareketlerini, hızlarını ve mesafe katetmelerini izlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu veriler, özellikle futbol gibi takım sporlarında, oyuncuların antrenman ve maç sırasında maruz kaldıkları fiziksel yükleri değerlendirmek için kritik öneme sahiptir. GPS verileri, ani hızlanma ve yavaşlamalar, yön değişiklikleri gibi parametrelerle birlikte analiz edilerek, sakatlanma risklerinin tahmin edilmesine yardımcı olur.

Özellikle profesyonel futbol takımları, oyuncularının performans verilerini analiz ederek, antrenman yüklerini optimize etmekte ve sakatlanma risklerini minimize etmeye çalışmaktadır. Bu bağlamda, GPS verileri, oyuncuların fiziksel durumlarını izlemek ve gerektiğinde müdahalede bulunmak için önemli bir araçtır.

Yapay Zeka ve Veri Analitiği

Yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmaları, toplanan büyük veri setlerini analiz ederek, sakatlanma risklerini tahmin etmede önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle derin öğrenme teknikleri, sporcuların fizyolojik ve biomekanik verilerini işleyerek, sakatlanma olasılıklarını yüksek doğrulukla tahmin edebilmektedir. Örneğin, Intrinsic Permutation Entropy Deep Learning (IPE-DL) modeli, sporcuların fizyolojik ve biomekanik verilerini analiz ederek, sakatlanma risklerini %92 doğrulukla tahmin edebilmiştir (Bi ve diğ., 2025).

Ayrıca, yapay zeka destekli analiz araçları, sporcuların antrenman verilerini değerlendirerek, bireyselleştirilmiş antrenman programları oluşturmakta ve sakatlanma risklerini minimize etmektedir. Bu teknolojiler, sporcuların performanslarını optimize etmek ve sakatlanmaları önlemek için giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Veri Entegrasyonu ve Kapsamlı Analiz

Spor sakatlanmalarının tahmininde en etkili sonuçlar, farklı veri kaynaklarının entegre edilmesiyle elde edilmektedir. Giyilebilir sensörlerden elde edilen veriler, GPS verileri, antrenman yükü bilgileri ve sağlık kayıtları bir araya getirilerek, kapsamlı bir analiz yapılabilir. Bu entegre yaklaşım, sporcuların sakatlanma risklerini daha doğru bir şekilde tahmin etmeye olanak tanır.

Örneğin, Kitman Labs tarafından geliştirilen platform, sporcuların antrenman verileri, sağlık bilgileri ve diğeri ilgili verileri entegre ederek, sakatlanma risklerini tahmin etmekte ve antrenman programlarını buna göre optimize etmektedir.

Bu bölümde, spor sakatlanmalarının tahmininde kullanılan veri kaynakları ve teknolojiler detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Giyilebilir sensörler, GPS verileri, yapay zeka ve veri analitiği gibi teknolojiler, sporcuların performanslarını izlemek ve sakatlanma risklerini tahmin etmek için önemli araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bu teknolojilerin entegrasyonu, daha doğru ve etkili sakatlanma tahmin modellerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Sakatlanma Sonrası İyileşme ve Takip

Makine öğrenimi, sadece sakatlanma tahmini değil, aynı zamanda sakatlanma sonrası iyileşme sürecinin yönetiminde de önemli bir rol oynamaktadır. Sporcuların sakatlanma sonrası toparlanma süreçlerinde veri analitiği ve yapay zeka uygulamaları, iyileşme sürecini hızlandırmak ve yeniden sakatlanma riskini azaltmak için kullanılmaktadır (Blackman ve diğ., 2025).

Spor sakatlanmalarında subjektif iyileşme süreci, bireysel farklılıklar ve sporcunun algısına dayalı olarak büyük değişkenlik gösterebilmektedir. Simonelli ve diğ. (2025), profesyonel futbolcularda subjektif iyileşme düzeylerini

değerlendirmek için makine öğrenimi ve medyasyon yaklaşımlarını kullanmış, kişisel geri bildirimlerin ve fizyolojik verilerin bir arada değerlendirildiği modellerin, iyileşme sürecini daha doğru yansıttığını ortaya koymuştur. Bu tür bütüncül yaklaşımlar, sakatlanma sonrası geri dönüş sürecini optimize etmek için önemli bilgiler sağlamaktadır.

Yapay zeka destekli geri bildirim sistemleri, sporcuların antrenman yoğunluğunu ve iyileşme sürecindeki yüklenme düzeylerini optimize etmektedir. Özellikle diz sakatlıkları ve ön çapraz bağ (ACL) rekonstrüksiyonu sonrası yapılan çalışmalarda, makine öğrenimi tabanlı modellerin, yeniden sakatlanma riskini doğru bir şekilde öngörebildiği gösterilmiştir (Dandrieux ve diğ., 2025; Wu ve diğ., 2025).

Giyilebilir sensörler, sakatlık sonrası rehabilitasyon süreçlerinde hareket paternlerinin izlenmesine olanak tanımaktadır. Bu veriler, özellikle alt ekstremitte sakatlıklarında iyileşme sürecinin izlenmesi için kritik öneme sahiptir. Sensor tabanlı hareket analizi ile sporcuların fonksiyonel düzeylerinin geri kazanım süreçleri yakından takip edilebilmektedir (Lang ve diğ., 2025).

Veri entegrasyonu sayesinde, sporcuların rehabilitasyon sürecinde fiziksel, biyomekanik ve fizyolojik veriler bir araya getirilerek kapsamlı bir analiz yapılabilir. Bu yaklaşım, sporcuların bireysel ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş iyileşme protokolleri oluşturmak için kullanılmaktadır (Wu ve diğ., 2025; Ilyas & Rasool, 2025).

Sonuç olarak, makine öğrenimi ve yapay zeka tabanlı yaklaşımlar, sakatlanma sonrası iyileşme süreçlerinin daha verimli yönetilmesine olanak sağlamaktadır. Bu teknolojilerin kullanımı, sporcuların performanslarını korumak ve yeniden sakatlanma riskini azaltmak için büyük bir potansiyel sunmaktadır.

Yapay Zeka Uygulamaları ve Spor Fizyoterapisi

Yapay zeka tabanlı uygulamaların spor fizyoterapisinde kullanımı, sakatlanma sonrası iyileşme süreçlerinin optimize edilmesine büyük katkı sağlamaktadır. Özellikle yapay zeka destekli hareket patern analizleri, sporcu rehabilitasyonunda bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarını geliştirmekte ve sakatlanma riskini azaltmaktadır (Zou, 2025). Yapay zeka uygulamaları, spor hekimliğinde sakatlanma risklerini öngörmek ve iyileşme süreçlerini yönetmek için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Mishra ve diğ. (2025), fiziksel eğitimin spor sakatlanma sonuçları üzerindeki etkisini yapay zeka tabanlı analizlerle ele almış ve bireyselleştirilmiş müdahalelerin sporcu sağlığı üzerindeki olumlu etkilerini vurgulamıştır. Bu kapsamda, yapay zeka tabanlı protokoller, sporcu sağlığını korumada önemli bir rol oynamaktadır

Makine öğrenimi ve yapay zeka tabanlı uygulamalar, spor fizyoterapisinde önemli bir dönüşüm sağlamaktadır. Özellikle spor sakatlanmalarının rehabilitasyon sürecinde bu teknolojilerin kullanımı, iyileşme süreçlerini optimize etmekte ve yeniden sakatlanma risklerini minimize etmektedir (Ilyas & Rasool, 2025).

Yapay zeka destekli fizyoterapi uygulamaları, sporcuların hareket analizlerini yaparak tedavi protokollerinin bireyselleştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu süreçte kullanılan algoritmalar, sakatlık sonrası iyileşme hızını artırmak ve fonksiyonel kapasiteyi geri kazandırmak için özel olarak tasarlanmaktadır (Wu ve diğ., 2025).

Özellikle yapay zeka tabanlı hareket patern analizleri, sporcuların fizyolojik ve biyomekanik verilerini değerlendirerek, iyileşme süreçlerinde kişiye özel egzersiz programları oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Bu sayede hem tedavi sürecinin etkinliği artmakta hem de

sporcu performansının korunması sağlanmaktadır (Lang ve diğ., 2025).

Giyelebilir cihazlar ve sensör tabanlı izleme sistemleri, sporcu hareketlerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesine olanak tanımakta ve bu veriler, yapay zeka algoritmaları ile analiz edilerek rehabilitasyon süreçlerinin her aşamasında geri bildirim sağlanmaktadır (Arzehgar ve diğ., 2025).

Sonuç olarak, yapay zeka ve makine öğrenimi uygulamaları, spor fizyoterapisinde bireyselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesinde büyük bir potansiyele sahiptir. Bu teknolojilerin yaygın olarak kullanılması, spor sakatlanmalarının önlenmesi ve tedavisinde daha etkin stratejiler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

SONUÇ

Makine öğrenimi ve yapay zeka teknolojileri, spor sakatlanmalarının öngörülmesi ve yönetilmesi konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. Spor sakatlanmalarının öngörülmesinde en çok kullanılan veri kaynakları arasında GPS verileri, giyelebilir sensörlerden elde edilen biyomekanik veriler ve yapay zeka destekli analiz araçları bulunmaktadır (Freitas ve diğ., 2025; Saberisani ve diğ., 2025).

Gelecekte, daha gelişmiş makine öğrenimi algoritmalarının kullanımı ve veri entegrasyon tekniklerinin iyileştirilmesi ile spor sakatlanmalarının tahmininde daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşılması beklenmektedir (Leckey ve diğ., 2025). Özellikle futbol gibi yüksek temaslı spor dallarında, makine öğrenimi tabanlı risk değerlendirme sistemlerinin yaygınlaşması, sakatlanma risklerini önceden belirlemede önemli bir rol oynayacaktır (Wei ve diğ., 2025).

Yapay zeka tabanlı rehabilitasyon sistemleri, sakatlanma sonrası iyileşme süreçlerini optimize ederek sporcuların daha hızlı toparlanmasını sağlamaktadır. Özellikle ön çapraz

bağ (ACL) rekonstrüksiyonu sonrası yeniden sakatlanma riskini azaltmaya yönelik makine öğrenimi modelleri, rehabilitasyon protokollerinin kişiselleştirilmesinde büyük katkı sağlamaktadır (Blackman ve diğ., 2025).

Sporcu sağlığını koruma amacıyla makine öğrenimi tabanlı bireyselleştirilmiş antrenman protokollerinin geliştirilmesi, sakatlıkların önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Veriye dayalı yaklaşımlar, sporcuların performanslarını korurken sakatlık risklerini minimize etmek için önemli bir potansiyel sunmaktadır (Abasi ve diğ., 2025).

Sonuç olarak, yapay zeka ve makine öğrenimi uygulamalarının spor sakatlanmalarının öngörülmesi, önlenmesi ve rehabilitasyon süreçlerinde daha etkin kullanımı, spor bilimlerinde yeni bir dönemin kapılarını aralamaktadır. Sporcu sağlığını korumak ve performansı artırmak adına bu teknolojilerin kullanımı giderek yaygınlaşacaktır. Spor bilimcileri ve antrenörler için bu teknolojilerin entegrasyonu, sakatlanma risklerinin daha doğru bir şekilde öngörülmesi ve yönetilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Kaynakça

- Abasi, A., Nazari, A., Moezy, A., & Fatemi Aghda, S. A. (2025). Machine learning models for reinjury risk prediction using cardiopulmonary exercise testing (CPET) data: optimizing athlete recovery. *BioData Mining*, 18(1), 1-25.
- Arzehgar, A., Seyedhasani, S. N., Ahmadi, F. B., Bagheri Baravati, F., Sadeghi Hesar, A., Kachooei, A. R., & Aalaei, S. (2025). Sensor-based technologies for motion analysis in sports injuries: a scoping review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17(1), 15.
- Bi, W., Zhao, Y., & Zhao, H. (2025). Predicting sports injuries using machine learning: Risk factors and early warning systems. *Molecular & Cellular Biomechanics*, 22(3), 335-335.
- Blackman, B., Vivekanantha, P., Mughal, R., Pareek, A., Bozzo, A., Samuelsson, K., & de SA, D. (2025). Machine learning models predicting risk of revision or secondary knee injury after anterior cruciate ligament reconstruction demonstrate variable discriminatory and accuracy performance: a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 26(1), 16.
- Cui, G., & Wang, C. (2025). The machine learning algorithm based on decision tree optimization for pattern recognition in track and field sports. *PloS One*, 20(2), e0317414.
- Dandrieux, P. E., Navarro, L., Blanco, D., Ruffault, A., Ley, C., Bruneau, A., ... & Edouard, P. (2025). Association between the use of daily injury risk estimation feedback (I-REF) based on machine learning techniques and injuries in athletics (track and field): results of a prospective cohort study over an athletics season. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 11(1).

- Estrella, T., & Capdevila, L. (2025). Identification of Athleticism and Sports Profiles Throughout Machine Learning Applied to Heart Rate Variability. *Sports*, 13(2), 30.
- Freitas, D. N., Mostafa, S. S., Caldeira, R., Santos, F., Fermé, E., Gouveia, É. R., & Morgado-Dias, F. (2025). Predicting noncontact injuries of professional football players using machine learning. *PloS One*, 20(1), e0315481.
- Ilyas, Z., & Rasool, A. (2025). The Role of AI and Machine Learning in Revolutionizing Sports Physical therapy—A Call for Discussion: AI & ML in Sports Physical Therapy. *Allied Medical Research Journal*, 3(1), 3-4.
- Lang, S., Yang, J., Zhang, Y., Li, P., Gou, X., Chen, Y., ... & Zhang, H. (2025). Application of Wearable Insole Sensors in In-Place Running: Estimating Lower Limb Load Using Machine Learning. *Biosensors*, 15(2), 83.
- Leckey, C., Van Dyk, N., Doherty, C., Lawlor, A., & Delahunty, E. (2025). Machine learning approaches to injury risk prediction in sport: a scoping review with evidence synthesis. *British Journal of Sports Medicine*, 59(7), 491-500.
- Mishra, N., De, A., Nayak, R. K., Tripathy, R., Motwani, A., Thakur, A., & Rout, S. K. (2025). AI Applications in Sports Medicine: Unraveling the Influence of Physical Education on Sports Injury Outcomes. In *Global Innovations in Physical Education and Health* (pp. 351-380). IGI Global.
- Murugan, S., Kumar, S. P., Saritha, B., & Rubini, B. (2025, March). Comparison of Machine Learning Models for Injury Prediction in Athletes. In *2025 International Conference on Visual Analytics and Data Visualization (ICVADV)* (pp. 107-112). IEEE.
- Saberisani, R., Barati, A. H., Zarei, M., Santos, P., Gorouhi, A., Ardigò, L. P., & Nobari, H. (2025). Prediction of football injuries using GPS-based data in Iranian pro-

- professional football players: a machine learning approach. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1425180.
- Sadr, M. M., Khani, M., & Tootkaleh, S. M. (2025). Predicting athletic injuries with deep Learning: Evaluating CNNs and RNNs for enhanced performance and Safety. *Biomedical Signal Processing and Control*, 105, 107692.
- Simonelli, C., Formenti, D., & Rossi, A. (2025). Subjective recovery in professional soccer players: A machine learning and mediation approach. *Journal of Sports Sciences*, 1-8.
- Wei, M., Zhong, Y., Gui, H., Zhou, Y., Guan, Y., & Yu, S. (2025). Sports injury prediction model based on machine learning. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 29(2), 409.
- Wu, Z., Huang, Z., Tang, N., Wang, K., Bian, C., Li, D., ... & Schmid, F. (2025). Research on sports injury rehabilitation detection based on IoT models for digital health care. *Big Data*, 13(2), 144-160.
- Zou, R. (2025). Exploring the Role of Artificial Intelligence in Sports Injury Prevention and Rehabilitation. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 26(1), 316-325.

Makine Öğrenmesi ile Dans Hareketlerinin Değerlendirilmesi

Meriç Ödemiş¹

Halil Orbay Çobanoğlu²

Özet

Dans ve makine öğrenimi alanlarının kesişiminde yapılan çalışmalar, sanat ve teknolojinin yenilikçi bir biçimde birleşmesine olanak sağlamaktadır. Bu derleme çalışmasında, yapay zeka (YZ) ve makine öğrenimi (MÖ) tekniklerinin dans hareketlerinin tanınması, sınıflandırılması ve koreografi üretiminde nasıl kullanıldığı incelenmiştir. Özellikle derin öğrenme tabanlı modellerin, dans hareketlerinin kalite değerlendirilmesi ve stil tanıma süreçlerinde yüksek doğruluk oranları sağladığı gözlemlenmiştir.

ML-2DMC-FCM-GWO ve Grafik Konvolüsyonel Adversarial Ağlar (GCAN) gibi modellerin, dans hareketlerini tanıma ve analiz etme süreçlerinde kullanılması, performans analizlerinin daha güvenilir hale gelmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, yapay zeka destekli sistemler,

1 Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Rekreasyon Bölümü, meric.odemis@alanya.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-2034-4295>

2 Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, orbay.cobanoglu@alanya.edu.tr <https://orcid.org/0000-0002-1305-9496>

dans eğitiminin daha erişilebilir ve etkili hale gelmesini sağlamaktadır. Örneğin, DanceGen ve PirouNet modelleri, koreografi üretim süreçlerinde yenilikçi yaklaşımlar sunarak, sanatsal yaratım süreçlerini daha verimli hale getirmiştir.

Sanal gerçeklik (VR) ve multimodal öğrenme tekniklerinin birleştirilmesi, dans performanslarının analiz edilmesinde yeni bir boyut kazandırmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde, dans hareketlerinin çok boyutlu analizi yapılmakta ve performans değerlendirmeleri daha nesnel hale gelmektedir. Gelecekte, dansın duygusal boyutunu daha iyi anlamak ve sınıflandırmak amacıyla YZ tabanlı modellerin geliştirilmesi önerilmektedir. Bu çalışma, dans ve yapay zeka entegrasyonunun mevcut uygulamalarını ve gelecekteki araştırma yönlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

GİRİŞ

Dans, insanlık tarihi boyunca kültürel ifade biçimlerinin en etkileyicilerinden biri olmuştur. Ritmik hareketlerin müzikle birleşimi, bireylerin duygularını, hikayelerini ve kimliklerini yansıttığı bir alan sunar. Geleneksel olarak, dansın öğrenilmesi ve icrası, ustadan çırağa aktarılan bilgi ve deneyimle şekillenmiştir. Ancak teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte, yapay zeka (YZ) ve makine öğrenimi (MÖ) teknikleri, dansın analiz edilmesi, öğretilmesi ve yaratılması süreçlerinde devrim niteliğinde değişiklikler getirmiştir (Yang, 2023).

Makine öğrenimi, özellikle derin öğrenme modelleri, dans hareketlerinin tanınması, sınıflandırılması ve değerlendirilmesinde önemli roller üstlenmektedir. Örneğin, Qu ve diğ. (2024), Transformer ve Konvolüsyonel Sinir Ağı (CNN) mimarilerini birleştirerek dans hareketlerinin kalitesini değerlendiren bir model geliştirmiştir. Bu tür modeller, dans performanslarının objektif ve tutarlı bir şekilde analiz edilmesine olanak tanımaktadır.

Ayrıca, yapay zeka destekli sistemler, dans eğitiminde de kullanılmaktadır. Lawange (2023), CNN ve MediaPipe teknolojilerini kullanarak dans hareketlerini otomatik olarak tanıyan ve geri bildirim sağlayan bir sistem geliştirmiştir. Bu tür sistemler, özellikle uzaktan eğitimde dans öğrenimini daha erişilebilir ve etkili hale getirmektedir.

Dans ve yapay zekanın kesişiminde yapılan çalışmalar, sadece teknik analizlerle sınırlı kalmamaktadır. Aynı zamanda, yaratıcı süreçlerde de yapay zekanın rolü araştırılmaktadır. McGregor'un "A Body for Harnasie" adlı çalışmasında, dansçıların hareketleri yapay zeka tarafından analiz edilerek yeni koreografik ifadeler oluşturulmuştur. Bu tür projeler, yapay zekanın sanatsal yaratıcılıktaki potansiyelini göstermektedir (McGregor, 2024).

Bu derleme çalışması, dans ve makine öğrenimi alanlarının kesişimindeki mevcut literatürü sistematik bir şekilde inceleyerek, bu alandaki gelişmeleri, uygulamaları ve gelecekteki araştırma yönlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Literatürdeki güncel çalışmaları analiz ederek, yapay zekanın dans sanatına katkılarını ve bu teknolojilerin yaratıcı süreçlerdeki etkilerini değerlendireceğiz.

2. Yapay Zeka Destekli Koreografi Üretimi

Yapay zeka (YZ) ve makine öğrenimi (MÖ) teknikleri, dans koreografisi üretiminde yenilikçi yaklaşımlar sunarak, koreografların yaratıcı süreçlerini desteklemektedir. Bu bölümde, YZ destekli koreografi üretimine yönelik güncel çalışmalardan örnekler sunulmaktadır.

2.1. DanceGen: Koreografi Fikir Üretimi ve Prototipleme

DanceGen, koreografların yaratıcı süreçlerini desteklemek amacıyla geliştirilen bir YZ tabanlı sistemdir. Bu sistem, metin tabanlı açıklamalardan çeşitli dans sekansları üretebilmekte ve kullanıcıların bu sekansları düzenlemelerine olanak tanımaktadır. DanceGen, özellikle kullanıcı merkezli bir yaklaşım benimseyerek, dans hareketlerinin estetik ve akıcı olmasını sağlamaktadır (Liu & Sra, 2024).

2.2. PirouNet: Sanatçı Merkezli Derin Öğrenme ile Koreografi

PirouNet, yarı denetimli bir yaklaşım kullanarak, dans profesyonellerinin kendi estetik kriterlerine göre yeni koreografiler üretmelerine olanak tanıyan bir modeldir. Model, dans hareketlerini “Laban Time Effort” gibi yaratıcı etiketlerle ilişkilendirerek, koreografların yaratıcı süreçlerini daha verimli ve esnek hale getirmektedir. Yapılan çalışmalar, PirouNet’in özellikle çağdaş dans ve modern bale gibi yaratıcı stillerde başarılı olduğunu göstermektedir (Papillon ve diğ., 2022).

2.3. MIDGET: Müzik Koşullu 3D Dans Üretimi

MIDGET, müzikle senkronize edilmiş yüksek kaliteli 3D dans hareketleri üretmek amacıyla geliştirilmiş bir modeldir. Müzik tabanlı hareket sentezleme sürecinde, modelin müziğin ritmik yapısını ve hareket yoğunluğunu dikkate alarak doğal ve akıcı koreografiler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu sayede, özellikle sahne performansları ve müzik kliplerinde uygulanabilir koreografi örnekleri sunulmaktadır (Zhang & Wang, 2024).

2.4. FACT: Müzik Koşullu 3D Dans Üretimi

FACT modeli, müzikle senkronize edilmiş 3D dans hareketleri üretmek için çapraz modlu bir Transformer mimarisi kullanmaktadır. Bu model, müzik verilerinden elde edilen ritmik özellikleri kullanarak dans hareketlerini optimize etmektedir. AIST++ veri kümesi üzerinde yapılan çalışmalar, FACT modelinin hem klasik hem de modern dans türlerinde yüksek başarı sağladığını göstermektedir (Li & Lee, 2021).

2.5. Dyads: Sanatçı Merkezli, YZ Tarafından Oluşturulan Dans Düetleri

Dyads modeli, dansçı çiftleri arasındaki etkileşimleri modelleyerek, giriş dans sekansına dayalı olarak koreografik bir partner oluşturmaktadır. Model, dansçılar arasındaki uyum ve hareket senkronizasyonunu göz önünde bulundurarak, yaratıcı ve estetik düetler üretmektedir. Bu sayede, dansçılar, bireysel hareketlerini çiftli koreografiye dönüştürebilmektedir (Kim & Park, 2025).

2.6. A Body for Harnasie: YZ ile Sanatın Buluşması

Wayne McGregor'un "A Body for Harnasie" adlı çalışması, yapay zekayı kullanarak dansçıların hareketlerini analiz eden bir koreografik sistem geliştirmiştir. Bu sistem, önceki performanslardan öğrenerek yeni hareketler önermekte ve koreografik ifadeyi genişletmektedir. McGregor'un bu yaklaşımı, YZ'nin sanatsal yaratıcılıktaki rolüne dair önemli bir örnek teşkil etmektedir (Roux, 2024).

3. Dans Hareketlerinin Kalite Değerlendirmesi

Dans performanslarının objektif ve tutarlı bir şekilde değerlendirilmesi, hem eğitim hem de performans alanında büyük önem taşımaktadır. Geleneksel olarak,

dansın değerlendirilmesi eğitmenlerin gözlemlerine ve deneyimlerine dayanırken, bu süreçler subjektiflik içerebilir ve tutarlılık sorunlarına yol açabilir. Son yıllarda, yapay zeka (YZ) ve makine öğrenimi (MÖ) teknikleri, dans hareketlerinin kalite değerlendirmesinde daha objektif ve ölçülebilir yöntemler sunmaktadır.

3.1. Derin Öğrenme Tabanlı Değerlendirme Yöntemleri

Derin öğrenme modelleri, dans hareketlerinin tanınması ve değerlendirilmesinde önemli roller üstlenmektedir. Zhang ve Wang (2024), dans hareketlerinin müzikle senkronize bir şekilde değerlendirilmesi için MIDGET adlı bir model geliştirmiştir. Bu model, müzikle uyumlu 3D dans hareketleri üretmekte ve hareketlerin kalitesini analiz etmektedir.

Benzer şekilde, Li ve Lee (2021), FACT adlı bir modelle müzikle senkronize 3D dans hareketleri üretmiş ve bu hareketlerin kalitesini değerlendirmiştir. Model, AIST++ veri kümesi üzerinde test edilmiş ve yüksek başarı sağlamıştır.

3.2. GCN-SNN Tabanlı Değerlendirme Yaklaşımları

Dans hareketlerinin değerlendirilmesinde, iskelet tabanlı özelliklerin kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Xie, Yan ve Li (2025), dans hareketlerinin tanınması ve değerlendirilmesi için GCN-SNN adlı bir model önermiştir. Bu model, insan iskelet grafiği oluşturarak, düğümler (eklemler) ve kenarlar (kemik bağlantıları) arasındaki ilişkileri analiz etmekte ve hareketlerin kalitesini objektif olarak değerlendirmektedir.

3.3. Görüş Bağımsız Hareket Kalitesi Değerlendirmesi

Dans hareketlerinin farklı açılardan değerlendirilmesi, objektiflik açısından önemlidir. Sardari ve diğ. (2020), VI-Net adlı bir model geliştirerek, farklı açılardan alınan görüntülerle dans hareketlerinin kalitesini değerlendirmiştir. Model, RGB görüntülerden elde edilen hareket trajektörlerini analiz ederek, hareket kalitesini ölçmektedir.

3.4. Laban Hareket Analizi ile Dans Stili Tanıma

Dans hareketlerinin kalitesini değerlendirirken, stil tanıma da önemli bir faktördür. Turab ve diğ. (2025a), Laban Hareket Analizi (LMA) kullanarak dans stili tanıma üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma, 3D poz tahmini ve insan ağı modellemesi ile LMA özelliklerini çıkararak, dans stillerini yüksek doğrulukla sınıflandırmıştır.

4. Hareket Tanıma ve Sınıflandırma

Dans hareketlerinin tanınması ve sınıflandırılması, hem performans analizi hem de eğitim süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu alanda yapılan araştırmalar, çeşitli makine öğrenimi ve derin öğrenme tekniklerini kullanarak dans hareketlerini daha doğru ve verimli bir şekilde tanımayı ve sınıflandırmayı amaçlamaktadır.

4.1. ML-2DMC-FCM-GWO Modeli: Doğadan İlham Alan Yaklaşım

Song ve Ding (2025), dans hareketlerinin iki boyutlu modellemesi için ML-2DMC-FCM-GWO adlı bir yöntem geliştirmiştir. Bu model, doğadan ilham alan makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak dans hareketlerini tanımayı ve sınıflandırmayı hedeflemektedir. Model, dans hareketlerinin matematiksel olarak yeniden yapılandırılmasını sağlayarak,

eksik verilerin tamamlanmasına ve hareket dizilerinin bütün olarak elde edilmesine olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım, dans hareketlerinin daha doğru ve eksiksiz bir şekilde analiz edilmesini sağlamaktadır (Song & Ding, 2025).

4.2. Grafik Konvolüsyonel Adversarial Ağlar: Müzikten Hareket Üretimi

Ferreira ve diğ. (2020), müzikten gerçekçi dans hareketleri üretmek için Grafik Konvolüsyonel Adversarial Ağlar (GCAN) kullanmıştır. Bu yöntem, müzikle senkronize dans hareketleri oluşturmak için grafik konvolüsyonel ağları ve adversarial öğrenme şemalarını birleştirmektedir. Model, farklı müzik stillerine uygun doğal hareketler üreterek, dans hareketlerinin tanınması ve sınıflandırılmasında yeni bir yaklaşım sunmaktadır (Ferreira ve diğ., 2020).

4.3. Gerçek Zamanlı İskelet Animasyonundan Hareket Sınıflandırması

Raptis, Kirovski ve Hoppe (2011), iskelet animasyonundan gerçek zamanlı dans hareketi sınıflandırması için bir sistem geliştirmiştir. Bu sistem, iskeletin açısız temsiliyi kullanarak, gürültülü girişlere karşı dayanıklı bir tanıma sağlamaktadır. Model, müzikal ritme dayalı olarak dans hareketlerini sınıflandırmak için dinamik zaman bükme ve korelasyon tabanlı sınıflayıcılar kullanmaktadır. Bu yaklaşım, dans hareketlerinin gerçek zamanlı olarak tanınmasını ve sınıflandırılmasını mümkün kılmaktadır (Raptis, Kirovski & Hoppe, 2011).

4.4. Kontur Görüntü Tabanlı Hareket Tanıma: Few-Shot Öğrenme Yaklaşımı

Chi ve Li (2022), kontur görüntülerin uzamsal frekans alanı özelliklerini kullanarak dans hareketlerini tanımayı amaçlayan bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde, az

sayıda örnekle öğrenme (Few-Shot Learning) teknolojisi kullanılarak, dans hareketlerinin sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Model, yürüyüş, elleri açma ve koşma gibi temel hareketleri yüksek doğrulukla tanımaktadır. Bu yaklaşım, sınırlı veriyle dans hareketlerinin etkili bir şekilde tanınmasını sağlamaktadır (Chi & Li, 2022).

5. Sanal Gerçeklik ve Multimodal Öğrenme

Dans eğitimi ve performansında teknolojinin entegrasyonu, özellikle sanal gerçeklik (VR) ve multimodal öğrenme yaklaşımlarıyla yeni boyutlar kazanmıştır. Bu bölümde, VR ve multimodal öğrenmenin dans alanındaki uygulamaları ve etkileri derinlemesine incelenmektedir.

5.1. Sanal Gerçeklik Tabanlı Dans Eğitimi

VR teknolojisi, dans eğitiminde öğrencilere gerçekçi ve etkileşimli bir öğrenme ortamı sunmaktadır. Aalto Üniversitesi'nde geliştirilen WAVE tekniği, kullanıcıların koreografiyi önceden öğrenmeden dans rutinlerine katılmalarını kolaylaştırmaktadır. Bu yaklaşım, özellikle yeni başlayanlar için dans öğrenme sürecini daha erişilebilir hale getirmektedir (ScienceDaily, 2024).

5.2. Multimodal Öğrenme ile Hareket Tanıma

Multimodal öğrenme, dans hareketlerinin tanınması ve sınıflandırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Zhang ve diğ. (2024), dans hareketlerinin tanınmasında görsel ve işitsel verilerin birlikte kullanılmasının, modelin doğruluğunu artırdığını belirtmektedir. Bu yaklaşım, özellikle karmaşık dans hareketlerinin analizinde etkili olmaktadır.

5.3. VR ve Multimodal Öğrenmenin Birleşimi

VR ve multimodal öğrenmenin birleşimi, dans performanslarının değerlendirilmesinde yeni olanaklar sunmaktadır. Örneğin, bir çalışma, VR ortamında dans hareketlerinin kalitesini değerlendirmek için Spatio-Temporal Convolutional Neural Network (ST-CNN) tabanlı bir yöntem önermektedir. Bu yöntem, dans hareketlerinin zaman ve mekân içindeki değişimlerini analiz ederek, performansın objektif bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır (Li ve diğ., 2024).

6. Gelecek Araştırma Yönleri

Dans ve makine öğrenimi ile sanal gerçeklik (VR) ve multimodal öğrenme alanlarının kesişiminde yapılan araştırmalar, teknolojik gelişmelerle birlikte hızla evrilmektedir. Bu bölümde, bu alanlardaki gelecekteki araştırma yönleri ele alınmaktadır.

6.1. Gelişmiş Hareket Verisi Toplama ve Etik Kullanım

Dans hareketlerinin analizinde kullanılan veri setlerinin çeşitliliği ve kalitesi, araştırmaların doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Ancak, bu verilerin toplanması ve kullanımı sırasında etik sorunlar ortaya çıkmaktadır. Özellikle, dansçıların hareketlerinin izinsiz kullanımı ve telif hakları konuları, gelecekteki araştırmalarda daha fazla dikkate alınmalıdır (The Guardian, 2024).

6.2. Duygusal İfade ve Anlamlandırma

Dans, sadece fiziksel hareketlerden ibaret olmayıp, duygusal ifadelerin de önemli bir taşıyıcısıdır. Gelecekteki araştırmalar, dans hareketlerinin duygusal içeriklerini daha iyi anlamak ve sınıflandırmak için yapay zeka ve

makine öğrenimi tekniklerini kullanabilir. Bu, dans performanslarının daha derinlemesine analiz edilmesine olanak tanıyacaktır (Turab ve diğ., 2025b).

6.3. Multimodal Öğrenme ve VR Entegrasyonu

Multimodal öğrenme, farklı duyuşal girdilerin birleşimiyle öğrenme süreçlerini zenginleştirir. VR teknolojisiyle birleştğinde, dans eğitimi ve performans analizi için yeni olanaklar sunar. Gelecekteki araştırmalar, VR ortamlarında multimodal öğrenme yaklaşımlarını daha etkili hale getirmek için çalışabilir (ScienceDirect, 2024).

6.4. Etkileşimli ve Uyarlanabilir Sistemler

Dans eğitimi ve performans analizinde kullanılan sistemlerin, kullanıcıların bireysel ihtiyaçlarına uyum sağlayabilmesi önemlidir. Gelecekteki araştırmalar, kullanıcı geri bildirimlerine dayalı olarak kendini uyarlayabilen sistemlerin geliştirilmesine odaklanabilir. Bu, öğrenme süreçlerini daha etkili ve kişiselleştirilmiş hale getirebilir (Wiley Online Library, 2024).

SONUÇ

Dans ve makine öğrenimi alanlarının kesişiminde yapılan çalışmalar, sanat ve teknolojinin uyumlu bir şekilde bir araya geldiği yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. Geleneksel olarak insan gözlemlerine ve deneyimlerine dayanan dans analizi ve koreografi süreçleri, yapay zeka (YZ) ve makine öğrenimi (MÖ) tekniklerinin kullanımıyla daha nesnel, veriye dayalı ve yaratıcı hale gelmiştir. Bu dönüşüm, dans sanatını yalnızca performans düzeyinde değil, aynı zamanda eğitim, hareket kalitesi değerlendirmesi ve koreografi üretimi gibi alanlarda da köklü bir şekilde değiştirmiştir.

Makine öğrenimi modelleri, özellikle derin öğrenme ve grafik tabanlı algoritmalar, dans hareketlerinin tanınması, sınıflandırılması ve kalitesinin değerlendirilmesi gibi zorlu görevlerde yüksek doğruluk oranları sağlamaktadır. Örneğin, ML-2DMC-FCM-GWO ve Graph Convolutional Adversarial Network (GCAN) gibi modeller, hareket verilerinden anlam çıkararak performans analizini daha güvenilir ve detaylı hale getirmiştir. Bu tür gelişmeler, dans hareketlerinin sadece fiziksel boyutunu değil, aynı zamanda duygusal ve sanatsal değerini de analiz etme potansiyeli sunmaktadır.

Sanal gerçeklik (VR) ve multimodal öğrenme uygulamaları ise dans eğitiminde ve performans değerlendirmesinde yeni fırsatlar yaratmaktadır. Özellikle VR tabanlı koreografi eğitim sistemleri, öğrencilerin gerçekçi ve etkileşimli bir ortamda dans öğrenmelerine olanak tanımakta, multimodal veri kullanımı ise hareketlerin çok boyutlu analizini mümkün kılmaktadır. Bu teknolojiler, hem eğitim süreçlerini hem de performans değerlendirmelerini daha dinamik ve kişiselleştirilmiş hale getirmektedir.

Bununla birlikte, dans ve yapay zeka entegrasyonunun bazı etik ve sanatsal sorunları da bulunmaktadır. Özellikle koreografi üretiminde yapay zekanın yaratıcı süreçteki rolü, insan yaratıcılığını gölgeleyebilir mi sorusunu gündeme getirmektedir. Ayrıca, dansçıların hareket verilerinin izinsiz kullanımı ve verilerin mahremiyeti, üzerinde çalışılması gereken önemli konulardır.

Gelecekte, dansın duygusal boyutunu daha iyi analiz eden yapay zeka modelleri geliştirilmesi, sanatsal ifade ve duygusal tanıma arasındaki bağı daha iyi anlamamıza katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda, VR ve multimodal öğrenme sistemlerinin daha kullanıcı dostu hale getirilmesi ve kişisel geri bildirim mekanizmalarının güçlendirilmesi, dans

eğitiminde daha etkili ve esnek yaklaşımların benimsenmesine yol açabilir.

Sonuç olarak, dans ve makine öğrenimi birlikteliği, dans sanatının dijital çağda yeniden şekillendirilmesine önemli katkılar sunmaktadır. Bu alandaki bilimsel araştırmaların hem sanatsal hem de teknolojik perspektiflerle genişletilmesi, dans performanslarının daha derinlemesine anlaşılmasına ve yenilikçi koreografik çözümler geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Kaynakça

- Chi, Q., & Li, L. (2022). Dance fitness action recognition method based on contour image spatial frequency domain features and few-shot learning. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2022/9200546>
- Ferreira, J. P., Coutinho, T. M., Gomes, T. L., Neto, J. E., Azevedo, R., Martins, R., & Nascimento, E. R. (2020). Learning to dance: A graph convolutional adversarial network to generate realistic dance motions from audio. *Computers & Graphics*, 94, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2020.09.009>
- Kim, H., & Park, S. (2025). Dyads: Artist-Centric, AI-Generated Dance Duets. *arXiv preprint arXiv:2503.03954*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.03954>
- Lawange, N. (2023). Creating a machine learning-based dance move correction system and improving the accuracy of the system. *National High School Journal of Science*. <https://nhsjs.com/2023/creating-a-machine-learning-based-dance-move-correction-system-and-improving-the-accuracy-of-the-system/>
- Li, Y., & Lee, J. (2021). Music conditioned 3D dance generation with AIST++. *arXiv preprint arXiv:2101.08779*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.08779>
- Li, Y., Zhang, Z., & Wang, Y. (2024). The research on dance motion quality evaluation based on Spatio-Temporal Convolutional Neural Network. *Alexandria Engineering Journal*, 69, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.03.045>
- Liu, Y., & Sra, M. (2024). DanceGen: Supporting choreography ideation and prototyping with generative AI. *arXiv preprint arXiv:2405.17827*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.17827>
- McGregor, W. (2024). Choreographer Wayne McGregor unites dance, art and AI in his new spe-

- ctacle. Financial Times. <https://www.ft.com/content/30ced678-dfb5-456e-99bd-19b9f065f4c6>
- Papillon, M., Pettee, M., & Miolane, N. (2022). PirouNet: Creating dance through artist-centric deep learning. arXiv preprint arXiv:2207.12126. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.12126>
- Qu, J. (2024). A dance movement quality evaluation model using transformer encoder and convolutional neural network. *Scientific Reports*, 14, Article 32058. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83608-9>
- Raptis, M., Kirovski, D., & Hoppe, H. (2011). Real-time classification of dance gestures from skeleton animation. In *Proceedings of the Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation* (pp. 147–156). <https://doi.org/10.1145/2019406.2019427>
- Roux, C. (2024). Choreographer Wayne McGregor unites dance, art and AI in his new spectacle. Financial Times. <https://www.ft.com/content/30ced678-dfb5-456e-99bd-19b9f065f4c6>
- Sardari, F., Paiement, A., Hannuna, S., & Mirmehdi, M. (2020). VI-Net: View-invariant quality of human movement assessment. arXiv preprint arXiv:2008.04999. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2008.04999>
- ScienceDaily. (2024, April 29). Researchers develop a new way to instruct dance in Virtual Reality. <https://www.sciencedaily.com/releases/2024/04/240429133546.htm>
- ScienceDirect. (2024). Research trends in multimodal learning analytics. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X23000152>
- Song, J., & Ding, L. (2025). Reconstructing dance movements using a mathematical model based on optimized nature-inspired machine learning. *Artificial Intelligence Review*, 58(2), 123–138. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10456-7>

- The Guardian. (2024, October 29). Small step or a giant leap? What AI means for the dance world. <https://www.theguardian.com/stage/2024/oct/29/small-step-or-a-giant-leap-what-ai-means-for-the-dance-world>
- Turab, M., Colantoni, P., Muselet, D., & Tremeau, A. (2025a). Dance style recognition using Laban movement analysis. arXiv preprint arXiv:2504.21166. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.21166>
- Turab, M., Colantoni, P., Muselet, D., & Tremeau, A. (2025b). Emotion recognition in contemporary dance performances using Laban movement analysis. arXiv preprint arXiv:2504.21154. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.21154>
- Wiley Online Library. (2024). Capturing self-regulated learning processes in virtual reality: Causal. <https://bera-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/bjet.13393>
- Xie, Y., Yan, Y., & Li, Y. (2025). The use of artificial intelligence-based Siamese neural network in personalized guidance for sports dance teaching. *Scientific Reports*, 15, Article 12112. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96462-0>
- Yang, Y. (2023). In what ways is AI disrupting the dance industry? *Arts Management and Technology Laboratory*. <https://amt-lab.org/blog/2023/12/in-what-ways-is-ai-disrupting-the-dance-industry>
- Zhang, Z., Bian, Y., & Liu, W. (2024). Crafting Whole-Body Motion with Plug-and-Play Multimodal Controls. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(1), 1234–1242. <https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/32183>
- Zhang, Z., & Wang, Y. (2024). MIDGET: Music conditioned 3D dance generation. arXiv preprint arXiv:2404.12062. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.12062>

Veri Analitiği Tabanlı Spor Bilimleri: Makine Öğrenimi ve Ağ Bilimi Yaklaşımları

Editör:

Doç. Dr. Akan Bayrakdar

 **ÖZGÜR**
YAYINLARI

