

SPOR TEKNOLOJİLERİ VE YAPAY ZEKA:

Uygulama Alanları, Sınırlar ve
Gelecek Eğilimleri



Editörler:

Prof. Dr. Serdar ELER

Dr. Aydın ŞENTÜRK



SPOR TEKNOLOJİLERİ VE YAPAY ZEKA: UYGULAMA ALANLARI, SINIRLAR VE GELECEK EĞİLİMLERİ

Editörler

Prof. Dr. Serdar ELER*

Dr. Aydın ŞENTÜRK**

* Prof. Dr. Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara, Türkiye,
seler@gazi.edu.tr , ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9396-501X>

** Dr. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Kütahya,
Türkiye, aydin.senturk@dpu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4581-3702



Spor Teknolojileri ve Yapay Zeka:
Uygulama Alanları, Sınırlar ve Gelecek Eğilimleri
Eeditörler: Prof. Dr. Serdar ELER, Dr. Aydın ŞENTÜRK

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek
Kapak ve sayfa tasarımı: Duvar DESIGN
Basım Tarihi: Mart 2026
Yayıncı Sertifika No: 49837
ISBN: 978-625-8572-86-5

© Duvar Yayınları
853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir
Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com
duvarkitabevi@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Bölüm I.....	1
ANTRENMAN BİLİMİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM:	
VERİ ODAKLI PERFORMANS VE YÜK TAKİBİ	
Tevfik Cem AKALIN, İlayda Nur ÖZELGÜL, Ekrem Levent İLHAN, Nebahat ELER	
Bölüm II.....	24
REKREASYON ALANLARINDA YAPAY ZEKA KULLANIMI	
Yusuf ER, İREM Sultan KESKİN	
Bölüm III.....	41
SANAL GERÇEKLİK (VR) UYGULAMASI İLE HENTBOL ÖĞRETİMİ	
Nalan AKSAKAL	
Bölüm IV.....	50
SPORCU SAĞLIĞI VE REHABİLİTASYON SÜREÇLERİNDE	
YAPAY ZEKÂ KULLANIMI	
Mehmet AYDOĞAN	
Bölüm V.....	71
TENİS SPORUNDA YAPAY ZEKÂ ENTEGRASYONU:	
PERFORMANS ANALİTİĞİ, ANTRENMAN BİLİMİ, HAKEMLİK	
TEKNOLOJİLERİ VE DİJİTAL EKOSİSTEM	
Burcu YAMAN, Berat KOÇYİĞİT	
Bölüm VI.....	89
YAPAY ZEKÂ DÜZENLEMELERİ VE	
ETİK YAKLAŞIMLAR	
Tevfik Cem AKALIN, İlayda Nur ÖZELGÜL, Nebahat ELER	

Bölüm VII104

YAPAY ZEKÂ TABANLI EGZERSİZ TAKİBİ VE FİZİKSEL UYGUNLUK

Ünal Can GÖKMEN

Bölüm VIII.....124

YUMUŞAK GÜCÜN YENİ BİÇİMLERİ:

DİJİTAL DİPLOMASİ KÜLTÜRÜ VE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ

REKREASYON

Selin CENGİZ, Ali YILDIRIM

Bölüm I

ANTRENMAN BİLİMİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: VERİ ODAKLI PERFORMANS VE YÜK TAKİBİ

Tevfik Cem AKALIN¹
İlayda Nur ÖZELGÜL²
Ekrem Levent İLHAN³
Nebahat ELER⁴

¹ Doç. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Zonguldak, Türkiye, e-mail: tc.akalin@beun.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-0598-3849

² Arş. Gör., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Zonguldak, Türkiye, e-mail: i.ozelgul@beun.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-4770-676X

³ Prof. Dr., Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara, Türkiye, e-mail: leventilhan@gazi.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1117-2700

⁴ Prof. Dr., Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara, Türkiye, e-mail: nebahateler@gazi.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3857-3459

Giriş

George Grant'ın “teknoloji çağın ontolojisi” ifadesi, dijital dönüşüm dönemine geçişin özeti olarak kabul edilmektedir (Grant, 1986). Teknolojide meydana gelen hızlı değişim ve ilerlemeler, topluma birçok alanda önemli faydalar sağlamıştır (Şentürk ve Özer, 2022). Bu gelişmelerden biri olan yapay zeka (YZ), insan yaşamına çarpıcı bir giriş yapmıştır. İnsan davranışlarını tekrarlayacak makinelerin tasarlanması fikrini belirten Turing (1950), YZ kavramının ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamıştır.

YZ, bilgisayar sistemlerinin insan benzeri zekâ ve öğrenme becerilerine sahip olması şeklinde ifade edilmektedir (Poole ve Goebel, 1998). Diğer bir tanımda ise, zeka gerektiren bir davranışı kendi başına gerçekleştirebilen teknoloji bileşeni olarak tanımlanmaktadır (Crawford vd., 2016; Scherer, 2015). Farklı algoritmalar ve yazılımlardan oluşan YZ sistemleri; internet arama motorları, mobil uygulamalar, giyilebilir teknolojiler, toplu taşıma ve ev aletlerine kadar insan yaşamının içinde yer almaktadır (Bostrom ve Yudkowsky, 2014). Kullanıcılara anlık geri dönüş sağlayan YZ sohbet robotu ve tele tıp hizmetleri sayesinde doktorların hastalara ulaşım hizmeti vermesi bu sistemlerin örneklerinden birkaçı olarak belirtilmiştir (Haleem vd., 2021). Diğer taraftan teknolojinin sportif ürünlere entegre edilmesi, spor faaliyetlerinde ilerlemelerin yaşanmasına zemin hazırlamıştır (Haake, 2009; Atasoy ve Kuter, 2005). Bu ilerlemeler doğrultusunda YZ, sporcuların performans takibinden sakatlık önlemeye, strateji geliştirmeden taraftar deneyiminin değerlendirilmesine kadar geniş bir alana etki etmiştir. Bu duruma paralel olarak spor bilimlerinde köklü bir dönüşümün gerçekleştiği ve devam edeceği düşünülmektedir.

YZ, antrenman bilimi ve sporcu performans takibi alanında etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır. Sporcuların antrenman yüklerini yönetmek, bireysel performanslarını optimize etmek ve sakatlık risklerini en aza indirmek için YZ tabanlı sistemlerden yararlanılmaktadır. Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler, antrenman yükünün nesnel ve öznel yöntemlerle ölçümünü daha erişilebilir ve güvenilir hale getirmiştir. Antrenman biliminde temel bir kavram haline gelen antrenman yükünün doğru bir şekilde ölçülmesi, sporcuların performans gelişiminde kritik bir rol oynamaktadır. Bu doğrultuda, antrenman yükünü değerlendirmeye yönelik araştırmaların sayısı giderek artmaktadır (Yaşlı vd., 2020). Antrenman yükünün etkili bir şekilde yönetilmesi, nesnel ve öznel yöntemlerle ölçümlerin yapılması ve bu ölçümlere dayalı olarak müsabakalara uygun yüklenme stratejilerinin belirlenmesi ile mümkündür (Borresen ve Lambert., 2009). Bu bağlamda antrenman yükü, iç yük ve dış yük olmak üzere iki temel kategoriye ayrılmaktadır.

Dış yük: Antrenman veya müsabaka sırasında sporcunun maruz kaldığı dışsal uyaranları ifade eder. Bunlar arasında toplam katedilen mesafe, kaldırılan ağırlık ve sprint sayıları gibi ölçümler yer almaktadır (Petway vd., 2020).

İç yük: Sporcunun dış yük uyaranlarına verdiği fizyolojik ve psikolojik yanıtları içerir. Kalp atım hızı (HR), kalp atım hızı değişkenliği (HRV), kan laktat seviyesi, hormonal yanıtlar ve algılanan efor (RPE) gibi parametreler içsel yükün değerlendirilmesinde kullanılır (Akubat vd., 2014; Schwellnus vd., 2016; Bigg vd., 2021).

Dış yük, sporcunun antrenman veya müsabaka sırasında sergilediği fiziksel iş gücünü belirlemeye yardımcı olurken, iç yük ise sporcu üzerinde oluşan fizyolojik adaptasyonların izlenmesini sağlamaktadır (Alemdaroğlu vd., 2017; Scott vd., 2013). Bu bağlamda, antrenman yükünün takibinde iç yük ölçümlerinin sporcunun bireysel tepkilerini daha doğru yansıtabileceği, dış yük ölçümlerinin ise antrenman planlamaları açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Büyük veri analitiği, makine öğrenmesi (MÖ) ve sensör teknolojileri ile desteklenen bu yaklaşımlar, antrenman süreçlerini bireyselleştirilmiş ve bilimsel temellere dayalı hale getirmektedir. Bir bilgisayarın, satranç dünya şampiyonuna karşı galip gelmesi (Deep Blue vs. Garry Kasparov), YZ'nin spor bilimleri literatüründe yüksek potansiyelini gösteren önemli bir örneğidir (Newborn, 2012; Campbell ve Hsu, 2002). İlaveten, YZ destekli mobil uygulamaların tercih edilmesi bireysel sporcular ve takımlar için yeni bir dönüşüme öncü olmuştur. Bu mobil uygulamalar, kişiye özel antrenman planlarının tasarlanabilmesi, atletik performans değerlendirmesinin yapılabilmesi ve yaralanmaların tespit edilebilmesi gibi birçok özelliği içermektedir (Meriçelli ve İncetaş, 2023; Claudino vd., 2019). Bu ileri teknolojik uygulamalar, antrenörün var olmadığı zamanlarda bir "dijital koç" görevi üstlenerek özellikle bireysel sporculara destek olmaktadır (Gençoğlu ve Asan, 2023).

Literatürde yapay zekâ ve dijital teknolojilerin spor bilimlerinde kullanımına ilişkin çalışmalar giderek artmakla birlikte, özellikle antrenman yükü takibi ve sporcu performans izleme alanında kapsamlı bir derlemenin sınırlı olduğu dikkat çekmektedir. Bu kitap bölümünde, yapay zekâ tabanlı sistemlerin antrenman bilimine katkılarını ortaya koymayı, sporcuların performansını optimize etmede kullanılan yöntemleri incelemeyi ve mevcut literatürdeki boşluklara işaret etmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, sporcu performans takibi ve antrenman yükü yönetiminde kullanılan yapay zekâ destekli uygulamalar güncel çalışmalar ışığında ele alınacak, avantajları ve sınırlılıkları tartışılacaktır. Ayrıca, gelecekteki araştırmalara yol gösterecek olası gelişim alanları da değerlendirilecektir.



Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Modelleri

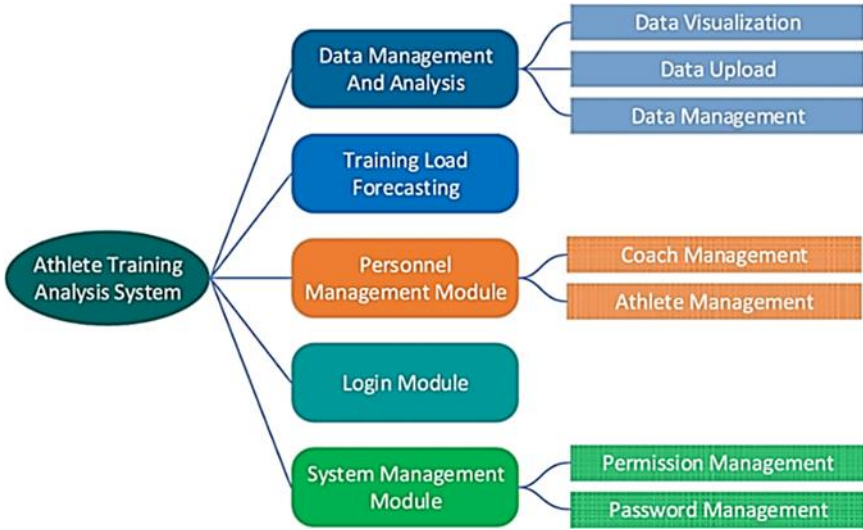
Spor bilimlerinde yaşanan dijital dönüşümün en çarpıcı yansımalarından biri, elde edilen büyük verinin eyleme dönüştürülebilir bilgilere çevrilmesi sürecidir. Giyilebilir teknolojiler, ivmeölçerler ve video analiz sistemleri aracılığıyla toplanan devasa boyuttaki fiziksel aktivite ve fizyolojik yanıt verileri, tek başına performansı optimize etmek için yeterli değildir. Tam bu noktada devreye giren YZ ve MÖ modelleri, geleneksel istatistiksel yöntemlerin sınırlarını aşarak karmaşık veri setleri içindeki doğrusal olmayan örüntüleri tespit etmemize olanak tanır. Günümüz antrenman biliminde asıl mesele sadece veriyi toplamak değil; bu veriyi işleyecek, yorgunluk belirtilerini önceden saptayacak ve antrenman yükünü bireyselleştirecek algoritmik sistemleri doğru yorumlayabilmektir. Bu alt bölümde, veri yığınlarını anlamlı performans çıktılarına dönüştüren temel yapay zekâ yaklaşımları ve makine öğrenmesi algoritmalarının çalışma prensipleri detaylandırılacaktır.

İkili Lojistik Regresyonu: Koşu antrenmanlarında yük tahmini için ikili lojistik regresyon analizi tabanlı bir model önerilmiştir (Zhou, 2017). Spor yükü üzerinde önemli etkiye sahip faktörler bağımsız değişkenler olarak belirlenmiş, yük istatistikleri için önemli tarama değişkenleri hesaplanmıştır. Geleneksel doğrusal özdeğer istatistikleri yerine, daha doğru tahmin yapabilmek için alternatif değişkenler kullanılmıştır (Hazrat vd., 2023; Yin vd., 2023; Wang vd., 2019).

Karar Ağacı Makine Öğrenmesi Modeli: Büyük antrenman yükü nedeniyle sporcuların antrenman seviyesinin düşmesi ve üzerlerindeki baskının artmasını önlemek için karar ağacı tabanlı bir makine öğrenimi modeli önerilmiştir (Ma,

2018). Bu model, sporcu antrenman verileri toplanarak, temel yük özelliklerine dayalı olarak tahmin süreci gerçekleştirilmiştir. Deneyler, yöntemin sporcuların antrenman yükünün %80'ini doğru tahmin edebildiğini göstermektedir (Aslam, 2021; Ullah vd., 2020; Aslam, 2020).

Spor Antrenmanı Analiz Sistemi: Spor antrenmanı analiz sistemi, B/S (Browser/Server) mimarisi kullanılarak tasarlanmış olup beş katmandan oluşmaktadır. Bu yapı, antrenman verilerinin etkin yönetimi ve analizini kolaylaştırarak yük optimizasyonu için etkili bir sistem sunmaktadır (Zhang vd., 2023; Liu vd., 2021).



Şekil 1. Sporcu antrenman analiz sisteminin fonksiyonel modülleri

Antrenman biliminde veri odaklı yaklaşımın temel amacı, sporcunun içsel ve dışsal yüklerini hassasiyetle izleyerek maksimum performansa en güvenli yoldan ulaşmaktır. Ancak modern sporda karşılaşılan verilerin çok boyutlu ve dinamik yapısı, insan bilişinin veya basit analitik araçların tek başına başa çıkamayacağı bir karmaşıklığa ulaşmıştır. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi algoritmaları, geçmiş antrenman verilerini, biyomekanik ölçümleri ve fizyolojik parametreleri birleştirerek tahmine dayalı modeller oluşturur. Bu modeller sayesinde, sporcuların antrenmanlara vereceği adaptasyon önceden simüle edilebilir, aşırı antrenman riski minimize edilebilir ve sakatlık potansiyeli kritik seviyelere ulaşmadan tespit edilebilir. Bu nedenle antrenörlerin ve spor bilimcilerin karar alma süreçlerini destekleyen yapay zekâ modellerinin mekanizmalarını ve sporda yük takibindeki güncel uygulamalarını takip etmesi son derece önem arz etmektedir.

1. Antrenman Yük Takibi

Sporculara antrenman ve müsabaka sırasında binen yükün izlenmesi antrenman biliminde güncel bir "sıcak konu" haline gelmekte (Kalkhoven vd., 2021) ve profesyonel spor takımları bu amaçla önemli kaynaklar yatırmaktadır (Bourdon vd., 2017). Antrenman yükü, sporcu üzerinde belirli bir zaman dilimi içinde tek veya birden fazla antrenman seansından kaynaklanan kümülatif stres miktarı olarak tanımlanmaktadır (Halsen, 2014). Geçmişte antrenörler, sporcuların antrenman yüklerini değerlendirmek için genellikle deneyimlerine ve öznel değerlendirmelere bağlı kalmışlardır. Bu yöntem, netlik sağlamaması ve zaman alması nedeniyle hem performansın uzun vadeli izlenmesi hem de sakatlıkların önlenmesi bakımından yetersiz kalmıştır (Foster vd., 2017). Günümüzde ise takip sistemleri ve giyilebilir teknolojilerin tercih edilmesiyle antrenman yükü yönetimi önemli ölçüde gelişme göstermiştir. Bu sayede artık sporcuların fiziksel aktiviteleri ve fizyolojik tepkileri ayrıntılı bir şekilde izlenebilmekte; antrenman yüklerinin analiziyle aşırı antrenmanın önlenmesi ve sakatlık riskinin azaltılması sağlanmıştır (Vanrenterghem vd., 2017; Buchheit ve Simpson, 2017).

Antrenman yükünün doğru yönetimi, sporcuların performans gelişimi ve sakatlık riskinin azaltılması açısından kritik bir faktördür. Geleneksel yöntemler genellikle öznel değerlendirmelere dayanırken, YZ tabanlı sistemler bireysel performans parametrelerini nesnel verilerle analiz ederek antrenman yükünün optimize edilmesini sağlamaktadır. Bu sistemler, aşırı yüklenme riskini azaltarak daha verimli ve sürdürülebilir antrenman süreçleri sunmaktadır (Foster vd., 2017). Yük takibi, antrenman programlarına uyumu belirlemek, yorgunluğu ve iyileşmeyi değerlendirmek ve yaralanma ve hastalık riskini en aza indirmek için önemlidir (Kalkhoven vd., 2021; Halsen, 2014).

1.1. Dış Yükü İzlemeye Yönelik Yöntemler

- ✓ Optik izleme sistemleri, oyuncuların saha üzerindeki konumlarını ve hareketlerini yüksek doğrulukla takip ederek toplam mesafe, hız, sprint ve ivmelenme gibi parametreleri ölçer. Bu sistemler, takım ve bireysel düzeyde antrenman yükünü analiz etmekte etkilidir; ancak donanım maliyeti, veri işleme zorlukları ve bazı yüksek yoğunluklu hareketlerin (ani ivmelenmeler) tam olarak yakalanamaması gibi sınırlamaları vardır (Rahimian ve Toka, 2022; Buchheit ve Simpson, 2017).
- ✓ PlayerLoad, genellikle ivmeölçer tabanlı sistemlerle ölçülen ve oyuncunun mekanik yükünü yansıtan bir metriktir. PlayerLoad, toplam mesafe, yüksek hızlı koşu, sprint ve yüksek yoğunluklu olaylarla birlikte, antrenman yükünün içsel (algılanan zorluk) ve dışsal (fiziksel çıktı) bileşenleriyle ilişkilidir. Ancak, farklı cihazlar ve algoritmalar arasında

karşılaştırma yapmak zordur ve oyuncular arası teknik farklılıklar ölçümlerde sapmalara yol açabilir (Dawson vd., 2024; Wiig vd., 2020).

- ✓ GPS ve ivmeölçer sistemleri, dışsal yükün izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler sayesinde toplam mesafe, yüksek hızda koşu, ivmelenme ve yavaşlama gibi parametreler detaylı biçimde takip edilebilmektedir (Petway vd., 2020).
- ✓ Zaman-Hareket Analizi: Takım sporlarında, zaman-hareket analizi (Time-Motion Analysis- TMA), özellikle maç sırasında sporcuların fiziksel yüklerini belirlemek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. TMA, küresel konumlandırma sistemi (GPS) verileri ve dijital video analiz sistemleri (örneğin, ProZone™) aracılığıyla sporcuların hareket desenlerini izleyerek analiz eder (Taylor, 2012).

1.2. İç Yükü izlemeye Yönelik Yöntemler

İç yük ve algılanan zorluk, hem kısa vadede antrenman performansını hem de uzun vadede sportif gelişimi belirleyen temel unsurlardır. Yüksek ve sürekli algılanan zorluk düzeyleri, aşırı yüklenmeye bağlı olarak performans artışını sınırlandırabilir, yorgunluğu artırabilir ve motivasyonu olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle antrenman yükünün ve zorluk düzeyinin dengeli biçimde planlanması hem performans gelişimi hem de sürdürülebilir antrenman süreci açısından kritik önemdedir (Ribiero vd., 2019; Torres vd., 2025).

- ✓ Algılanan Zorluk Derecesi (Rate of Perceived Exertion, RPE) ve buna dayalı oturum RPE'si, sporcuların antrenman boyunca hissettikleri efor düzeyini pratik, ekonomik ve subjektif olarak değerlendirme imkânı sunar. sRPE, antrenmanın süresinin algılanan zorluk puanı ile çarpılmasıyla elde edilir ve oturumun toplam yükünü temsil eder (Torres vd., 2025; Rago vd., 2021). Çeşitli spor dallarında geçerliliği kanıtlanan bu yöntem, akut performans kayıplarını öngörmeye etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır (Vermeire vd., 2023). Nitekim farklı antrenman yükleriyle yürütülen çalışmalarda, RPE ile ölçülen içsel yükün, antrenman sonrası performans kaybıyla en yüksek düzeyde ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Yük arttıkça algılanan zorluk puanı da yükselmekte ve buna bağlı olarak akut performans düşüşü daha belirgin hale gelmektedir (Vermeire vd., 2023).
- ✓ Antrenman yükünü değerlendirmede yaygın olarak kullanılan diğer göstergeler arasında kalp atım hızı (Heart Rate, HR) ve kalp atım hızı değişkenliği (Heart Rate Variability, HRV) yer almaktadır. HR hem dinlenik durumda hem de egzersiz sırasında kısa vadede antrenman yüküne duyarlı olmakla birlikte, değişimlerin boyutu günlük varyasyon sınırlarında kalabildiğinden tek başına aşırı yüklenmeyi belirlemede sınırlı

kalabilir (Bosquet vd., 2008). Buna karşın HRV, antrenman yoğunluğu ve toparlanma süreçleri ile yakından ilişkili olması nedeniyle son yıllarda hem bireysel hem de takım sporlarında objektif bir izleme aracı olarak önem kazanmıştır. Egzersiz sırasında HRV’de gözlenen azalma, egzersiz yoğunluğuyla güçlü bir ilişki gösterirken; toparlanma sürecinde artış göstermesi, organizmanın homeostatik dengeye dönüşünü yansıtmaktadır (Olmos vd., 2024).

- ✓ Antrenman yükünün yaralanma riskiyle olan ilişkisini değerlendirmek amacıyla geliştirilen Akut-Kronik İş Yüğü Oranı (ACWR) ise, kısa vadeli yük (ör. bir haftalık toplam yük) ile uzun vadeli yük ortalaması (ör. dört haftalık ortalama) arasındaki ilişkiyi göstermektedir. (Andrade vd., 2020; Griffin vd., 2020). Literatürde yüksek ACWR değerlerinin (özellikle>2.0) sakatlık riskini artırabileceği bildirilmektedir (Maupin vd., 2020). Diğer taraftan, 0.8–1.3 aralığındaki ACWR değerlerinin ise daha düşük yaralanma riskiyle ilişkili olduğu öne sürülmektedir (Bourdon vd., 2017). Ancak bu oranın tek başına güvenilir bir yaralanma önleme aracı olarak kullanılmasının metodolojik sınırlılıklar içerdiği unutulmamalıdır.

2. Sporcu Performans Takibi ve Ticari Ürünler

Yapay zekâ teknolojilerinin veri analizi ve karar alma süreçlerine entegre edilmesi, antrenör, sporcu ve takımların performans gelişimini destekleyerek rekabet avantajı elde etmelerinde önemli bir rol oynayabilmektedir (Ustalar, Şentürk ve Eler, 2023). Ayrıca analiz, başarı analizi ve turnuva analizi, notasyon analizini, farklı parametrelerin verimliliği gibi eylemlerle karakterize edilen farklı değişkenlerle tamamlamak, oyun sürecini etkili bir şekilde modellemek için, maç sırasında takımların eylemleri ve farklı yarışmalarda kullanılan stratejiler hakkında daha fazla veri elde etmek antrenörlere avantaj sağlamaktadır (Vurgun vd., 2023). Dijital ortamda sanal egzersiz performans uygulamalarının motivasyonel ve psikolojik olarak bireylerde pozitif yönde katkı sağlamaktadır (Gumusgul vd., 2025). Özellikle mobil egzersiz uygulamalarının, fiziksel aktivite ve egzersiz alanında uzman kurum ve kuruluşlar tarafından belirlenen fiziksel aktivite rehberlerine uygun şekilde tasarlanması ve düzenli olarak denetlenmesi önem taşımaktadır (Yüksel ve Şentürk, 2022).

Sporcuların antrenman ya da müsabaka esnasında performanslarını analiz etmek, ilerleme süreçlerini takip etmek ve bireysel gelişim stratejilerini belirlemek için yapay zekâ tabanlı teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde sporcuların hareketleri biyomekanik açıdan değerlendirilmekte, fizyolojik parametreler (yorgunluk seviyeleri, kalp atış hızı değişkenliği ve kas aktivasyonu vb.) takip edilerek performans süreçleri analiz edilmektedir. Ayrıca

geçmiş performans verileri kaydedilerek sporcu ve antrenörlere gelişime yönelik yeni yaklaşımlar sunma imkânı da sağladığı düşünülmektedir.

Elit spor kulüpleri sürekli olarak kendilerine rakipleri karşısında rekabet avantajı sağlayabilecek yeni yöntemler ve stratejiler geliştirmektedir. Bu yöntemlerin başında gelen gerçek zamanlı spor veri analizinin yükselişi, spor biliminin doğasında değişiklik sağlamıştır (Jha vd., 2022). Analitik araçlar kullanılarak tasarlanan bu gelişmeler, takım yöneticilerinin ve antrenörlerin sporcu performansını artırmak için oyunu daha kolay analiz etmelerini sağlamaktadır.

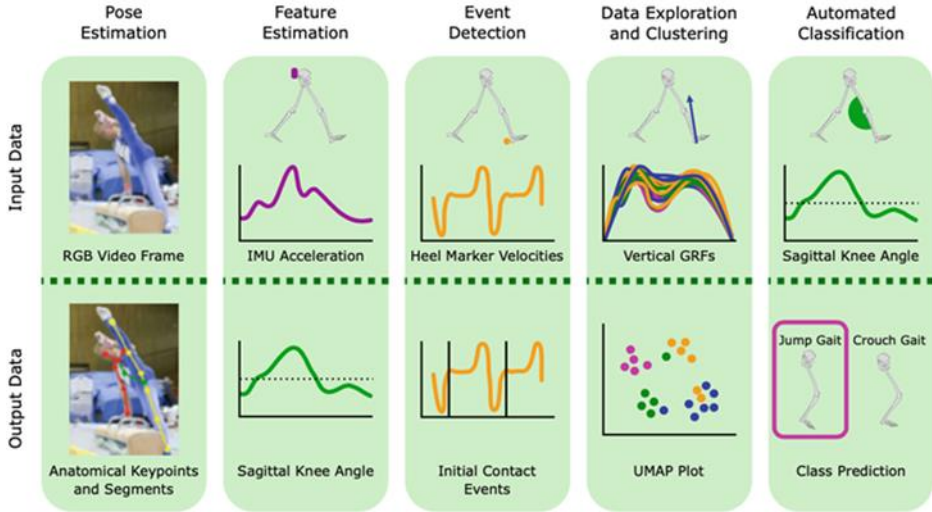


2.1. Giyilebilir ve Sensör Tabanlı Takip Sistemleri

✓ Yerel Konum Ölçüm (LPM) ve GPS Tabanlı Takip Sistemleri

Yerel Konum Ölçüm (Local Position Measurement, LPM) sistemi, sporcuların saha içindeki hareketlerini yüksek doğrulukla takip edebilmek için geliştirilmiş bir radyo frekansı tanımlama (RFID) teknolojisidir. LPM sisteminde, oyuncuların vücutlarına veya giysilerine yerleştirilen transponderler aracılığıyla gerçek zamanlı konum verileri toplanmaktadır. Sahaya stratejik olarak yerleştirilen baz istasyonları, bu transponderlerden gelen sinyalleri işleyerek sporcuların hızlarını, ivmelenmelerini ve toplam mesafelerini

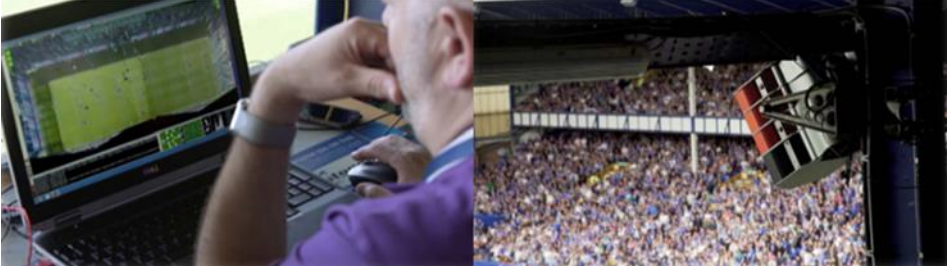
hesaplamaktadır (Jha vd., 2022). Benzer şekilde, GPS tabanlı takip sistemleri de sporcuların konumlarını belirlemek ve performans değişkenlerini ölçmek için kullanılmaktadır. GPS sistemleri, saha içindeki hız ve ivmelenme değişikliklerini takip ederek sporcuların antrenman yoğunluklarını optimize etmeye yardımcı olmaktadır.



Şekil 2. Anahtar ML uygulamaları için girdi ve çıktı çiftlerine örnekler, yani poz tahmini, özellik tahmini, olay algılama, veri keşfi ve kümeleme ile otomatik sınıflandırma (Dindorf ve ark., 2021)

✓ *ZXY Spor Takip Sistemi*

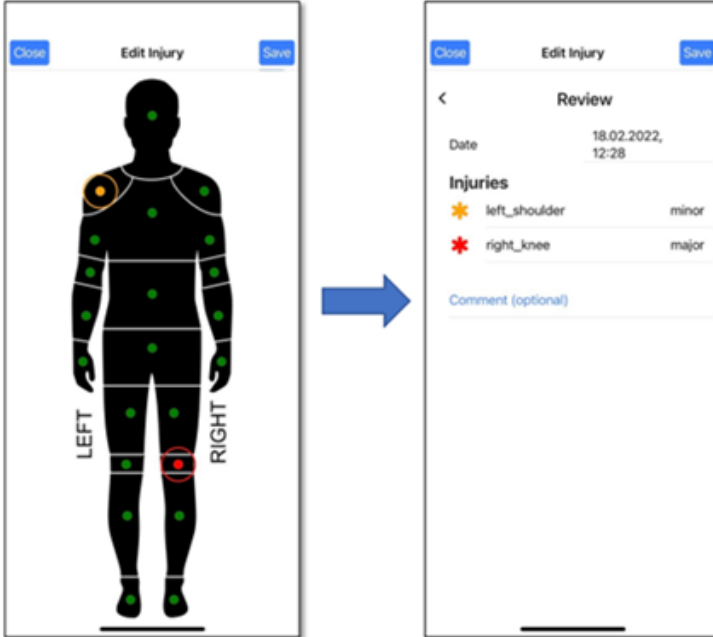
Bu sistem, ChyronHego (2013), yazılım şirketi tarafından üretilen ticari bir üründür. Sporcuların saha içindeki hareketlerini, yönelimlerini, kalp atış hızlarını ve adım frekanslarını analiz edebilmek için radyo frekansı (RF) tabanlı bir teknoloji kullanmaktadır. Sistem, sahaya yerleştirilen 11 adet sabit alıcı tarafından toplanan sinyallerle çalışmaktadır. Bu alıcılar, sporcuların giydiği sensörlü kemerler aracılığıyla veri toplamaktadır. Kemerler, kalp atış hızı monitörleri, jiroskoplar ve ivmeölçerler gibi çeşitli algılayıcılar içermektedir. Elde edilen veriler, sporcuların saha içindeki konumlarını, hareket yönlerini ve fiziksel performans ölçütlerini belirlemek için kullanılmaktadır. Giyilebilir sensörler sayesinde, sporcuların antrenman sırasında ve maç esnasında ortaya koydukları performans gerçek zamanlı olarak takip edilebilmektedir.



Şekil 3. ZXY Spor Takip Sistemi

✓ PMSys – Oyuncu İzleme ve Geri Bildirim Sistemi

PMSys (Player Monitoring System), sporcuların antrenman yüklerini, fiziksel durumlarını ve performanslarını takip etmek için geliştirilmiş bir öz-bildirim sistemidir. Sporcular, mobil cihazlar üzerinden düzenli olarak performansları hakkında geri bildirim verebilmekte ve antrenörler bu verileri analiz ederek bireyselleştirilmiş antrenman programları oluşturabilmektedir. PMSys artık Android ve iOS cihazlar için hem Google Play hem de iTunes mağazasında mevcuttur. Grafiksel görselleştirme geri bildirimine sahip bir mobil uygulama, oyunculara zaman çizelgesine genel bir bakış sağlar. PMSys sistemi aracılığıyla toplanan veriler, oyuncuların performansına odaklanan çeşitli takip araştırmalarında da kullanılmaktadır (Thambawita vd., 2020; Wiik vd., 2019).



Şekil 4. PMSys - Oyuncu İzleme ve Geri Bildirim Sistemi

✓ **WHOOP Uyku Takibi**

Kaliteli uyku sporcu performansı açısından oldukça önemlidir. YZ teknolojileri, gelişmiş biyosensörlerle donatılmış giyilebilir cihazlardan yararlanarak uyku düzenlerinin izlenmesini ve optimizasyonunu önemli ölçüde artırmaktadır. WHOOP (WHOOP Inc., Boston, MA, ABD) gibi bu giyilebilir cihazlar, kalp hızı değişkenliği ve uyku döngüleri gibi kritik uykuyla ilgili biyometrikleri izlemektedir. Bu araçlar, uykuyu optimize etmek ve iyileşmeyi yönetmek için kişiselleştirilmiş öneriler geliştirmektedir. YZ, kapsamlı uyku verilerini analiz rahatsızlıkları tespit edebilmekte ve sporcunun toparlanması için kişiselleştirilmiş stratejiler sunmaktadır (Flynn, 2024).



Şekil 5. WHOOP uyku cihazı

✓ **Catapult Vector: Spora ve Pozisyona Özel Veri Tabanlı İzleme Teknolojisi**

Catapult Vector, elit düzeyde sporcuların performanslarını hassas şekilde izlemek amacıyla geliştirilmiş, sektörde öncü bir sporcu izleme sistemidir. Sistem, gelişmiş sensör teknolojisini sofistike veri analitiği ile entegre ederek, farklı spor branşlarında ve pozisyonlara özgü olarak kullanılabilir hale

getirilmiştir. Bu yapı hem antrenman hem de müsabaka süreçlerinde toplanan verilerin yüksek doğrulukla analiz edilmesini mümkün kılar. Yüksek hassasiyetli veri toplama yetisi, yapay zekâ destekli analiz kabiliyeti ve spora özgü yaklaşımıyla, modern antrenman izleme teknolojilerinin öncüsü konumundadır (Catapult, 2025).



Şekil 6.Catapult Spora ve Pozisyona Özel Veri Tabanlı İzleme Teknolojisi

✓ *K-Track Sistemi*

Bu sistem, sporcuların antrenman yükünü pozisyona özgü parametrelerle değerlendirmeye olanak tanıyan ileri düzey bir izleme teknolojisidir. Entegre inertial ölçüm birimleri (IMU) sayesinde 3 boyutlu hareket analizi yaparak; toplam iş yükü, ortalama kuvvet üretimi, lateral dengesizlik, sıçrama ve yan dalış sayısı gibi özgül değişkenleri nicel olarak belirler. Özellikle kaleci performanslarının değerlendirilmesinde kullanılan K-TRACK sistemi, geleneksel GPS tabanlı sistemlerin ötesine geçerek, fiziksel yüklenmenin daha detaylı ve fonksiyonel analizini mümkün kılmakta; böylece antrenman

programlarının bireysel ihtiyaçlara göre düzenlenmesine katkı sağlamaktadır (Izzo vd., 2019).

✓ *Kinexon*

Spor performans takibi ve analitiğinde küresel ölçekte nc bir sistemdir. GPS, UWB, bilgisayarla görme, IMU gibi sensör teknolojilerini yapay zekâ tabanlı algoritmalarla entegre ederek; yk yönetimi, performans analizi, oyuncu gelişimi ve taktiksel karar destek süreçlerinde kapsamlı mler sunmaktadır. Kinexon'un sunduğu teknoloji altyapısı, GPS, ultra geniş bant (UWB), bilgisayarla görme sistemleri, inertial ölçüm birimleri (IMU) ve diğer sensör teknolojilerinin entegre kullanımıyla desteklenmektedir. Bu sistemler, sporcu ve top hareketlerine ilişkin yüksek çözünürlüklü verilerin toplanmasını sağlamaktadır (Kinexon, 2025).



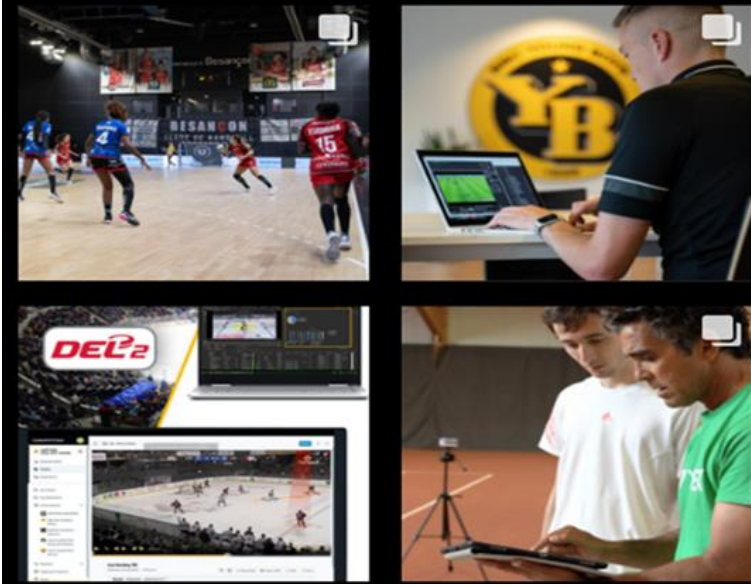
şekil 7. Kinexon

2.2. *Video Analiz ve Görüntü İşleme Sistemleri*

✓ *Dartfish Sistemi*

Dartfish sistemi, takımların ve sporcuların performanslarını geliştirmelerine yönelik kapsamlı video analiz mleri sunmaktadır. Spor performansının değerlendirilmesi ve geliştirilmesinde kullanılan bu sistem, rakiplere karşı stratejik hazırlık yapılmasına, zayıf ynlerin tespit edilmesine ve bireysel performansın optimize edilmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, yapay zekâ destekli görüntü işleme ve veri analizi teknikleri sayesinde performans verileri daha hızlı ve doğru bir şekilde yorumlanabilmekte, böylece antrenman ve

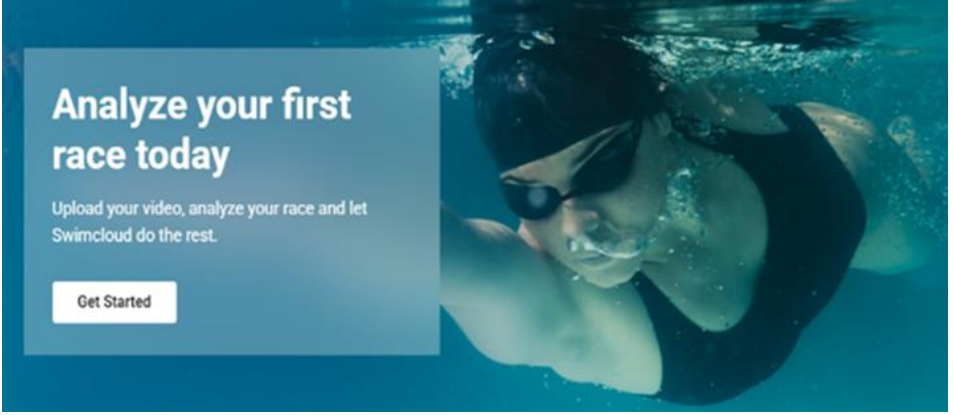
müsabaka süreçlerinde daha bilimsel ve veriye dayalı kararlar alınmasına olanak tanınmaktadır (Dartfish, 2025).



Şekil 8. Dartfish Ssitemi

✓ *Swimcloud Sistemi*

Swimcloud, ekip verilerini bütünleştiren çok işlevli bir yönetim platformudur. Yapay zekâ destekli veri işleme ve analiz özellikleri sayesinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlarken, olası hataları en aza indirmekte ve taraftar etkileşimini artırmaktadır. Spor alanında özellikle yüzme branşında kullanılan bu sistem, performans verilerinin bütüncül biçimde değerlendirilmesine olanak tanıyarak hem antrenörlerin karar alma süreçlerini desteklemekte hem de sporcuların performans gelişimine bilimsel katkı sunmaktadır (Swimcloud, 2025).



Şekil 9. Swimcloud Sistemi

✓ *SportVU Teknolojisi*

SportVU teknolojisi, basketbol oyuncularının performans analizini daha hassas ve veri odaklı bir yaklaşımla değerlendiren ileri düzey bir bilgisayarlı görü sistemidir. Yüksek çözünürlüklü kameralar ve YZ tabanlı analiz araçları kullanılarak oyuncuların ve topun hareketleri gerçek zamanlı olarak takip edilmekte, bu sayede antrenman ve maç stratejilerinin optimize edilmesine katkı sağlanmaktadır (SportVU, 2025).



Şekil 10. SportVU teknolojisi

Sonuç

Bu çalışma sonucunda dijital dönüşüm sürecinin sporun çeşitli alanlarında önemli gelişmeler sağladığı ortaya koyulmuştur. Gelişen teknolojiler sayesinde sporda performans analizi, antrenman planlaması ve antrenman yükü boyutları yenilik kazanmıştır. Bu doğrultuda dijital uygulamaların yaygınlaşması, sporda veriye dayalı karar alma süreçlerini güçlendirmiş ve bireysel gelişim olanaklarını artırmıştır.

Günümüzde dijital dönüşüm, sporda antrenman süreçlerinin daha bilinçli ve veriye dayalı bir biçimde yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle yapay zekâ destekli uygulamalar, sporcuların antrenman yükünü doğru bir şekilde analiz ederek aşırı yüklenme, yetersiz toparlanma veya yaralanma gibi olumsuz durumların oluşumunu engellemeye yardımcı olmaktadır. Bu sayede sporcunun bireysel ihtiyaçlarına uygun şekilde antrenman programları yapılabilir. İlâveten yapay zekâ teknolojileri, sporcuların fiziksel ve fizyolojik değerlerini gerçek zamanlı olarak izlemeyi sağlamaktadır. Aynı zamanda antrenman yoğunluklarının performans etkisini tahmin etmekte ve antrenörlere bilimsel temelli geri bildirimler sunmaktadır. Bu durum, sporcunun yalnızca performans artışını desteklemekle kalmayıp, sporcunun uzun vadeli gelişimine ve sağlıklı yaşam anlayışının benimsenmesine de imkân sağlamaktadır.

Sonuç olarak, dijital dönüşüm ve yapay zekâ tabanlı sistemlerin antrenman yükü yönetiminde etkin şekilde kullanılması hem sporcu performansının artırılması hem de yaralanma risklerinin azaltılması açısından önem teşkil etmektedir. Bu teknolojilerin spor bilimlerine entegre olması, ölçülebilir ve bireysel farklılıkları dikkate alan bir antrenman anlayışını beraberinde getirmektedir. Böylece, gelişen teknoloji ile yapay zekâ destekli uygulamaların sporcular için vazgeçilmez bir parça haline gelmesi kaçınılmaz olacaktır. Genel olarak değerlendirildiğinde, yapay zekâ ve dijital teknolojilerin spor bilimlerine entegrasyonu önemli fırsatlar sunmakla birlikte, literatürde uygulamaların metodolojik farklılıkları, branşa özgü adaptasyon sorunları ve uzun dönemli etkiler konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Gelecek araştırmaların, disiplinlerarası yaklaşımlarla veri analitiği, biyomekanik ve spor psikolojisini bütünleştirmesi, sporcu sağlığı ve performansına yönelik daha kapsamlı modellerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Akubat, I., Barrett, S., ve Abt, G. (2014). Integrating the internal and external training loads in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 457–462. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2012-0347>.
- Alemdaroğlu, U., ve Köklü, Y. (2017). Training load and the role of injury prevention. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Medicine - Special Topics*, 3(3), 184–190.
- Andrade, R., Wik, E. H., Rebelo-Marques, A., Blanch, P., Whiteley, R., Espregueira-Mendes, J., ve Gabbett, T. J. (2020). Is the acute: chronic workload ratio (ACWR) associated with risk of time-loss injury in professional team sports? A systematic review of methodology, variables and injury risk in practical situations. *Sports Medicine*, 50(9), 1613–1635. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01308-6>
- Aslam, M. S. (2020). Co-design method for H_∞ control of quantized TS fuzzy system over the networked system. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 39(1), 771–788. <https://doi.org/10.3233/JIFS-191708>.
- Aslam, M. S. (2021). L_2 – L_∞ control for delayed singular Markov switch system with nonlinear actuator faults. *International Journal of Fuzzy Systems*, 23(7), 2297–2308. <https://doi.org/10.1007/s40815-021-01102-0>.
- Atasoy, B., ve Kuter, F. Ö. (2005). Küreselleşme ve spor. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 11–22.
- Bigg, J. L., Gamble, A. S. D., ve Spriet, L. L. (2021). Internal Physiological Load Measured Using Training Impulse in Varsity Men's and Women's Ice Hockey Players Between Game Periods. *Journal of strength and conditioning research*, 35(10), 2824–2832. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004120>
- Borresen, J., ve Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39, 779–795. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>.
- Bosquet, L., Merkari, S., Arvisais, D., ve Aubert, A. E. (2008). Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature. *British journal of sports medicine*, 42(9), 709–714. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.042200>
- Bostrom, N., ve Yudkowsky, E. (2014). *The ethics of artificial intelligence*. In K. Frankish ve W. Ramsey (Eds.), *The Cambridge handbook of artificial intelligence* (pp. 316–334). Cambridge University Press.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... ve Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus

- statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 161–170. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>.
- Buchheit, M. and Simpson, B. (2017). *Player-Tracking Technology: Half-Full or Half-Empty Glass?*. *International journal of sports physiology and performance*, 12(Suppl 2), S235-S241. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2016-0499>.
- Campbell, M., Hoane, A. J., ve Hsu, F. (2002). Deep Blue. *Artificial Intelligence*, 134(1–2), 57–83. [https://doi.org/10.1016/S0004-3702\(01\)00129-1](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(01)00129-1).
- Catapult. (2025). Spora ve pozisyona özel veri tabanlı izleme teknolojisi. <https://www.catapult.com/tr/>.
- ChyronHego. (2013). Sports tracking. <https://chyronhego.com/products/sportstracking>.
- Claudino, J. G., Capanema, D. D. O., de Souza, T. V., Serrão, J. C., Machado Pereira, A. C., ve Nassis, G. P. (2019). Current approaches to the use of artificial intelligence for injury risk assessment and performance prediction in team sports: A systematic review. *Sports Medicine-Open*, 5(28), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0202-3>.
- Crawford, K., Whittaker, M., Elish, M., Barocas, S., Plasek, A., ve Ferryman, K. (2016). *The social and economic implications of artificial intelligence technologies in the near-term*. AI Now Public Symposium.
- Dartfish. (2025). Video analysis solutions for sports performance. <https://www.dartfish.com/>
- Dawson, L., Beato, M., Devereux, G., ve McErlain-Naylor, S. A. (2022). A review of the validity and reliability of accelerometer-based metrics from upper back–mounted GNSS player tracking systems for athlete training load monitoring. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10-1519. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004835>.
- Dindorf, C., Bartaguiz, E., Gassmann, F., ve Fröhlich, M. (2023). Conceptual Structure and Current Trends in Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning Research in Sports: A Bibliometric Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 173. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010173>
- Flynn, J. (2024). *Sports and technology have the power to change the world: Driving positive change through the use of data and AI*. John Wiley & Sons.
- Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., ve De Koning, J. J. (2017). Monitoring training loads: The past, the present, and the future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), 2-8. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2016-0388>.

- Gençoğlu, C., ve Asan, S. (2023). *Dijital çağda sporcu beslenmesi ve yapay zeka*. In *Dijital Çağda Spor Araştırmaları I* (ss. 91–100). <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub222>.
- Grant, G. (1986). *Technology and justice*. House of Anansi.
- Griffin, A., Kenny, I. C., Comyns, T. M., ve Lyons, M. (2020). The association between the acute: chronic workload ratio and injury and its application in team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 50(3), 561-580. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01218-2>
- Gumusgul, O., Acet, M., Senturk, A., Akin, S., Isik, U., & Gumusgul, C. (2025). The effect of exercise in virtual environment on psychological well-being and motivation for recreation participation. *Current Psychology*, 44(3), 1587-1597.
- Haake, S. J. (2009). The impact of technology on sporting performance in Olympic sports. *Journal of Sports Sciences*, 27(13), 1421–1431.
- Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., ve Suman, R. (2021). Telemedicine for healthcare: Capabilities, features, barriers, and applications. *Sensors International*, 2, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100117>.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44(S2), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>.
- Hazrat, B., Yin, B., Kumar, A., Ali, M., Zhang, J., ve Yao, J. (2023). Jerk bounded trajectory planning for rotary flexible joint manipulator: *An experimental approach*. *Soft Computing*, 27(7), 4029–4039. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-07923-5>.
- Izzo, R., Giovannelli, M., ve Raiola, G. (2019). Training load in elite goalkeepers with K-Track for monitoring performance. *Journal of Physical Education & Sport*, 19, 1890–1896. <https://doi.org/10.7752/jpes.2019.s5280>.
- Jha, D., Rauniyar, A., Johansen, H. D., Johansen, D., Riegler, M. A., Halvorsen, P., ve Bagci, U. (2022). *Video analytics in elite soccer: A distributed computing perspective*. In 2022 IEEE 12th Sensor Array and Multichannel Signal Processing Workshop (SAM) (pp. 221–225). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SAM53842.2022.9827827>.
- Kalkhoven, J. T., Watsford, M. L., Coutts, A. J., Edwards, W. B., ve Impellizzeri, F. M. (2021). Training load and injury: Causal pathways and future directions. *Sports Medicine*, 51(6), 1137–1150. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01413-6>.
- Kinexon. (2025). Gain the extra edge through next level sports analytics. <https://kinexon-sports.com/>

- Liu, Y., Qi, C. Z., ve He, M. Y. (2021). Visual motion tracking training: The effect and mechanism of improving tennis players' perceptual anticipation ability. *China Sport Science and Technology*, 57(10), 31–37.
- Ma, G. S. (2018). Design and study of sports injury prediction model for young soccer players. *Chinese Journal of Health Education*, 37(7), 141–144.
- Maupin, D., Schram, B., Canetti, E.F., ve Orr, R.M. (2020). The Relationship Between Acute: Chronic Workload Ratios and Injury Risk in Sports: A Systematic Review. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 11, 51 - 75.
- Meriçelli, M., ve İncetaş, M. O. (2023). *Artificial intelligence and sports*. In I. Bayraktar (Ed.), *The use of developing technology in sports* (pp. 1–13). <https://10.58830/ozgur.pub315.c1477>.
- Newborn, M. (2012). *Kasparov versus Deep Blue: Computer chess comes of age*. Springer.
- Olmos, M., Capdevila, L., ve Caparrós, T. (2024). Heart rate variability in elite team sports: A systematic review. *Open Access Journal of Disease and Global Health*, 2(3), 1-12. <https://doi.org/10.33140/OAJDGH.02.03.01>
- Petway, A. J., Freitas, T. T., Calleja-González, J., Medina Leal, D., ve Alcaraz, P. E. (2020). Training load and match-play demands in basketball based on competition level: A systematic review. *PloS one*, 15(3), e0229212. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229212>
- Poole, D., Mackworth, A., ve Goebel, R. (1998). *Computational intelligence: A logical approach*. Oxford University Press.
- Rago, V., Rebelo, A., Krustup, P., ve Mohr, M. (2021). Contextual variables and training load throughout a competitive period in a top-level male soccer team. *Journal of strength and conditioning research*, 35(11), 3177–3183. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003258>
- Rahimian, P. and Toka, L. (2022). Optical tracking in team sports. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 18, 35-57. <https://doi.org/10.1515/jqas-2020-0088>.
- Ribeiro, A. S., Dos Santos, E. D., Nunes, J. P., ve Schoenfeld, B. J. (2019). Acute effects of different training loads on affective responses in resistance-trained men. *International journal of sports medicine*, 40(13), 850–855. <https://doi.org/10.1055/a-0997-6680>
- Scherer, M. U. (2015). Regulating artificial intelligence systems: Risks, challenges, competencies, and strategies. *Harv. JL & Tech.*, 29, 353.
- Schwellnus, M., Soligard, T., Alonso, J. M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., ... ve Engelsen, L. (2016). How much is too much? (Part 2). *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1043–1052. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096572>.

- Scott, T. J., Black, C. R., Quinn, J., ve Coutts, A. J. (2013). Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training in Australian football: A comparison of the CR10 and CR100 scales. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 270–276. <https://10.1519/JSC.0b013e3182541d2e>.
- SportVU. (2025). *Bağımsız olarak doğrulanmış optik izleme çözümü*. Erişim tarihi: 2 Ekim 2025, <https://www.statsperform.com/resource/sportvu-the-independently-validated-optical-tracking-solution/>
- SwimCloud. (2025). *Make an impact with video*. Erişim tarihi: 2 Ekim 2025, <https://www.swimcloud.com/>
- Şentürk, E., ve Özer, M. (2022). Sporda teknolojik gelişmeler. *Fenerbahçe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 49–63.
- Taylor, K., Chapman, D., Cronin, J., Newton, M. J., ve Gill, N. (2012). Fatigue monitoring in high performance sport: A survey of current trends. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 20(1), 12–23.
- Thambawita, V., Hicks, S. A., Borgli, H., Stensland, H. K., Jha, D., Svensen, M. K., ... ve Halvorsen, P. (2020). *PMDData: A sports logging dataset*. In *Proceedings of the 11th ACM Multimedia Systems Conference* (ss. 231–236). <https://doi.org/10.1145/3339825.3394933>.
- Torres, G., Maia, F., Nakamura, F. Y., Neiva, H. P., ve Sousa, A. (2025). Rating of perceived exertion in continuous sports: A scoping review with evidence gap map. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1553998. <https://doi:10.3389/fspor.2025.1553998>
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59(236), 433–460. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6710-5_3.
- Ullah, R., Dai, X., ve Sheng, A. (2020). Event-triggered scheme for fault detection and isolation of non-linear system with time-varying delay. *IET Control Theory & Applications*, 14(16), 2429–2438. <https://doi:10.1049/iet-cta.2018.5469>.
- Ustalar, A., Şentürk, A. & Eler, N. (2023). Spor Bilimlerinde Yapay Zekâ Kullanım Alanları. S. Akın & M.S. Erzeybek (Ed.), *Küreselleşen Dünyada Spor Bilimleri II* (s. 20-37). Duvar Kitabevi.
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., ve Drust, B. (2017). Training load monitoring in team sports: A novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports Medicine*, 47, 2135–2142. <https://10.1007/s40279-017-0714-2>.
- Vermeire, K. M., Caen, K., Bourgois, J. G., ve Boone, J. (2023). Training Load and Acute Performance Decrements Following Different Training

- Sessions. *International journal of sports physiology and performance*, 18(3), 284–292. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0157>
- Vurgun, N., Bilge, M., Eler, S., Eler, N., & Şentürk, A. (2023). Current developments in handball game analysis. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, 30.
- Wang, L., Zhai, Q., Yin, B., ve Bilal, H. (2019, July). Second-order convolutional network for crowd counting. In *Fourth International workshop on pattern recognition* (Vol. 11198, pp. 158-163). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2540362>.
- Wiig, H., Andersen, T., Luteberget, L., ve Spencer, M. (2020). Individual Response to External Training Load in Elite Football Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(5), 696–704. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0453>.
- Wiik, T., Johansen, H. D., Pettersen, S. A., Baptista, I., Kupka, T., Johansen, D., ... ve Halvorsen, P. (2019). *Predicting peak readiness-to-train of soccer players using long short-term memory recurrent neural networks*. In 2019 International Conference on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI) (pp. 1–6). IEEE.
- Yaşlı, B. Ç., Karayığit, R., Karabıyık, H., ve Koz, M. (2020). Antrenman yükü ölçüm yöntemleri: Bilimsel yaklaşım. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 12(3). <https://doi.org/10.5336/sportsci.2020-75415>.
- Yin, B., Aslam, M. S., Zhang, Y., Ali, I., ve Cao, Y. (2023). A practical study of active disturbance rejection control for rotary flexible joint robot manipulator. *Soft Computing*, 27, 4987–5001. <https://doi.org/10.1007/s00500-023-08026-x>.
- Yüksel, O., Şentürk, A. (2022). Mobil egzersiz uygulamaları. Ö. Özer & R. Soslu (Ed.), *INSAC Contemporary Trends in Sport Sciences* (s. 162-172). Duvar Kitabevi.
- Zhang, X., Huang, D., Li, H., Zhang, Y., Xia, Y., ve Liu, J. (2023). Self-training maximum classifier discrepancy for EEG emotion recognition. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*. <https://doi.org/10.1049/cit2.12174>.
- Zhou, H. K. (2017). Athlete's running strength training joint damage optimization prediction simulation. *Computer Simulation*, 34(11), 435–438.

Bölüm II

REKREASYON ALANLARINDA YAPAY ZEKA KULLANIMI

Yusuf ER¹
İREM Sultan KESKİN²

¹ Doç. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Rekreasyon Yönetimi Bölümü, Karaman, Türkiye, e-mail: eryusuf@kmu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6490-4880

² Doktora Öğrencisi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Rekreasyon Yönetimi Bölümü, Karaman, Türkiye, e-mail: iremsultankeskinn@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4660-0151

Giriş

Rekreasyon alanları kent parkları, kıyı şeritleri, tema parkları, doğa koruma alanları ve ziyaretçi merkezleri gibi çok aktörlü, değişken talebe sahip ve güvenlik-sürdürülebilirlik hassasiyeti yüksek kamusal mekânlar olduğundan, veri odaklı yönetim yaklaşımları için uygun bir uygulama bağlamı sunar (Fan vd., 2022). Turizm ve ağırlama literatüründe yapay zekâ temalı çalışmaların özellikle 2018 sonrası dönemde hızla artması, rekreasyon yönetimi gibi kesişim alanlarında da kavramsal ve yöntemsel birikimin büyüdüğünü göstermektedir (Knani vd., 2022). Ziyaretçi hizmetleri açısından bakıldığında, konuşma tabanlı arayüzlerin ve sohbetbotların yaygınlaşması, rekreasyon alanlarında bilgilendirme ve yönlendirme süreçlerini “sabit tabelalar” ve tek yönlü duyuruların ötesine taşıyan yeni bir etkileşim biçimi sunmaktadır (Prasanna vd., 2025). Bu dönüşüm, ziyaretçilerin karar verme sürecine anlık bilgi, kişiselleştirilmiş öneri ve çok dilli destek gibi işlevlerin eklenmesiyle, deneyim tasarımı daha dinamik ve veri temelli bir zemine çekmektedir. Bununla birlikte, turistlerin ve ziyaretçilerin yapay zekâ sistemlerini benimseme eğilimlerinin yalnızca algılanan faydaya değil, aynı zamanda mahremiyet, güvenlik ve veri yönetimi gibi risk algılarına da duyarlı olduğu gösterilmiştir (Sousa vd., 2024).

Üretken yapay zekâ (GenAI) sistemlerinin 2022 sonrası dönemdeki hızlı yükselişi, rekreasyon alanlarında “içerik üretimi” ve “danışman/rehber” işlevlerinin ölçeklenebilir hale gelmesini mümkün kılmıştır. Turizm yönetimi literatüründe GenAI odaklı çalışmaların, kullanıcı kabulü öncülleri, uygulama etkileri ve teknik boyutlar etrafında kümелendiğine işaret eden bütüncül değerlendirmeler, rekreasyon yönetimi için de benzer bir analiz çerçevesi önermektedir (Li vd., 2025). Bu bağlamda GenAI tabanlı bir bilgilendirme veya öneri sisteminin saha yönetimine katkısı, yalnızca yanıt hızı ile değil; doğruluk, güncellik yönetimi ve yanlış yönlendirme riskinin kontrolü gibi kalite ölçütleriyle birlikte ele alınması gerektiğini göstermektedir. Türkiye’de rekreasyon bağlamında ChatGPT’nin potansiyel kullanım alanlarını tartışan çalışmalar, kullanıcıların rekreasyon etkinlikleri, mekânları ve ekipmanları hakkında hızlı bilgiye erişim için bu tür sistemlere yöneldiğini vurgulayarak, GenAI’nin bilgilendirme işlevi üzerinden değer üretebildiğine işaret etmektedir (Genç, 2023).

Rekreasyon alanları aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik hedeflerinin somut biçimde izlendiği ve müdahale edildiği kent altyapılarıdır. Kentsel park ölçeğinde akıllı sulama ve kaynak yönetimi için geliştirilen modeller, sensör verisinin kalitesi, örnekleme stratejileri ve veri optimizasyonu kararlarının model başarımı üzerinde belirleyici olabildiğini göstermektedir (Ghadiri vd., 2024). Benzer şekilde, park ölçeğinde operasyonel makine öğrenmesi yaklaşımıyla

sulama yönetimini kent serinletme hedefleriyle ilişkilendiren çalışmalar, rekreasyon alanlarının iklim uyumu ve kentsel konfor politikalarıyla bütünleşik biçimde yönetilebileceğine işaret etmektedir (Koçyiğit vd., 2025). Kamusal alan niteliği güçlü olan rekreasyon mekânlarında, yapay zekâ uygulamalarının tasarımı ve işletimi, teknik performans kadar yönetim boyutunu da zorunlu kılar. NIST AI Risk Management Framework (AI RMF 1.0), yapay zekâ sistemlerinin yaşam döngüsü boyunca risklerin tanımlanması, ölçülmesi ve azaltılması için pratik bir yaklaşım sunarak, güvenilirlik ve sorumluluk hedeflerinin birlikte ele alınmasını önermektedir (Tabassi, 2023). Üretken modellere özgü yanlış bilgi üretimi, önyargı, telif ve güvenlik gibi risklerin sistematik biçimde değerlendirilmesi için geliştirilen GenAI profili, rekreasyon alanlarında GenAI tabanlı içerik ve danışman sistemleri planlanırken kullanılabilecek tamamlayıcı bir çerçeve niteliğindedir (Autio vd., 2024). Düzenleyici düzlemde ise Avrupa Birliği'nin Yapay Zekâ Tüzüğü (Regulation (EU) 2024/1689), risk-temelli yaklaşımıyla bazı uygulamaları yasaklamakta ve yüksek riskli sistemler için yükümlülükler tanımlayarak, kamusal mekânlarda kullanılan yapay zekâ çözümlerinin uyum gereksinimlerini somutlaştırmaktadır (European Parliament & Council of the European Union, 2024).

Bu çerçevede rekreasyon alanlarında yapay zekâ kullanımını değerlendirmek, yalnızca “hangi teknolojiler var?” sorusuna yanıt aramak değil; aynı zamanda bu teknolojilerin hangi kararları etkilediğini, hangi veriye dayandığını, kimin yararına kimin riskine çalıştığını ve hangi yönetim mekanizmalarıyla denetlendiğini açıklığa kavuşturmayı gerektirir.

2.Kavramsal Çerçeve

2.1. Rekreasyon:

Rekreasyon literatürde, bireylerin zorunlu yükümlülükler dışında kalan boş zamanlarında gönüllülük esasına dayalı olarak katıldıkları, dinlenme-eğlenme-yenilenme amaçlı etkinlikler bütünü olarak ele alınır. Türkçe rekreasyon yazınında rekreasyon ve boş zaman kavramlarının tanımlanması, türlerinin sınıflandırılması ve kavramsal sınırlarının tartışılması; özellikle dijitalleşmeyle birlikte “sanal/dijital rekreasyon” başlığı altında yeniden ele alınmaktadır (Güncan, 2021). Bu bölüm kapsamında rekreasyon alanı ise, söz konusu etkinliklerin gerçekleştiği fiziksel veya kentsel parklar, yürüyüş rotaları, spor tesisleri, etkinlik/çekicilik alanları; ayrıca sanal rekreasyon ortamları gibi dijital mekânları kapsayan üst kavram olarak kullanılmaktadır. Doğa temelli bağlamda açık alan rekreasyonu, doğal çevrede gerçekleşen ve doğal çevreye bağımlı bir rekreasyon türü olarak tanımlanır (Morse vd., 2022).

2.2. Yapay Zeka:

“Yapay zekâ” kavramı ilk kez 1955 yılında, John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester ve Claude Shannon tarafından yürütülen The Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence başlıklı çalışma çerçevesinde literatüre kazandırılmıştır (Moor, 2006). Bu çalışmada, öğrenme ve zekâyâ ilişkin bazı özelliklerin makineler tarafından modellenebileceği ve taklit edilebileceği öne sürülmüştür (McCarthy vd., 2006). Daha güncel bir tanıma göre ise Russell ve Norvig, yapay zekâyı çevresinden veri ve komut alan, bu girdileri işleyerek belirli eylemler üreten sistemlerin incelenmesi olarak açıklamaktadır (Bozkurt, 2023). Genel bir ifadeyle belirli hedefler doğrultusunda; tahmin, öneri, sınıflandırma, içerik üretimi veya karar desteği gibi çıktılar üreten algoritma ve sistemleri kapsayan bir şemsiye kavramdır. NIST’in AI RMF 1.0 raporu, Yapay zeka sistemlerini risk ve güvenilirlik perspektifinden ele alarak, yapay zeka’nın güvenilir/responsible kullanımına ilişkin çerçeve ve ortak bir terminoloji sunar (National Institute of Standards and Technology, 2023). Turizm ve rekreasyon yazınındaki derleme çalışmalar ise yapay zeka’yı çoğunlukla makine öğrenmesi, derin öğrenme, doğal dil işleme ve bilgisayarlı görü gibi yöntem sınıfları üzerinden tartışır (Knani vd., 2022).

2.2.1. Yapay Zeka ve Ziyaretçi Hizmetleri

Konuşma tabanlı sohbetbotlar ve sesli asistanlar gibi yapay zekâ sistemleri, ziyaretçilerin bilgiye erişimini hızlandırması ve hizmet etkileşimlerini yeniden yapılandırması nedeniyle turizm alanında önemli bir uygulama sınıfı olarak ele alınmaktadır (Prasanna vd., 2025).

Turist perspektifini merkez alan bulgular, farklı yapay zekâ uygulamalarının algılanan fayda ürettiğini; bununla birlikte mahremiyet ve veri yönetimi kaygılarının kabul/benimseme üzerinde belirleyici olabildiğini raporlamaktadır (Sousa vd., 2024). Turizmde yapay zekâ ve chatbotlara ilişkin sistematik tarama bulguları, chatbotların otelcilik, seyahat planlama ve turist danışma hizmetlerinde yoğunlaştığını ve 7/24 hizmet, hız ve kişiselleştirme gibi çıktılarla ilişkilendirildiğini göstermektedir (Çimenyer, 2025). Açık alan rekreasyonu odağında sohbet robotlarıyla seyahat rotası üretimini inceleyen uygulamalı bir çalışma, sohbet botlarının kavramı her zaman doğru anlamadığını ve güncel fiyat bilgisi gibi zaman-duyarlı ayrıntılarda hataya açık olduğunu göstermiştir (Özyıldırım ve Bolat, 2025).

Türkiye örneğinde sohbet robotlarıyla tatil rotası belirlemeyi karşılaştırmalı analiz eden çalışmada, farklı botların öneri çeşitliliği ve bağlam tutarlılığı bakımından ayrışabildiğini ve “kısıtlar altında planlama” becerisinin kritik olduğunu ortaya koymaktadır (Çiçekdağı, 2024). ChatGPT’nin turizm

işletme alanlarındaki önemini tartışan bir çalışma, dil modeli tabanlı sistemlerin özellikle bilgi hizmetlerinde ve içerik üretiminde potansiyel etkisine dikkat çekmektedir (Erul ve Işın, 2023). Akıllı turizmin ChatGPT tarafından değerlendirilmesine odaklanan bir çalışma, GenAI'nin akıllı turizm kavramlarını yeniden çerçeveleyebileceğini ve deneyim/pazarlama iletişimde yeni anlatı biçimleri üretebileceğini vurgulamaktadır (Erdem, 2024). Konaklama bağlamında GPT-4 türü sistemlerin olası etkilerini tartışan bir makale, özellikle hizmet süreçlerinde yanlış bilgi, güvenlik, etik gibi verimlilik ve risk dengesinin birlikte ele alınması gerektiğini belirtmektedir (Ülkü, 2023).

2.2.2. Ziyaretçi Akışı, Yoğunluk ve Güvenlik Yönetimi

Kalabalık sayımı ve yoğunluk kestirimi, kamusal alanlarda durum farkındalığı üretmek ve kapasite yönetimini desteklemek için bilgisayarlı görü literatüründe olgunlaşan bir problem alanıdır (Khan vd., 2022). Evrişimli sinir ağları (CNN) tabanlı kalabalık yoğunluğu tahmini derlemeleri, model mimarilerinin çeşitlendiğini ve farklı sahne koşullarında genellenebilirlik sorunlarının sürdüğünü göstermektedir (Fan vd., 2022). Cihazsız kablosuz algılama gibi alternatif yöntemlerin kalabalık büyüklüğü kestirimi için kullanılabildiğini gösteren çalışmalar, kamera dışı veri kaynaklarının (Wi-Fi/çeşitli sinyal izleri) ölçüm altyapısında seçenek oluşturduğunu göstermektedir (Janssens vd., 2024). Pandemi döneminde geliştirilen sosyal mesafe uyum izleme yaklaşımları, görüntü tabanlı risk göstergelerinin operasyonel kararlara girdi üretebileceğini göstermiştir (Dai vd., 2021).

2.2.3. Çevresel Sürdürülebilirlik, Bakım ve Kaynak yönetimi

Kentsel parklarda akıllı sulama ve kaynak yönetimi için makine öğrenmesi tabanlı modellerin veri optimizasyonuna odaklanan çalışmalar, sensör verisi kalitesi ve örneklem stratejisinin model başarımını doğrudan etkilediğini göstermektedir (Ghadiri vd., 2024).

Park ölçeğinde operasyonel makine öğrenmesi yaklaşımları, sulama yönetimini kent serinletme hedefleriyle ilişkilendirerek çevresel fayda ile işletme hedeflerini birlikte ele almayı önermektedir (Koçyiğit vd., 2025). Doğa koruma alanlarında kamera tuzak görüntülerinden otomatik tür tanıma çalışmaları, izleme iş akışlarını hızlandırarak koruma kararlarında veri temelli kapasite artışı sağlayabileceğini göstermektedir (Choinski vd., 2021).

2.2.4. Kamusal Alanlarda Sorumlu Yapay Zekâ

Kamusal alanlarda yapay zekâ uygulamaları için risk yönetimi, teknik doğruluk kadar şeffaflık, hesap verebilirlik ve etki değerlendirmesi gibi yönetim

bileşenlerini de içermelidir (Tabassi, 2023). NIST AI Risk Management Framework (AI RMF 1.0), kuruluşların yapay zekâ yaşam döngüsü boyunca riskleri tanımlaması, ölçmesi ve azaltması için pratik bir çerçeve sunmaktadır (Tabassi, 2023). NIST'in GenAI profili, üretken modellerde yanlış bilgi üretimi, önyargı, telif ve güvenlik gibi özgün riskleri sistematik olarak ele almayı öneren tamamlayıcı bir rehberdir (Autio vd., 2024). Avrupa Birliği'nin Yapay Zekâ Tüzüğü, risk temelli bir düzenleme yaklaşımıyla bazı uygulamaları yasaklamakta ve yüksek riskli sistemler için yükümlülükler tanımlamaktadır (European Parliament & Council of the European Union, 2024).

2.2.5. Tasarım İlkeleri ve Uygulama Önerileri

Rekreasyon alanlarında yapay zekâ projelerinin başarısı, problemi doğru tanımlama, ölçülebilir hedef belirleme ve insan gözetimini tasarıma gömmeye gibi erken aşama kararlarla yakından ilişkilidir (Tabassi, 2023). Sohbetbot/GenAI tabanlı ziyaretçi hizmetlerinde, güncellik yönetimi ve kaynak gösterme gibi kontrollerin süreçlere entegre edilmesi, yanlış veya yanıltıcı çıktılara karşı dayanıklılığı artırmak için kritik görülmektedir (Li vd., 2025). Sistematik tarama temelli bulgular, chatbotların kurumlara maliyet azaltma, yanıt süresini kısaltma ve kişiselleştirilmiş pazarlama/veri temelli hizmet geliştirme gibi somut faydalar sunabileceğini belirtmektedir (Çimenyer, 2025). Turizmde ChatGPT örnekli yapay zekâ araçlarının olası sorunlarını da ele alan bir çalışma, hatalı çıktı riski ve etik sorumlulukların işletme süreçlerinde görünür kılınması gerektiğine dikkat çekmektedir (İbiş, 2025).

3.Rekreasyon ve Yapay Zeka Uygulamaları

3.1 Açık Alan Rekreasyonu ve Park/Rota Yönetimi

Açık alan rekreasyonu bağlamında yönetsel amaç; ziyaretçi deneyimini iyileştirirken aynı zamanda ekolojik taşıma kapasitesini ve güvenliğini korumaktır. Bu nedenle yapay zeka uygulamaları çoğunlukla ziyaretçi sayısı/yoğunluk tahmini, kalabalık ve akış izleme, rota/alan öneri ve yönlendirme, etki izleme etrafında toplanır. Açık alan rekreasyonunun ekosistem hizmetleri ve deneyim boyutunu birlikte ele alan sistem yaklaşımı, yapay zeka tabanlı karar desteğinin hangi çıktılara bağlanabileceğine ilişkin kavramsal bir zemin sunar (Morse vd., 2022).

ChatGPT kullanıcılarının rekreasyon alanındaki eğilimleri incelendiğinde; glamping, çevreye duyarlı seyahat anlayışı, yürüyüş ve bisiklet turları, su sporları, yoga ve meditasyon odaklı tatiller ile beslenme, detoks ve genel sağlıklı yaşam temelli tatillerin öne çıktığı görülmektedir. Özellikle açık hava etkinlikleri ve doğa temelli turizm faaliyetleri son yıllarda artan bir ilgiyle karşılaşmaktadır.

Doğa temelli turizmin yaygın örneklerinden biri olan kampçılık, bireylerin doğal çevreyle etkileşim kurmasına imkân tanıyan popüler bir rekreasyon biçimi olarak değerlendirilmektedir (Genç, 2023). Bununla birlikte, yüksek maliyetli karavan yatırımları yerine, konforlu ve hazır bir deneyim sunan alternatiflere yönelim dikkat çekmektedir. Katılımcıların hem doğada bulunma arzusunu hem de konfor beklentisini karşılayan yeni turizm ürünleri ön plana çıkmaktadır. Bu çerçevede kamp deneyimini lüks unsurlarla bütünleştiren hibrit bir turizm türü olan “glamping”, 2020’li yıllarda öne çıkan önemli turizm eğilimlerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Ergüven vd., 2015). Bunun yanı sıra ChatGPT, rekreasyon alanına ilişkin uygulamaya dönük öneriler de sunabilmektedir. Seyahat planlaması, valiz hazırlama önerileri, güvenlik tedbirleri ve seyahat sigortası gibi konularda bilgilendirme yaparak kullanıcılara rehberlik edebilir. Ayrıca rota planlamasında mevsimsel koşullar, hava durumu, etkinlik takvimi ve destinasyona özgü özellikler gibi unsurların dikkate alınması konusunda yönlendirici bilgiler sağlayabilir (Dwivedi vd., 2023).

ChatGPT, kullanıcıların rekreasyon amaçları ve kişisel tercihlerine göre özelleştirilmiş etkinlik önerileri geliştirebilir. Örneğin doğa odaklı deneyimleri tercih eden bir kullanıcı için yürüyüş parkurları, kamp alanları ya da milli park alternatifleri sunabilirken; deniz ve su temelli aktivitelerle ilgilenenlere su sporları, plaj destinasyonları veya dalış noktaları hakkında bilgi verebilir. Ancak sistemin etkin biçimde benimsenebilmesi için sürekli bakım ve geliştirme süreçlerinin yürütülmesi gerekmektedir (Javaid vd., 2023). Rekreasyon alanındaki güncel eğilimlere uyum sağlayabilmesi adına altyapının düzenli olarak güncellenmesi önem taşımaktadır. Sistem performansının kabul edilebilir düzeyde tutulması ve kullanıcıların seyahat süreçlerine ilişkin soru ve taleplerine uygun, tutarlı yanıtlar verilebilmesi için bu teknik iyileştirmelerin gerekli olduğu ifade edilmektedir (Harahap vd., 2023). Ayrıca doğa ve park alanlarının dijital ortamda sanal egzersiz performans uygulamalarının motivasyonel ve psikolojik olarak bireylerde pozitif yönde katkı sağlamaktadır (Gumusgul vd., 2025).

3.1.1 Veri Kaynakları:

Sensör, mobilite ve kullanıcı üretimli içerik 2020 sonrası literatürde açık alan rekreasyonu için yapay zeka modellerinin en kritik girdisi, ziyaretçi davranışını temsil eden çok kaynaklı (multi-source) verilerdir. Bunlar arasında turnike, kızılotesi sayaç gibi otomatik sayaçlar/sensörler, hava durumu ve takvim değişkenleri, ulaşılabilirlik/ulaşım göstergeleri, mobil cihaz konum verileri ve kuş gözlemi platformları gibi sosyal medya/“community science” dijital izler öne çıkmaktadır (Melstrom ve Reeling, 2026).

3.1.2 Başlıca Yapay Zeka Yöntemleri

Açık alan rekreasyonunda kullanılan yöntemler genel olarak üç kümede özetlenebilir:

- Tahminleyici modeller (Random Forest, Gradient Boosting, LightGBM, zaman serisi modelleri) (Ke vd., 2017),
- Derin öğrenme/bilgisayarlı görü (kalabalık sayma, nesne tespiti, yoğunluk haritaları) (Goodfellow vd., 2016),
- Açıklanabilir yapay zeka (XAI) ile model çıktılarının yorumlanması (Lundberg ve Lee, 2017).

Örneğin Madden vd (2023). rekreasyonel yürüyüş rotalarında günlük ayak trafiğini tahmin etmek için Random Forest yaklaşımını Meta/Facebook Prophet ile karşılaştırmalı biçimde ele alırken; Ryu vd (2025). orman yolu ziyaretçi sayısı tahmininde Random Forest/GBM/LightGBM gibi modelleri Bayeşçi hiperparametre optimizasyonu ile iyileştirip SHAP ile yorumlanabilirlik sağlamıştır.

3.1.3 Uygulama Alanları

1. Ziyaretçi sayısı ve yoğunluk tahmini: Ziyaretçi tahmini, personel planlama, bakım-onarım zamanlaması, yönlendirme ve kalabalık azaltma gibi operasyonel kararları destekler. Ulusal ölçekte açık alan ziyaretçiliğinin tahmini için, çeşitli dijital mobilite verilerini birleştiren modellerin tek bir veri kaynağına dayalı modellere kıyasla daha iyi performans gösterebildiği rapor edilmiştir (Ryu vd., 2025).

2. Talep modelleme ve maliyet/erişilebilirlik analizi: Kalabalık yönetimi yalnızca sayım değil, nereden- nereye (origin–destination) ve maliyet bileşenlerinin de modellenmesini gerektirir. Kuş gözlemi (birding) gibi özel ilgi rekreasyonlarında crowdsourced verilerle (eBird) talep modelleme yaklaşımı önerilmiştir (Melstrom ve Reeling, 2026).

3. Kalabalık izleme ve güvenlik: Park girişleri/seyir noktaları gibi dar boğazlarda, kamera verisi üzerinden kalabalık sayımı ve yoğunluk haritalama, çözümlmeleri öne çıkmaktadır. Derin öğrenme tabanlı kalabalık sayımına ilişkin güncel derlemeler, mimari eğilimler ve değerlendirme ölçütlerini sistematik biçimde özetlemekte; bu yaklaşımların kalabalık yönetimi ve durumsal farkındalık için temel bir bileşen olduğunu göstermektedir (Khan vd, 2023). Gerçek zamanlı/kenar-bilişim (edge) senaryolarında kalabalık sayımı için IoT odaklı derin ağ tasarımları da önerilmektedir (Chavan vd., 2023).

3.1.4 Avantajlar, Sınırlılıklar ve Etik boyut

Açık alan rekreasyonunda yapay zeka'nın en belirgin avantajı; çoklu veri kaynaklarından gelen sinyalleri birleştirerek öngörülebilirlik ve proaktif yönetim sağlamasıdır. Buna karşın veri temsiliyeti (dijital izlerin belirli grupları daha fazla temsil etmesi), mahremiyet (konum verileri), model genellenebilirliği (farklı park/rota tiplerine aktarım) ve “kara kutu” modellerin karar süreçlerini bulanıklaştırması gibi riskler bulunmaktadır (Merrill vd., 2025). Bu nedenle, açık alan rekreasyonunda yapay zeka uygulamalarında;

- Veri minimizasyonu ve anonimizasyon,
- Model performansının farklı ziyaretçi grupları ve sezonlar için raporlanması,
- Yönetim kararlarıyla ilişkilendirilen eşiklerin (taşıma kapasitesi, güvenlik yoğunluğu vb.) şeffaf biçimde tanımlanması önerilmektedir (Tabassi, 2023).

2.3. Glamping (lüks kamp) ve Kamp Alanları

Glamping tesislerinde yapay zekâ uygulamaları yoğunlukla talep tahmini, dinamik fiyatlandırma, kişiselleştirilmiş paket/aktivite önerileri ve müşteri ile- tişimi otomasyonu etrafında kümelenmektedir. Glamping deneyimini bir “doğa temelli konaklama ürünü” olarak ele alan güncel çalışmalar, çevrimiçi yorumlardan türetilen metin madenciliği bulgularıyla, memnuniyetin belirleyicileri arasında konfor-doğallık dengesi, sürdürülebilirlik algısı ve hizmet kalitesi gibi boyutların öne çıktığını göstermektedir (Liang vd., 2025). Bu tür çıktılar, glamping işletmelerinde duygu analizi/sınıflandırma modelleriyle “şikâyet erken uyarı” ve “hizmet iyileştirme” panolarının kurulmasına metodolojik bir zemin sağlayabilir. Kriz dönemleri bağlamında glamping turizmini değerlendiren çalışmalar, yerli turizmi canlandırma ve sosyal mesafe beklentileriyle uyum gibi gerekçelerle glamping talebinin artabildiğini; bu durumun kapasite ve kaynak yönetimini daha kritik hale getirdiğini tartışmaktadır (Băltescu vd., 2024). Bu bağlamda, tesis düzeyinde doluluk/rezervasyon serisi tahmini ve optimizasyon gibi yöntemler, rekreasyonun bu alt türünde operasyonel karar destek için doğrudan kullanılabilir.

3.3. Doğa Yürüyüşü, Trekking ve Rekreasyonel Patikalar

Doğa yürüyüşü ve patika rekreasyonunda yapay zekâ, iki ana hatta ilerlemektedir: ziyaretçi akışı/ayak izi tahmini ile koruma- kullanım dengesinin yönetimi; navigasyon, güvenlik ve risk iletişimi için bilgi hizmetleri. Rekreasyonel yürüyüş patikalarında günlük ziyaretçi (foot traffic) tahmini üzerine makine öğrenmesi uygulayan çalışmalar, sensör tabanlı sayım verisi ve

meteorolojik değişkenleri birlikte kullanarak yönetim kararlarına girdi üretebilecek öngörü modelleri geliştirmiştir (Trotter vd., 2023). Ulusal park ve benzeri korunan alanlarda sosyal medya/büyük veri temelli çalışmalar ise ziyaretçi örüntülerinin mekânsal ve zamansal değişimini izlemek için veri madenciliği yaklaşımlarının kullanılabileceğini göstermektedir (Geng vd., 2024). Yönetim pratikleri açısından, park geneline yayılmış patikalarda ziyaretçi kullanımını modellemek için rastgele orman (random forest) gibi yöntemlerin kullanıldığı uygulama notları, az ölçümlü alanlarda “kullanım düzeyi sınıflaması” üretme yaklaşımının uygulanabilirliğine işaret etmektedir (National Park Service, 2022). Bu hattın ziyaretçi deneyimi tarafında ise, konuşma tabanlı yapay zekâ sistemleri, patika seçimi, rota güvenliği, ekipman önerisi ve anlık bilgilendirme gibi konularda “dijital rehber” rolü üstlenebilecek bir arayüz sınıfı olarak görölmektedir (Prasanna vd., 2025).

3.4. Milli Parklar ve Doğa Koruma Alanları

Korunan alanlarda yapay zeka’nın ayırt edici yönü, ziyaretçi yönetimi ile ekolojik aynı operasyonel tablo içinde ele alınması gereğidir. Örneğin, milli parklarda insan–yaban hayatı etkileşimlerini kalabalık kaynaklı görsel veriler ve derin öğrenme ile izlemeyi hedefleyen çalışmalar, nesne tespiti/görüntü altyazılama gibi bileşenlerin yönetim analitiğine dönüştürülebileceğini göstermektedir (Pan vd., 2022). Benzer şekilde, kalabalık yönetimi literatüründeki derlemeler, görüntü tabanlı anormallik tespiti ve yoğunluk kestirimi gibi yaklaşımların kamusal alan güvenliğiyle ilişkisini tartışmaktadır (Alasmari vd., 2024). Bu tür sistemler rekreasyon bağlamına aktarılırken, mahremiyet ve gözetim riskleri nedeniyle veri minimizasyonu, açıklanabilirlik ve insan gözetimi gibi yönetim ilkeleri özellikle kritik hale gelmektedir (Tabassi, 2023; European Parliament & Council of the European Union, 2024).

3.5. Tema Parkları, Etkinlikler ve Yoğun Ziyaretçi Çeken Çekim Merkezleri

Tema parkı/etkinlik ortamları, yüksek yoğunluk ve kuyruk dinamikleri nedeniyle, yapay zekanın kalabalık akışı, kuyruk tahmini, olay erken uyarısı ve operasyon planlama gibi alanlarda kullanılmasına elverişlidir. Kalabalık girişlerinde itişme gibi riskli davranışların erken tespiti için derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar öneren çalışmalar, gerçek zamanlı video analitiğinin güvenlik operasyonlarına entegre edilebileceğini göstermiştir (Alia vd., 2023). Bu tür ortamlarda ayrıca sohbetbotlar/GenAI tabanlı bilgilendirme, harita/rota yönlendirme ve kişiselleştirilmiş öneriler (yeme-içme, gösteri, dinlenme alanı) ziyaretçi deneyimini iyileştirmek için tercih edilebilir; ancak bu sistemlerin

güvenilirliği, güncellik yönetimi ve yanlış yönlendirme riskinin kontrolü ile birlikte tasarlanmalıdır (Li vd., 2025; Prasanna vd., 2025).

3.6. Kültürel Rekreasyon

Müze ve ziyaretçi merkezlerinde yapay zeka, fiziksel alanda dijital rehberlik ve çok dilli destek sağlarken; sanal turlarda etkileşimli anlatı, kişiselleştirme ve erişilebilirlik desteği üretebilir. Sanal müze rehberliğinde büyük dil modelleriyle çok-modlu etkileşimi artırmayı hedefleyen çalışmalar, kişiselleştirilmiş iletişimin ve bağlam farkındalığının ziyaretçi deneyimine katkı sağlayabileceğini göstermektedir (Wang vd., 2024). Bu tür uygulamalar rekreasyon alanlarında “ziyaret öncesi–ziyaret sırası–ziyaret sonrası” temas nok- talarını birleştiren bütüncül bir hizmet tasarımı yaklaşımıyla ele alındığında, kullanıcı memnuniyeti ve öğrenme/katılım gibi çıktılar üzerinde daha etkili olabilir.

Sonuç

Bu çalışma, rekreasyon alanlarında yapay zekâ ve özellikle üretken yapay zekâ (GenAI) uygulamalarını; ziyaretçi hizmetleri, yoğunluk ve güvenlik yönetimi, çevresel sürdürülebilirlik ile yönetim boyutları üzerinden bütüncül bir çerçevede değerlendirmiştir. Rekreasyon alanlarının çok aktörlü, dinamik talep yapısına sahip ve kamusal sorumluluk düzeyi yüksek mekânlar olması nedeniyle veri odaklı karar destek sistemleri için elverişli bir uygulama bağlamı sunduğunu göstermektedir. Turizm ve ağırlama literatüründe 2018 sonrası hız kazanan yapay zeka çalışmaları rekreasyon yönetiminde de kavramsal ve yöntemsel bir birikimin oluştuğuna işaret etmektedir.

Ziyaretçi hizmetleri bağlamında konuşma tabanlı sistemler ve büyük dil modelleri, bilgilendirme ve yönlendirme süreçlerini statik içeriklerden etkileşimli, kişiselleştirilmiş ve çok dilli hizmet tasarımına taşımaktadır. Ancak literatür, kullanıcı kabulünün yalnızca algılanan faydaya değil; mahremiyet, veri güvenliği ve risk algısına da bağlı olduğunu vurgulamaktadır. Özellikle GenAI tabanlı sistemlerin içerik üretimi ve “dijital rehberlik” işlevi, hız ve ölçeklenebilirlik avantajı sağlamakla birlikte; güncellik yönetimi, doğruluk denetimi ve yanlış yönlendirme risklerinin sistematik biçimde ele alınmasını gerektirmektedir. Türkiye bağlamında yapılan çalışmalar da ChatGPT gibi sistemlerin bilgilendirme ve öneri üretiminde değer yaratabildiğini; ancak hatalı çıktı ve bağlam tutarlılığı sorunlarının göz ardı edilmemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ziyaretçi akışı ve yoğunluk yönetimi alanında makine öğrenmesi ve derin öğrenme yaklaşımları; kalabalık sayımı, yoğunluk haritalama ve talep tahmini gibi operasyonel kararları destekleyen önemli araçlar sunmaktadır. Sensör verisi, mobilite göstergeleri ve kullanıcı üretilen içeriklerin birlikte

kullanıldığı çok kaynaklı modellerin, tekil veri setlerine dayalı modellere kıyasla daha güçlü öngörü sağladığı görülmektedir. Bununla birlikte, model genellenebilirliği, veri temsiliyeti ve açıklanabilirlik gibi sınırlılıklar, özellikle kamusal alan bağlamında dikkatle yönetilmelidir.

Çevresel sürdürülebilirlik ve kaynak yönetimi boyutunda yapay zeka, akıllı sulama, kent serinletme ve bakım planlaması gibi alanlarda hem çevresel hem de işletmesel fayda üretme potansiyeline sahiptir. Doğa koruma alanlarında tür tanıma ve izleme sistemleri ise veri temelli koruma kapasitesini artırmaktadır. Bu uygulamalar, rekreasyon alanlarının yalnızca sosyal değil, aynı zamanda ekolojik altyapı olarak da ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Ancak kamusal alan niteliği güçlü olan rekreasyon mekânlarında yapay zeka uygulamalarının başarısı, teknik performans kadar yönetim çerçevesine de bağlıdır. National Institute of Standards and Technology tarafından yayımlanan AI Risk Management Framework (AI RMF 1.0), yaşam döngüsü boyunca risklerin tanımlanması ve azaltılması için pratik bir yaklaşım sunarken; European Union'un Yapay Zekâ Tüzüğü (Regulation (EU) 2024/1689) risk temelli düzenleme anlayışıyla kamusal alanlarda kullanılan sistemler için uyum gerekliliklerini somutlaştırmaktadır. Bu çerçevede veri minimizasyonu, anonimizasyon, insan gözetimi, açıklanabilirlik ve etki değerlendirmesi gibi ilkelerin tasarımın erken aşamalarında olması kritik önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, rekreasyon alanlarında yapay zekâ kullanımı yalnızca teknolojik bir yenilik meselesi değil; karar alma süreçlerinin, kamu yararının ve çevresel sürdürülebilirliğin yeniden yapılandırılması anlamına gelmektedir. Gelecek araştırmaların; farklı rekreasyon türlerinde model performansının karşılaştırmalı analizi, kullanıcı kabulü ve etik algı boyutlarının ölçümü ile GenAI sistemlerinin saha uygulamalarındaki uzun dönemli etkilerinin değerlendirilmesine odaklanması önerilmektedir. Böylelikle rekreasyon yönetiminde yapay zekâ, hız ve verimlilik sağlayan bir araç olmanın ötesine geçerek, sorumlu, şeffaf ve kapsayıcı bir kamu hizmeti altyapısının parçası haline gelebilecektir.

Kaynakça

- Alia, A., Maree, M., Chraibi, M., Toma, A., ve Seyfried, A. (2023). A cloud-based deep learning framework for early detection of pushing at crowded event entrances. *IEEE access*, 11, 45936-45949.
- Autio, C., Schwartz, R., Dunietz, J., Jain, S., Stanley, M., Tabassi, E., Hall, P., ve Roberts, K. (2024). *Artificial Intelligence Risk Management Framework: Generative Artificial Intelligence Profile* (NIST AI 600-1). National Institute of Standards and Technology
- Baldıran, Ş., ve Eryılmaz, B. (2025). Yapay zeka araçlarının seyahat planlamada Kullanımı: Karşılaştırmalı bir analiz. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 71, 377-395. <https://doi.org/10.30794/pausbed.1631905>
- Băltescu, C. A., ve Boşcor, D. (2024). Glamping tourism as a resilient alternative in times of crisis. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov, Series VII: Social Sciences and Law*, 17(66), 1-14.
- Bozkurt, A. (2023). ChatGPT, Üretken yapay zekâ ve algoritmik paradigma değişikliği. *Alanyazın*, 4(1), 63-72.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45 (1), 5–32. doi:10.1023/A:1010933404324
- Chavan, R., Rani, G., Thakkar, P., ve Dhaka, V. S. (2023). CrowdDCNN: Deep convolution neural network for real-time crowd counting on IoT edge. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 126, 107089.
- Choinski, M., Rogowski, M., Tynecki, P., Kuijper, D. P. J., Churski, M., ve Bubnicki, J. W. (2021). *A first step towards automated species recognition from camera trap images of mammals using AI in a European temperate forest*. arXiv:2103.11052.
- Çiçekdağı, M. (2024). Yapay zekâ destekli sohbet robotları ile tatil rotası belirleme: Karşılaştırmalı bir analiz. *Çatalhöyük Uluslararası Turizm ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12, 1–15.
- Çimenyer, A. B. (2025). Turizmde yapay zekâ ve chatbotlar. *Gündem Turizm*, 1 (1), 1–24.
- Dai, Z., Jiang, Y., Li, Y., Liu, B., Chan, A. B., ve Vasconcelos, N. (2021). *BEV-Net: Assessing social distancing compliance by joint people localization and geometric reasoning*. ar- Xiv:2110.04931.
- Dwivedi, Y. K., Kshetri, N., Hughes, L., Slade, E. L., Jeyaraj, A., Kar, A. K., . . . Wright, R. (2023). So what if ChatGPT wrote it? Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 71, 102642.

<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642>

- Erdem, A. (2024). Akıllı turizmin ChatGPT tarafından değerlendirilmesi (Evaluation of smart tourism by ChatGPT). *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 11 (4), 3298–3313.
- Ergüven, M. H., Yılmaz, A., ve Kutlu, D. (2015). Hybrid tourism within the context of touristic product diversification: glamping. *Journal of Academic Social Science Studies*, 41, 255-265.
- Erul, E., ve Işın, A. I. (2023). ChatGPT ile sohbetler: Turizmde ChatGPT'nin önemi (Chats with ChatGPT: Importance of ChatGPT in tourism). *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 11 (1), 780–793.
- European Parliament & Council of the European Union. (2024). *Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*. Official Journal of the European Union.
- Fan, Z., Zhang, H., Zhang, Z., Lu, G., Zhang, Y., ve Wang, Y. (2022). A survey of crowd counting and density estimation based on convolutional neural network. *Neurocomputing*, 472, 224–251.
- Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*, 29 (5), 1189–1232. doi:10.1214/aos/1013203451
- Genç, N. (2023). Rekreasyon tutkunları için ChatGPT: Gelecekte ne bekleniyor? *Sportive*, 6 (2), 67–83.
- Geng, L., Zhang, J., ve Wang, Y. (2024). Spatiotemporal patterns of national park visitation from social media and big data analytics: A systematic review. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 45, 100739
- Ghadiri, N., Javadi, B., Obst, O., ve Pfautsch, S. (2024). *Data optimisation of machine learning models for smart irrigation in urban parks*. arXiv:2410.02335.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., ve Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.
- Gumusgul, O., Acet, M., Senturk, A., Akin, S., Isik, U., & Gumusgul, C. (2025). The effect of exercise in virtual environment on psychological well-being and motivation for recreation participation. *Current Psychology*, 44(3), 1587-1597.
- Günçan, Ö. (2021). Sanal rekreasyon kavramının özellik ve temel unsurlarını belirlemeye yönelik bir çalışma. *Tourism and Recreation*, 3(1), 66-76. <https://izlik.org/JA58XU97FP>
- Harahap, M. A. K., Ausat, A. M. A., Rachman, A., Riady, Y., ve Azzaakiyyah, H. K. (2023). Overview of ChatGPT technology and its potential in improving tourism information services. *Jurnal Minfo Polgan*, 12(2), 424-

431. <https://doi.org/10.33395/jmp.v12i2.12416>

- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and practice* (3rd ed.). OTexts.
- İbiş, S. (2025). Yapay zekâ teknolojilerinin gastronomi turizminde kullanımı: ChatGPT örneği. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 9 (1), 109–131.
- Janssens, R., Mannens, E., Berkvens, R., ve Denis, S. (2024). Device-free crowd size estimation using wireless sensing on subway platforms. *Applied Sciences*, 14 (20), 9386.
- Javaid, M., Haleem, A., ve Singh, R. P. (2023). ChatGPT for healthcare services: An emerging stage for an innovative perspective. *BenchCouncil Transactions on Benchmarks, Standards and Evaluations*, 3(1), 100105. <https://doi.org/10.1016/j.tbench.2023.100105>
- Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., ... ve Liu, T. Y. (2017). Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in neural information processing systems*, 30.
- Khan, M. A., Menouar, H., ve Hamila, R. (2022). *Revisiting crowd counting: State-of-the-art, trends, and future perspectives*. arXiv:2209.07271.
- Khan, M. A., Menouar, H., ve Hamila, R. (2023). Revisiting crowd counting: State-of-the-art, trends, and future perspectives. *Image and Vision Computing*, 129, 104597.
- Knani, M., Echchakoui, S., ve Ladhari, R. (2022). Artificial intelligence in tourism and hospitality: Bibliometric analysis and research agenda. *International Journal of Hospitality Management*, 107, 103317.
- Knani, M., Echchakoui, S., ve Ladhari, R. (2022). Artificial intelligence in tourism and hospitality: Bibliometric analysis and research agenda. *International Journal of Hospitality Management*, 107, 103317.
- Koçyiğit, M., Javadi, B., Thomson, R., Pfautsch, S., ve Obst, O. (2025). *Operational machine learning for park-scale irrigation to support urban cooling*. arXiv:2508.11700.
- Li, H., Xi, J., Hsu, C. H. C., Yu, B. X. B., ve Zheng, X. (Kevin). (2025). Generative artificial intelligence in tourism management: An integrative review and roadmap for future research. *Tourism Management*, 110, 105179.
- Li, H., Xi, J., Hsu, C. H., Yu, B. X., ve Zheng, X. K. (2025). Generative artificial intelligence in tourism management: An integrative review and roadmap for future research. *Tourism Management*, 110, 105179.
- Lundberg, S. M., ve Lee, S.-I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. In I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, & R. Garnett (Eds.), *Advances in Neural Information*

- Processing Systems* (Vol. 30, pp. 4765-4774). Curran Associates, Inc.
- Madden, K., Lukoseviciute, G., Ramsey, E., Panagopoulos, T., ve Condell, J. (2023). Forecasting daily foot traffic in recreational trails using machine learning. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 44(Part B), 100701. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2023.100701>
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., ve Shannon, C. E. (2006). A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI magazine*, 27(4), 12-12.
- Melstrom, R. T., ve Reeling, C. (2026). Modeling recreation and tourism demand using crowdsourced data: An application to visitation statistics from the eBird project. *Tourism Management*, 112, 105276.
- Merrill, N. H., Winder, S. G., Hanson, D. R., Wood, S. A., ve White, E. M. (2025). A national model for estimating United States public land visitation. *Scientific Reports*, 15(1), 42764.
- Moor, J. (2006). The Dartmouth College Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years. *AI Magazine*, 27(4), 87. <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1911>.
- Morse, W. C., Stern, M., Blahna, D., ve Stein, T. (2022). Recreation as a transformative experience: Synthesizing the literature on outdoor recreation and recreation ecosystem services into a systems framework. *Journal of Outdoor recreation and Tourism*, 38, 100492.
- National Institute of Standards and Technology. (2023). *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)* (NIST AI 100-1) [Report]. U.S. Department of Commerce. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>
- Özyıldırım, M., ve Bolat, C. (2025). Yapay zeka ile seyahat rotası oluşturma: Açık alan rekreasyonunda Sakarya ili örneği. *Uluslararası Güncel Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 11 (2), 398–419.
- Prasanna, A., Pushparaj, P., ve Kushwaha, B. P. (2025). Conversational AI in tourism: A systematic literature review using TCM and ADO framework. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 64, 101310.
- Ryu, S., Jung, S.-H., Kim, G.-H., ve Lee, S. (2025). Visitor number prediction for Daegwallyeong Forest Trail using machine learning. *Sustainability*, 17 (13), 6061. doi:10.3390/su17136061
- Sousa, A. E., Cardoso, P., ve Dias, F. (2024). The use of artificial intelligence systems in tourism and hospitality: The tourists' perspective. *Administrative Sciences*, 14 (8), 165.
- Tabassi, E. (2023). *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)* (NIST AI 100-1). National Institute of Standards and Technology.
- Trotter, L., Smith, J., ve Brown, R. (2023). Forecasting daily foot traffic in

- recreational trails using machine learning. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 44, 100701.
- Ülkü, A. (2023). ChatGPT-4 for hospitality: Implications. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 11 (3), 1727–1743.
- Wang, R., Luo, J., ve Huang, S. S. (2020). Developing an artificial intelligence framework for online destination image photos identification. *Journal of Destination Marketing & Management*, 18, 100512.
- Wang, Z., Yuan, L.-P., Wang, L., Jiang, B., ve Zeng, W. (2024). VirtuWander: Enhancing multimodal interaction for virtual tour guidance through large language models. In *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-20). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3613904.3642235>

Bölüm III

SANAL GERÇEKLİK (VR) UYGULAMASI İLE HENTBOL ÖĞRETİMİ

Nalan AKSAKAL¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Eskişehir, Türkiye,
e-mail: nalanf@eskisehir.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-9784-6533

Giriş

Son yıllarda dünya, bilgi, bilim ve teknolojinin gelişiminde hızlı ve dikkat çekici bir ilerlemeye tanıklık etmektedir. Bu durum, birçok toplumun söz konusu gelişmeleri siyasal ve ekonomik planlarına dâhil etmelerine ve aynı zamanda eğitim sistemlerini bu bilgi ve teknolojik ilerlemeye ayak uyduracak şekilde yeniden yapılandırmalarına neden olmuştur. Bilgi teknolojileri ile modern iletişim araçlarının farklı biçimlerde hızlı gelişimi ve eğitim süreci içerisindeki etkililiği; uzaktan eğitim, e-öğrenme ve sanal gerçeklik gibi birçok bilimsel kavramın ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Eğitimin niteliğine verilen önem, bir ülkenin gelişmişliğinin önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu durum, birçok eğitimcinin söz konusu teknolojik yenilikleri eğitim sürecinde kullanmaya yönelmesine ve bu yenilikleri öğretim uygulamalarının merkezine yerleştirmesine zemin hazırlamıştır. Sanal Gerçeklik Teknolojisi, kullanıcılarına sıkıcılıktan uzak bir sanal ortam oluşturma imkânı sunan, kavrama ve odaklanma düzeylerini artıran ve eğilim ile yönelimlerini doyuma ulaştıran modern dijital teknolojik yeniliklerden biridir. Bu teknoloji, sabit ve hareketli nesneleri gerçek dünyadaymış gibi somutlaştırarak ve hareket kazandırarak gerçeğe benzer bir ortam oluşturur. Eğitim sürecini zenginleştirmek ve hedeflerine ulaşmasını sağlamak açısından ihtiyaç duyulan bu özellikler, öğrenenlerin çağın doğasına ve teknolojik yeniliklerine uyum sağlamalarına imkân verecek biçimde program ve etkinliklere yansıtılmalıdır (Plancher vd., 2008).

Sanal gerçeklik teknolojileri gibi çağdaş dijital teknolojilerin yaygınlaşması ve ücretsiz yazılımlarının artması, bireylerin kişisel, kamusal ya da belirli amaçlara yönelik nitelikli ve etkileşimli sanal deneyimler tasarlayabilmelerine olanak sağlamaktadır. Bu gelişmeler, sanal gerçekliği sınırlı kullanım alanına sahip yenilikçi bir araç olmaktan çıkararak, farklı disiplinlerde uygulanabilir ve erişilebilir bir teknoloji konumuna taşımaktadır. Bu nedenle sanal gerçeklik teknolojileri, eğitim ortamlarında yalnızca destekleyici bir unsur değil; öğrenme süreçlerini dönüştürebilen, akademik içerikle ve akran etkileşimiyle daha derin ve anlamlı bir bağ kurulmasını sağlayan işlevsel araçlar hâline gelebilmektedir. Dolayısıyla sanal gerçeklik, küresel ölçekte uygulanabilirliği olan ve öğretim süreçlerinde etkileşim, katılım ve öğrenme niteliğini artırma potansiyeline sahip stratejik bir eğitim teknolojisi olarak değerlendirilmektedir (Makransky ve Petersen, 2021).

Sanal Gerçeklik, duyuşsal deneyimi artırmaya yardımcı olan özel teknik yazılımları içeren gelişmiş bir multimedya sistemi olarak ifade edilmektedir. Bu teknoloji, gerçek ya da kurgusal ortamların üç boyutlu ve etkileşimli biçimde modellenmesine olanak tanıyarak, kullanıcıların söz konusu ortamlarla dinamik

bir etkileşim kurmasını sağlamakta, içerikleri somutlaştırmakta ve deneyim temelli öğrenme süreçlerinin desteklenmesine imkân veren etkili bir temsil aracı olarak kullanılmaktadır (Mugisha ve Arguel, 2025). Sanal gerçeklik uygulamaları farklı yöntem ve araçlar yoluyla gerçekleştirilebilmektedir.

Üç boyutlu nesne ve mekânların görsel temsili, belirli araç ve hizmetlerin simülasyon yoluyla modellenmesi ya da incelenmesi hedeflenen ortamların sanal olarak yeniden yapılandırılması bu yöntemler arasında yer almaktadır. Sanal gerçeklik kullanımının temel amacı, belirli bir davranışın, sürecin ya da sistemin işleyişini güvenli ve kontrollü bir ortamda deneyimleme ve öngörme becerisi kazandırmaktır (Allcoat vd., 2021). Bu sayede bireyler, gerçek uygulama öncesinde bilişsel ve davranışsal hazırlık süreci geçirme fırsatı elde etmektedir. Bu bağlamda doğa ve park alanlarının dijital ortamda sanal egzersiz performans uygulamalarının motivasyonel ve psikolojik olarak bireylerde pozitif yönde katkı sağlamaktadır (Gumuslu vd., 2025).

Sanal gerçeklik, kullanıcının görüntüleme sistemleri, stereo kulaklık, özel eldiven ve gözlük gibi donanımlar aracılığıyla dijital bir ortamla etkileşime girdiği, gerçekliğin grafiksel ve etkileşimli bir simülasyonudur. Bu teknoloji, kullanıcıya yalnızca görsel bir deneyim sunmakla kalmayıp, aynı zamanda hareket yönünü kontrol edebilme ve sanal ortam içerisindeki nesnelerle etkileşim kurabilme imkânı sağlayarak aktif katılımı desteklemektedir. Sanal gerçeklik, gerçeğin birebir kendisi değil; gerçeğin somutlaştırılmış ve yeniden yapılandırılmış bir temsili niteliğindedir. Gerçek ya da kurgusal dünyalara ait sahnelerin simülasyon yoluyla oluşturulan bu ortamlar, öğrenenlerin belirli görevleri güvenli ve kontrollü bir bağlamda yerine getirmelerine olanak tanımaktadır. Bu süreçte gerçekleştirilen eylemlerin sonuçları eş zamanlı (gerçek zamanlı) olarak deneyimlenebilmekte; böylece kullanıcı, uygulama ve geri bildirim döngüsünü anlık olarak yaşayabilmektedir (Liou vd., 2017; Goehle, 2018). Bir diğer husus mobil egzersiz uygulamalarının, spor bilim alanında uzman kurum ve kuruluşlar tarafından belirlenen fiziksel aktivite rehberlerine uygun şekilde dizayn edilmesi ve düzenli olarak denetlenmesi önem arz etmektedir (Yüksel ve Şentürk, 2022).

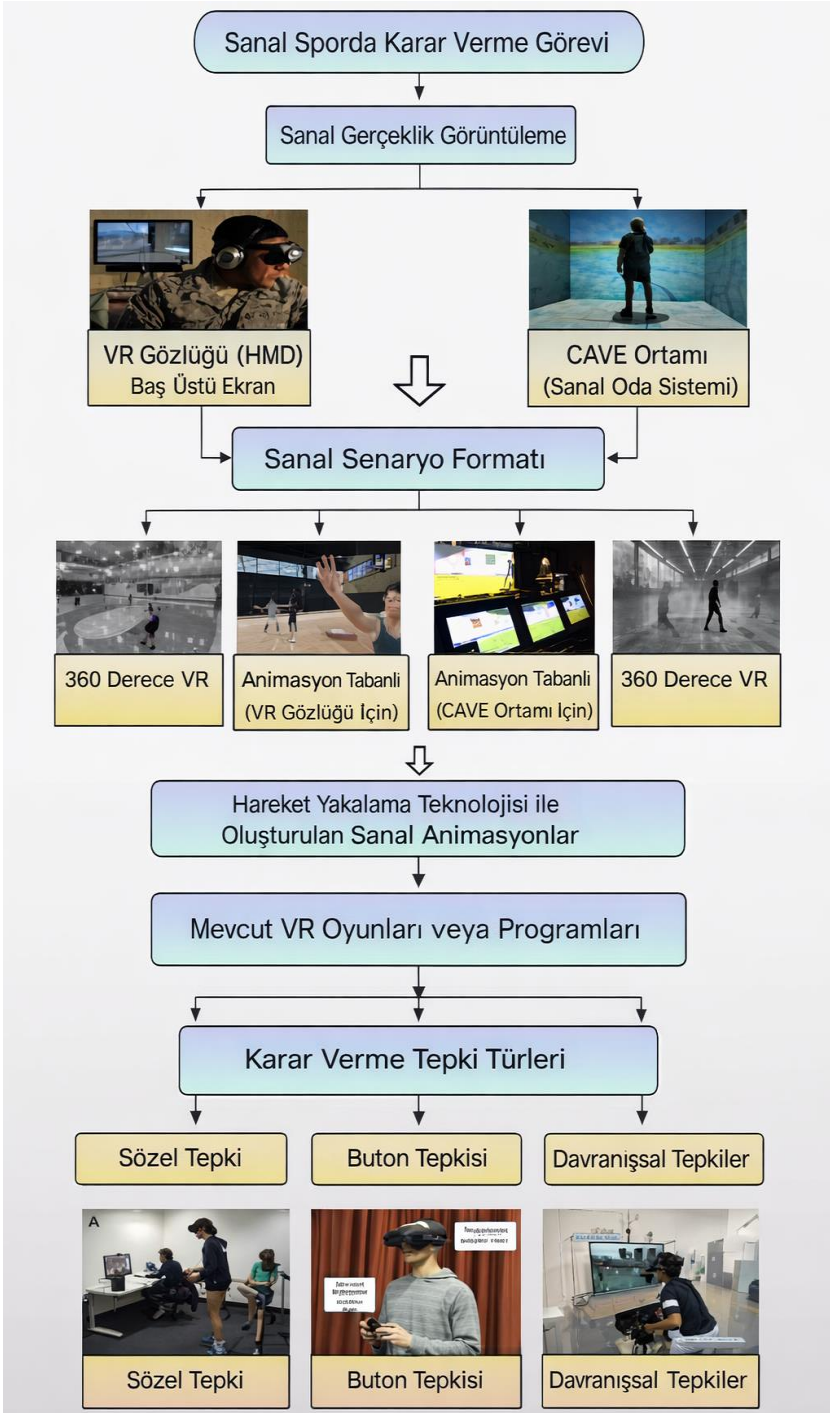
Sanal gerçeklik teknolojisi öğrenenlere sanal ortam içerisinde var olma ve bu ortamdan eğitim amacıyla yararlanma imkânı sunmaktadır. Bu süreç, uygulama öncesinde eğlenme ve gözlemlene ilkesine dayanmaktadır. Ayrıca sanal gerçeklik, öğrenenin dikkatini eğitim materyaline daha doğal ve etkili bir biçimde yönlendiren etkileşimli bir öğrenme atmosferi oluşturmaktadır. Bu durum, öğrenene sesli yönergeler ya da animasyonlar aracılığıyla bilgi sunulmasını kolaylaştırmakta ve bireyin sanal ortamla bütünleşmesini desteklemektedir (Putranto vd., 2023). Sanal gerçekliğin popüleritesindeki artışla birlikte, bazı spor

etkinlikleri mekânsal sınırlılıkların aşılması amacıyla sanal ortama aktarılabilmektedir.

Spor eğitiminde ve antrenmanında sanal gerçeklik teknolojisi kullanımının, bazı öğrenenler açısından gerçek yaşam performansının artırılmasına olumlu katkı sağladığı belirtilmektedir. Özellikle oyun ve egzersizin eş zamanlı olarak gerçekleştirildiği uygulamalarda, öğrenenler hem eğlenmekte hem de fiziksel uygunluk ve genel sağlık düzeylerini geliştirebilmektedirler (Yang, 2018; Putranto vd., 2023). Bu teknoloji, öğrenme sürecinde etkileşim temelli bir eğitim atmosferi oluşturarak öğrenenin dikkatini eğitim materyaline yöneltmekte; böylece içerikle daha doğal, anlamlı ve etkili bir biçimde etkileşim kurmasını sağlamaktadır. Ayrıca sanal gerçeklik ortamları, öğrenene sesli yönergeler ya da animasyonlar aracılığıyla yapılandırılmış geri bildirim sunarak sanal çevreye uyumu kolaylaştırmaktadır. Öğrenenlere kurgusal bir dünyadaymış gibi deneyim sunarak öğrenme sürecini daha etkili ve kalıcı hâle getirmekte ve öğrenme deneyimini bilişsel, psiko-motor ve duyuşsal boyutları bir bütün olarak ele aldığından yenilikçi bir öğretim teknolojisi olarak değerlendirilebilmektedir. Yapay zekâ teknolojilerinin veri analizi ve karar alma süreçlerine entegre edilmesi, antrenör, sporcu ve takımların performans gelişimini destekleyerek rekabet avantajı elde etmelerinde önemli bir rol oynayabilmektedir (Ustalar, Şentürk ve Eler, 2023). Ayrıca analiz, başarı analizi ve turnuva analizi, notasyon analizini, farklı parametrelerin verimliliği gibi eylemlerle karakterize edilen farklı değişkenlerle tamamlamak, oyun sürecini etkili bir şekilde modellemek için, maç sırasında takımların eylemleri ve farklı yarışmalarda kullanılan stratejiler hakkında daha fazla veri elde etmek antrenörlere avantaj sağlamaktadır (Vurgun vd., 2023).

Hentbol oyunu yüksek hızda hücum-savunma geçişlerinin olduğu, temasın çok sık kullanıldığı, algılama, çabuk karar verme ve anında uygulama döngüsünün belirleyici olduğu bir takım sporu olarak ifade edilebilir. Bu nedenle antrenmanları programlarken yalnızca fiziksel yüklenmeye değil, algılama, çabuk karar verme ve anında uygulama döngüsüne de dikkate etmek gerekmektedir. Sanal gerçeklik ile özellikle bu bileşenlerin olduğu senaryolarla uygulama yapılabilirse hentbolda saha antrenmanına tamamlayıcı bir eğitim alanı açılmış olacaktır.

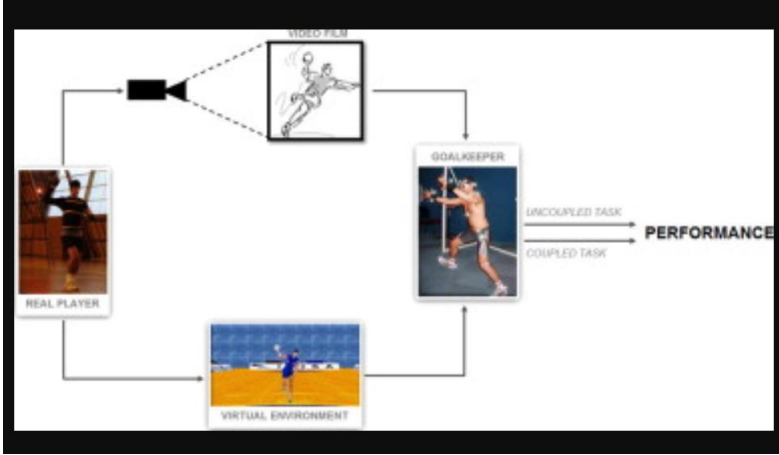
Jia vd. (2024) yapmış olduğu sanal gerçeklik uygulaması ile ilgili araştırmada gerçek boyutlarla ölçeklendirilmiş bir hentbol stadyumunda karakter animasyonla canlandırılmış ve aşağıdaki gibi uygulanmıştır.



Şekil 1. Sanal Gerçeklikte Karar Vermeye Yönelik Akış Şeması (Jia vd., 2024)

Takım sporlarında sporcular, sıklıkla öngörülemeyen ve karmaşık durumlarla karşı karşıya kaldıklarından dolayı hızlı ve etkili karar vermek durumundadırlar. Bu bağlamda karar verme becerisi, sporcuların performansını geliştirmede kritik bir belirleyici olarak öne çıkmaktadır. Sporcuların sanal karar verme görevleriyle etkileşime girmeleri özellikle sözel, buton ve davranışsal tepkiler gibi farklı yanıt biçimleriyle ele alınmıştır. Sanal ortamda gerçekleştirilen karar verme görevleri ile sporcuların bilişsel süreçlerini ve performansla ilişkili karar verme becerilerini görsel ipuçlarına güvenerek verdiklerini ifade edilebilir. Bu nedenle, sporcuların karar verme becerilerini değerlendirmek ve geliştirmek için sanal gerçekliği etkili bir şekilde kullanmanın önemi vurgulanmalıdır.

Vignais vd. (2015) yapmış olduğu araştırmada ise hentbol kalecisinin video tabanlı ve sanal gerçeklik tabanlı yöntem ile performansları karşılaştırılmış ve ortaya çıkan sonuçla ilgili görsel aşağıdaki verilmiştir.



Şekil 2. Hentbol Kalecilerinin Video Tabanlı Ve Sanal Gerçeklik Tabanlı Atış Hareketleri (Vignais vd., 2015)

Hentbol kalecilerinin sanal gerçeklik tabanlı kale atışı ile karşılaştıklarında, video tabanlı kale atışına kıyasla daha etkili ve daha isabetli performans sergilediklerini ve müdahaleye daha erken başladıkları ifade edilmiştir.

Takım sporlarında sanal gerçeklik ile karar verme eğitimine ilişkin kanıtlar ve tasarım ilkeleri (temsil edicilik, etkileşim, geri bildirim, transfer değerlendirmesi) literatürde ayrıntılı biçimde ele alınmaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisi, hentbolda teknik gelişimden taktik farkındalığa, karar verme süreçlerinden kaleci reaksiyon antrenmanına kadar çok boyutlu kullanım alanı sunmaktadır (Bideau, 2004; Elkot, 2016; Farley vd., 2020; Fan ve Li, 2021; Shalan, 2023; Jia vd., 2024;

Connolly vd., 2025). Sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak hentbol ile ilgili çalışmalar incelendiğinde ortak noktalar aşağıda ki şekilde ifade edilebilir;

- ✓ Sanal gerçekliğin etkili bir biçimde sahaya transferi için, sanal görevlerin net olarak belirlenmesi, rakibin konumu, açı, hız, süre baskısı, hücum dinamikleri, savunma duruşları gibi oyunun bilgi kaynaklarının yeterli düzeyde çoklu değişkenlere göre sisteme aktarılması ve sanal gerçeklik görevleri ile saha görevleri arasındaki benzerlik performansının uyumlu olması gerekmektedir.
- ✓ Takım sporlarında karar verme becerilerinin geliştirilmesinde sanal gerçeklikle ilgili; 360° video, animasyon tabanlı simülasyon, etkileşimli sanal gerçeklik senaryosu gibi formatlar kullanılarak kapsamlı raporlar oluşturulabilir.
- ✓ Teknik öğretimde sanal gerçeklik kullanımı, atış kolu, vücut pozisyonu, sıçrama, kalça-omuz rotasyonu, atış sonrası iniş mekaniği gibi hareketlerin kritik anlarının görselleştirilmesi ve tekrar edilebilir biçimde deneyimlenmesinde olumlu etkiler yaratabilmektedir.
- ✓ Kaleci eğitiminde ise, hentbol kalecilerinin özelliklerine uygun sanal gerçeklik analiz sistemleri, algısal-motor becerilerin değerlendirilmesi ve kale atışı senaryolarının farklılaştırılması ile farklı çalışma programları oluşturulabilir.

Kaynakça

- Allcoat, D., Hatchard, T., Azmat, F., Stansfield, K., Watson, D. ve von Mühlenen, A. (2021). Education in the Digital Age: Learning Experience in Virtual and Mixed Realities. *Journal of Educational Computing Research*, 59(5), 795-816.
- Bideau, B., Multon, F., Kulpa, R., Fradet, L., Arnaldi, B., ve Delamarche, P. (2004). Using virtual reality to analyze links between handball thrower kinematics and goalkeeper's reactions. *Neuroscience Letters*, 372(1-2), 119-122.
- Connolly, J., Alder, D., Frame, M. ve Wilson, A. D. (2025). Training decision making in sports using virtual reality: a scoping review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1–18.
- Elkot, A. M. (2016). Virtual learning environment and its impact on skillful and cognitive learning outcomes for defensive side in handball. *European journal for sports science technology*, 16.
- Fan, Q. ve Li, D. (2021). Augmented Reality Technology in Handball Teaching Based on Wireless Communication Environment. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-137963/v1>
- Farley, O.R.L., Spencer, K. ve Baudinet, L. (2020). Virtual reality in sports coaching, skill acquisition and application to surfing: A review. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(3), 535-548.
- Goehle, G. (2018). Teaching with Virtual Reality: Crafting a Lesson and Student Response. *The international journal for technology in mathematics education*, 25(1), 35-45.
- Gumusgul, O., Acet, M., Senturk, A., Akin, S., Isik, U., & Gumusgul, C. (2025). The effect of exercise in virtual environment on psychological well-being and motivation for recreation participation. *Current Psychology*, 44(3), 1587-1597.
- Liou, H.-H., Yang, S. J. H., Chen, S. Y. ve Tarng, W. (2017). The Influences of the 2D Image-Based Augmented Reality and Virtual Reality on Student Learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 2(3), 110–121.
- Jia, Y., Zhou, X., Yang, J., ve Fu, Q. (2024). Animated VR and 360-degree VR to assess and train team sports decision-making: a scoping review. *Frontiers in psychology*, 15, 1410132.
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937-958.

- Mugisha, G., ve Arguel, A. (2025). Procedural Learning in Mixed Reality: Assessing Cognitive Load and Performance. *Education Sciences*, 15(3), 339.
- Plancher, G., Nicolas, S. ve Piolino, P. (2008). Contribution of virtual reality to neuropsychology of memory: study in aging. *Psychologie & neuropsychiatrie du vieillissement*, 6(1), 7-22.
- Putranto, J. S., Heriyanto, J., Achmad, S. ve Kurniawan, A. (2023). Implementation of virtual reality technology for sports education and training: Systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 216, 293-300.
- Romila, C., Teodorescu, S., ve Braneac, C. (2020). Possibilities Of Implementing Virtual Games In Order To Increase The Efficiency Of Training in Junior Handball Players. *eLearning & Software for Education*, 3.
- Shalan, M. A. M. (2023). The Effect Of Using Virtual Reality Technology, Vr Box Glasses, On Learning The Skill Of Shooting In Handball. *Revista Iberoamericana de Psicología De Ejercicio y El Deporte*, 18(2), 163–169.
- Smith, I., Scheme, E. & Bateman, S. (2025). A Framework for Interactive Sport Training Technology Foundations and Trends in Human-Computer Interaction, 19 (1), 1-111.
- Ustalar, A., Şentürk, A. & Eler, N. (2023). Spor Bilimlerinde Yapay Zekâ Kullanım Alanları. S. Akın & M.S. Erzeybek (Ed.), *Küreselleşen Dünyada Spor Bilimleri II* (s. 20-37). Duvar Kitabevi.
- Vignais, N., Kulpa, R., Brault, S., Presse, D., ve Bideau, B. (2015). Which technology to investigate visual perception in sport: Video vs Virtual Reality. *Human Movement Science*, 39, 12–26.
- Vurgun, N., Bilge, M., Eler, S., Eler, N., & Şentürk, A. (2023). Current developments in handball game analysis. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, 30.
- Yang, Y. (2018). The innovation of college physical training based on computer virtual reality technology. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 21(6), 1275-1280.
- Yüksel, O., Şentürk, A. (2022). Mobil egzersiz uygulamaları. Ö. Özer & R. Soslu (Ed.), *INSAC Contemporary Trends in Sport Sciences* (s. 162-172). Duvar Kitabevi.

Bölüm IV

SPORCU SAĞLIĞI VE REHABİLİTASYON SÜREÇLERİNDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMI

Mehmet AYDOĞAN¹

¹ Dr. Öğr.Üyesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye,
e-mail: meaydogan@gelisim.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6856-8319

Giriş

Sporcu sağlığı ve rehabilitasyon süreçleri, yalnızca yaralanmanın tedavisine odaklanan bir alan olmaktan çıkmış; yaralanma riskinin önceden belirlenmesi, yüklenme yanıtlarının izlenmesi, iyileşme sürecinin nesnel verilerle değerlendirilmesi ve spora dönüş kararlarının çok değişkenli ölçütlerle desteklenmesi yönünde genişlemiştir. Bu dönüşüm içinde yapay zekâ temelli yöntemler, özellikle makine öğrenmesi, bilgisayarlı görü ve veri odaklı karar destek sistemleri aracılığıyla spor hekimliği, fizyoterapi ve performans izleme uygulamalarında daha görünür hâle gelmiştir. Güncel derlemeler, spor bilimlerinde yapay zekâ kullanımının başlıca yaralanma öngörüsü, performans analizi, bireyselleştirilmiş antrenman ve rehabilitasyon planlaması alanlarında yoğunlaştığını göstermektedir (Reis vd., 2024).

Spor yaralanmalarının ortaya çıkışı tek bir etkene bağlanamayacak kadar çok bileşenlidir. Antrenman yükü, önceki yaralanma öyküsü, biyomekanik özellikler, toparlanma düzeyi, uyku, kas fonksiyonu ve çevresel koşullar aynı süreç içinde birlikte rol oynayabilmektedir. Bu nedenle klasik doğrusal değerlendirmelerin yanında çok değişkenli veri yapısını işleyebilen yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Spor yaralanmalarının öngörülmesine yönelik sistematik incelemeler, makine öğrenmesi modellerinin sporcularda yüksek riskli profilleri belirlemede kullanılabildiğini ve bazı çalışmalarda güçlü sınıflandırma performansına ulaştığını göstermektedir (Van Eetveld vd., 2021).

Rehabilitasyon sürecinde temel gerekliliklerden biri, sporcunun fonksiyonel durumunun düzenli ve nesnel biçimde izlenmesidir. Giyilebilir sensörler, akıllı cihazlar ve sporcu izlem sistemleri; eklem hareket açıklığı, kalp hızı, solunum, dış yük, iç yük ve hareket kalitesi gibi çok sayıda parametrenin eşzamanlı olarak toplanmasına olanak sağlamaktadır. Bu verilerin tek başına kaydedilmesi yeterli görülmemekte; klinik ve performans kararları için işlenmesi, anlamlandırılması ve kişiye özgü örüntülerin ayrıştırılması gerekmektedir. Giyilebilir teknolojilere ilişkin güncel derlemeler, bu sistemlerin ameliyat sonrası rehabilitasyonun izlenmesinde ve sportif performans takibinde nesnel veri sağladığını; sporcu izlem sistemlerinin ise çoklu veri akışını bir araya getirerek yük yönetimi ve iyileşme takibini desteklediğini bildirmektedir (Burger vd., 2024; De Fazio vd., 2023).

Kas-iskelet sistemine binen iç yüklerin doğrudan ölçülmesi uygulama koşullarında güç olduğundan, yapay zekâ destekli tahmin modelleri sporcu sağlığı açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Koşu biyomekanikğine ilişkin çalışmalar, giyilebilir sensör sinyalleri ile makine öğrenmesi ve biyomekanik modellemeyi birleştiren yaklaşımların tibial kuvvet ve doku yüklenmesi gibi parametrelerin daha duyarlı biçimde tahmin edilmesine katkı sağladığını

göstermiştir. Bu tür uygulamalar, aşırı kullanım yaralanmalarının izlenmesi, yüklenme dozunun düzenlenmesi ve rehabilitasyon ilerleyişinin kontrolü için kullanılabilecek ölçümsel bir temel sunmaktadır (Matijevich vd., 2020).

Rehabilitasyonun güncel yapısı, yalnızca klinik ortamla sınırlı olmayan, uzaktan izleme ve dijital destekli uygulamaları da içeren bir modele yönelmiştir. Tele-rehabilitasyon, sanal rehabilitasyon ve hareket analizi destekli dijital uygulamalar; özellikle takip sürekliliği, egzersiz uyumu ve fonksiyonel değerlendirmenin tekrar edilebilirliği açısından önem taşımaktadır. Ortopedi ve spor hekimliği alanındaki derlemeler, tele-rehabilitasyon uygulamalarının rehabilitasyon hizmetlerinin erişilebilirliğini artırdığını ve spora dönüş sürecinde izlem olanaklarını genişlettiğini göstermektedir (Lal vd., 2022).

Sporcu sağlığı ve rehabilitasyon süreçlerinde yapay zekâ kullanımı, yaralanma riskinin belirlenmesi, biyomekanik yüklenmenin izlenmesi, bireyselleştirilmiş rehabilitasyon planlarının oluşturulması ve spora dönüş kararlarının desteklenmesi gibi alanlarda gelişmektedir. Bölümün devamında, yapay zekânın sporcu sağlığındaki temel kullanım alanları, yaralanma riskinin belirlenmesi, tanılama ve klinik karar süreçleri, rehabilitasyon uygulamaları, giyilebilir teknolojiler ve kişiselleştirilmiş rehabilitasyon planlaması literatüre dayalı olarak ele alınacaktır (Reis vd., 2024; Van Eetvelde vd., 2021).

Sporcu Sağlığında Yapay Zekânın Temel Kullanım Alanları

Yapay zekâ, sporcu sağlığı alanında en çok veri yoğun izlem, yaralanma riskinin belirlenmesi, hareket ve yük analizinin yapılması, rehabilitasyon takibi ve klinik karar desteği süreçlerinde kullanılmaktadır. Spor bilimlerine odaklanan güncel derlemeler, bu kullanım alanlarının özellikle makine öğrenmesi, derin öğrenme, bilgisayarlı görü ve sensör verilerinin analizi etrafında şekillendiğini göstermektedir. Literatürde yapay zekâ uygulamalarının başlıca üç ekseninde toplandığı bildirilmektedir: performans ve yük yönetimi, spor yaralanmalarının öngörülmesi ve rehabilitasyon süreçlerinin desteklenmesi (Reis vd., 2024).

İlk kullanım alanı, sporcuya ait çok boyutlu verilerin birlikte değerlendirilmesidir. Antrenman yükü, kalp atım hızı, uyku süresi, toparlanma göstergeleri, GPS verileri, ivmeölçer çıktıları ve biyomekanik ölçümler tek başına anlamlı bilgiler sunsa da, bu verilerin birlikte analiz edilmesi sporcunun sağlık durumuna ilişkin daha ayrıntılı bir çerçeve oluşturmaktadır. Giyilebilir sensörler ve akıllı izlem sistemlerine ilişkin çalışmalar, bu teknolojilerin fizyolojik ve hareket temelli verileri sürekli ve invaziv olmayan biçimde toplayabildiğini; böylece sağlık izlemi ve performans kontrolünü nesnelleştirdiğini göstermektedir (De Fazio vd., 2023).

İkinci kullanım alanı, yaralanma riskinin belirlenmesidir. Spor yaralanmaları çoğunlukla çok etkenli bir yapıya sahip olduğundan, önceki yaralanma öyküsü, antrenman yoğunluğu, maç yükü, kas kuvveti dengesizlikleri, hareket örüntüleri ve toparlanma düzeyi gibi değişkenlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Sistematik derleme bulguları, makine öğrenmesi yöntemlerinin yüksek yaralanma riski taşıyan sporcuların belirlenmesinde ve olası risk etmenlerinin ayırt edilmesinde kullanılabildiğini göstermektedir (Van Eetvelde vd., 2021).

Üçüncü kullanım alanı, biyomekanik analiz ve hareket kalitesinin değerlendirilmesidir. Özellikle koşu, sıçrama, yön değiştirme ve iniş mekanikleri gibi sportif hareketlerde ortaya çıkan yüklenme özellikleri, sakatlık önleme ve rehabilitasyon planlamasında önem taşımaktadır. Bu alanda sensör verileri ile makine öğrenmesinin birlikte kullanıldığı çalışmalar, kemik ve yumuşak dokuya binen kuvvetlerin tahmini, hareket paternlerinin sınıflandırılması ve yüklenme değişimlerinin izlenmesi açısından uygulanabilir sonuçlar sunmaktadır (Matijevich vd., 2020).

Dördüncü kullanım alanı, rehabilitasyon sürecinin izlenmesidir. Spor yaralanması sonrasında tedavi sürecinin yalnızca klinik muayene ile değil, fonksiyonel ölçütlerle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Hareket açıklığı, denge, kas aktivasyonu, yürüyüş analizi, egzersiz uyumu ve yük toleransı gibi parametrelerin dijital araçlarla izlenmesi, rehabilitasyonun farklı aşamalarında kullanılmaktadır. Giyilebilir sensörlere ve dijital izlem sistemlerine ilişkin yayınlar, rehabilitasyon parametrelerinin düzenli biçimde kaydedilebildiğini ve bu kayıtların tedavi planının düzenlenmesinde kullanılabildiğini belirtmektedir (De Fazio vd., 2023).

Beşinci kullanım alanı, uzaktan takip ve tele-rehabilitasyondur. Sporcularda özellikle ameliyat sonrası dönem, saha dışı iyileşme süreci ve kontrollü egzersiz ilerlemesi sırasında düzenli takip gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Tele-rehabilitasyon ve sanal rehabilitasyon uygulamalarına ilişkin derlemeler, bu sistemlerin ortopedi ve spor hekimliğinde takip sürekliliği, egzersiz denetimi ve fonksiyonel değerlendirmenin uzaktan sürdürülmesi açısından kullanıldığını göstermektedir (Lal vd., 2022).

Altıncı kullanım alanı, spora dönüş sürecinin desteklenmesidir. Rehabilitasyon sonrasında sporcunun yeniden antrenman ve müsabaka ortamına ne zaman ve hangi düzeyde döneceği, yalnızca subjektif değerlendirmelere değil; kuvvet, simetri, hareket kalitesi, yük toleransı ve tekrar yaralanma riskine ilişkin verilere dayanılarak belirlenmektedir. Yapay zekâ temelli modeller bu karar sürecinde çoklu değişkenleri birlikte işleyerek klinik değerlendirmeyi destekleyen araçlar olarak kullanılmaktadır. Spor bilimlerinde yapay zekâyâ

ilişkin güncel incelemeler, rehabilitasyon ve spora dönüş kararlarının veri temelli değerlendirmelerle daha yapılandırılmış biçimde ele alındığını bildirmektedir (Reis vd., 2024).

Sporcu sağlığında yapay zekânın temel kullanım alanları, literatürde birbirinden bağımsız başlıklar olarak değil, birbirini tamamlayan bir yapı içinde ele alınmaktadır. Veri toplama, risk belirleme, hareket analizi, rehabilitasyon takibi ve spora dönüş değerlendirmesi aynı sürecin farklı aşamalarını oluşturmaktadır. Bu nedenle sporcu sağlığı bakımından yapay zekâ uygulamaları, ölçümden izleme, izlemeden karar desteğine uzanan bütüncül bir çerçeve içinde değerlendirilmektedir (Reis vd., 2024; Van Eetvelde vd., 2021).

Yaralanma Riskinin Belirlenmesinde Yapay Zekâ

Spor yaralanmalarının ortaya çıkışı, tek bir belirleyiciyle açıklanamayacak kadar çok değişkenli bir yapı göstermektedir. Önceki yaralanma öyküsü, antrenman ve maç yükü, kas kuvveti özellikleri, hareket paternleri, toparlanma düzeyi ve fiziksel uygunluk göstergeleri aynı süreç içinde birlikte rol oynayabilmektedir. Bu nedenle yapay zekâ temelli modeller, çok sayıda değişkeni aynı anda işleyebilme özellikleri nedeniyle spor yaralanması riskinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda kullanılmaktadır. Spor yaralanması öngörüsünde makine öğrenmesi yöntemlerini inceleyen sistematik derleme, bu modellerin yüksek riskli sporcuların belirlenmesinde ve risk etmenlerinin ayırt edilmesinde kullanılabildiğini; çalışmalarda ağaç tabanlı topluluk yöntemleri, destek vektör makineleri ve yapay sinir ağlarının öne çıktığını bildirmiştir. Aynı derleme, dâhil edilen çalışmalarda yaralanma tahmin performansının zayıf ile güçlü arasında değiştiğini, bazı modellerde AUC değerinin 0.87'ye ulaştığını göstermiştir.

Yaralanma riski belirleme çalışmalarında temel yaklaşım, sporcudan düzenli olarak toplanan verilerin örüntülerini inceleyerek gelecekteki yaralanma olasılığına ilişkin sınıflandırma ya da tahmin modeli oluşturmaktır. Bu amaçla kullanılan veriler, çoğunlukla antrenman yükü, GPS çıktıları, sprint ve yüksek hız koşu mesafeleri, ivmelenme sayıları, algılanan zorlanma düzeyi, kas performansı, mobilite ve geçmiş sakatlık kayıtlarını içermektedir. Profesyonel futbolda GPS verileri ve makine öğrenmesi ile geliştirilen yaralanma öngörü modeline ilişkin çalışma, çok boyutlu yük verilerinden hareketle uygulanabilir ve yorumlanabilir bir tahmin sistemi oluşturulduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada modelin antrenman performansı ile yaralanma riski arasındaki karmaşık ilişkileri değerlendirmek için pratik kurallar sunduğu belirtilmiştir.

Yük yönetimi, yaralanma riskinin belirlenmesinde en sık incelenen alanlardan biridir. Özellikle kısa dönem yük artışları, sık maç takvimi, yetersiz toparlanma

ve iç-dış yük dengesizliği, temassız yaralanmalar açısından izlenen değişkenler arasında yer almaktadır. Profesyonel erkek futbolculara ilişkin sistematik derleme, kısa süreli fikstür yoğunluğunun maç yaralanma insidansını artırabildiğini; GPS temelli metrikler ile yaralanma riski arasındaki ilişkinin ise tüm çalışmalar boyunca tutarlı biçimde gösterilemediğini bildirmiştir. Aynı derleme, iş yükü ve toparlanma değişkenlerine dayalı yapay zekâ uygulamalarının yaralanma riskini öngörmeye dikkate değer bir potansiyel taşıdığını da aktarmıştır.

Yapay zekâ uygulamalarında yalnızca antrenman yükü değil, vücut kompozisyonu ve fiziksel uygunluk değişkenleri de tahmin modeline dâhil edilmektedir. Elit futbolcularda yapılan bir çalışmada, oyuncu pozisyonu, boy uzunluğu, esneklik, üst ekstremité kuvveti ve sprint performansı gibi değişkenlerin sezon içindeki yaralanma sayısını öngörmeye katkı sağladığı gösterilmiştir. Aynı çalışmada çok girdili tek çıktılı regresyon modelleri kullanılmış ve en doğru model için RMSE değeri 0.591 olarak bildirilmiştir. Bu tür çalışmalar, yaralanma riskinin yalnızca dış yük verileriyle değil, sporcunun fiziksel özellikleriyle birlikte ele alındığını göstermektedir.

Bölgesel yaralanmaların öngörüsüne yönelik çalışmalar da yapay zekânın kullanım alanını genişletmiştir. Profesyonel futbolcularda hamstring yaralanmalarına odaklanan bir çalışmada, sezon öncesi dönemde elde edilen bireysel, psikolojik ve nöromüsküler ölçümler çeşitli makine öğrenmesi teknikleriyle analiz edilmiş; en iyi modelin AUC değerinin 0.837 olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada modelin yüksek riskli oyuncuların belirlenmesinde kullanılabileceği ifade edilmiştir. Bölgeye özgü öngörü modelleri, özellikle tekrar etme eğilimi yüksek kas yaralanmalarında klinik ve performans ekipleri için ayrı bir izlem çerçevesi sunmaktadır.

Yaralanma riskinin belirlenmesinde bütüncül izlem yaklaşımları da dikkat çekmektedir. Elit genç futbolcularda yürütölen bir çalışmada dış yük verileri, fiziksel uygunluk ölçümleri, anketler, kan parametreleri ve nöromüsküler testler birlikte değerlendirilmiş; lineer destek vektör makinesinin yaralanma ve hastalık tahmini için en iyi sınıflandırma sonuçlarını verdiği bildirilmiştir. Bununla birlikte aynı çalışmada yaralanma tahmininde düşük kesinlik ve yüksek yanlış pozitif oranı da rapor edilmiştir. Bu durum, yapay zekâ temelli modellerin uygulanabilir olduğunu, ancak saha kullanımında veri miktarı ve model doğrulama gereksiniminin sürdüğünü göstermektedir.

Literatür, yapay zekânın yaralanma riskini belirleme sürecinde özellikle çok değişkenli veri yapısını işleme gücü nedeniyle tercih edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte mevcut araştırmaların önemli bir bölümü belirli spor dalları, sınırlı örneklem büyüklükleri ve tek kulüp verileri üzerinden yürütölmüştür.

Sistemik derleme bulguları da model yorumlanabilirliği, dış doğrulama ve metodolojik standardizasyon gereksinimine dikkat çekmektedir. Bu nedenle spor yaralanması riskinin belirlenmesinde yapay zekâ, bağımsız bir karar verici olarak değil; hekim, fizyoterapist, kondisyoner ve performans ekibinin değerlendirmesini destekleyen veri temelli bir araç olarak ele alınmaktadır.

Tanılama ve Klinik Karar Destek Süreçlerinde Yapay Zekâ

Sporcu sağlığı alanında tanılama süreci; klinik öykü, fizik muayene, görüntüleme bulguları ve fonksiyonel testlerin birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Kas-iskelet sistemi yaralanmalarında manyetik rezonans görüntüleme, ultrasonografi ve radyografi gibi yöntemler tanısal sürecin temel bileşenleri arasında yer almakta; yapay zekâ uygulamaları ise bu verilerin daha hızlı ve daha standart biçimde değerlendirilmesine yönelik olarak kullanılmaktadır. Kas-iskelet sistemi görüntülemesine ilişkin güncel değerlendirmeler, yapay zekâ temelli sistemlerin görüntü yorumlama, anormallik saptama, ölçüm standardizasyonu ve raporlama iş akışında destekleyici rol üstlendiğini göstermektedir (Oetl vd., 2025).

Tanılama sürecinde yapay zekânın en sık kullanıldığı alanlardan biri görüntüleme analizidir. Özellikle üst ekstremité kas-iskelet sistemi patolojilerine ilişkin sistematik derleme ve meta-analiz bulguları, yapay zekâ modellerinin tanısal performansının yüksek düzeyde olabildiğini göstermektedir. İlgili meta-analizde değerlendirilen modeller için duyarlılık, özgüllük ve eğri altında kalan alan değerlerinin yüksek düzeyde olduğu bildirilmiştir (Droppelmann vd., 2024). Bu veriler, yapay zekâ destekli görüntüleme analizinin pozitif ve negatif olguların ayırt edilmesinde kullanılabildiğini göstermektedir.

Spor hekimliğinde özellikle diz, omuz ve kas-tendon yapılarının değerlendirilmesi klinik karar sürecinde önemli bir yer tutmaktadır. Ön çapraz bağ, menisküs ve rotator manşet gibi yapılara ilişkin görüntülemelerde yapay zekâ tabanlı modellerin kullanıldığı; bazı sistemlerin uzmanlık eğitimi düzeyindeki değerlendiricilerle karşılaştırılabilir sonuçlar verdiği bildirilmektedir (Paschos, 2021). Spor hekimliği alanında yapılan değerlendirmeler, bu tür sistemlerin özellikle MRI yorumlamasında örüntü tanıma kapasitesi nedeniyle dikkat çektiğini, ancak karmaşık spor yaralanmalarında uzman klinik yorumun belirleyici olmaya devam ettiğini belirtmektedir (Paschos, 2021).

Klinik karar destek süreçlerinde yapay zekânın bir diğer işlevi, görüntüleme verilerinin klinik bilgilerle birlikte değerlendirilmesidir. Kas-iskelet sistemi görüntülemesine ilişkin anlatsal derlemeler, yeni nesil çok modlu modellerin görüntüleri hasta öyküsü ve klinik verilerle bir araya getirebildiğini; bu

yaklaşımın daha bütüncül tanısal değerlendirmelere zemin hazırladığını bildirmektedir (Oetl vd., 2025). Aynı çalışmalar, ölçüm tekrarlanabilirliği, önceliklendirme, raporlama süresinin azaltılması ve değerlendiriciler arası farklılığın düşürülmesi gibi alanlarda yapay zekâ kullanımının klinik iş akışına katkı sağladığını göstermektedir (Oetl vd., 2025).

Tanı koyma süreci yalnızca yaralanmanın varlığını belirlemekle sınırlı değildir. Yaralanmanın şiddetinin belirlenmesi, doku hasarının yaygınlığının değerlendirilmesi, takip görüntülerinin karşılaştırılması ve tedaviye yanıtın izlenmesi de klinik kararın bir parçasıdır. Kas-iskelet sistemi görüntüleme çalışmalarında yapay zekâ destekli yöntemlerin kırık saptama, alt ekstremitte hizalanma ölçümleri, omurga eğriliklerinin hesaplanması ve eklem yapılarındaki ince değişikliklerin belirlenmesi gibi nicel görevlerde kullanılabildiği gösterilmiştir (Oetl vd., 2025). Bu özellikler, spor yaralanmalarında tedavi planlaması ve izlem kararlarının daha standartlaştırılmış ölçütlere dayanmasına katkı sağlamaktadır.

Klinik karar destek sistemleri rehabilitasyon sürecinde de kullanılmaktadır. Sporcuya ait ağrı düzeyi, hareket açıklığı, yük toleransı, hareket kalitesi ve görüntüleme bulgularının birlikte değerlendirilmesi; egzersiz ilerlemesi ve spora dönüş kararlarında önem taşımaktadır. Spor hekimliği alanındaki yayınlar, yapay zekâ temelli sistemlerin yeniden yaralanma riskini öngörme, tedavi başarısını tahmin etme ve takip verilerini bütüncül biçimde değerlendirme amacıyla kullanılmaya başlandığını göstermektedir (Paschos, 2021; Oetl vd., 2025).

Mevcut yayınlar, tanılama ve klinik karar destek süreçlerinde yapay zekâ kullanımının özellikle görüntüleme temelli kas-iskelet sistemi değerlendirmelerinde belirginleştiğini göstermektedir. Bununla birlikte spor yaralanmalarının çok boyutlu yapısı nedeniyle fizik muayene, klinik deneyim ve branşa özgü işlevsel değerlendirmeler önemini korumaktadır. Bu nedenle yapay zekâ, sporcu sağlığında tanısal sürecin yerini alan bağımsız bir sistem olarak değil; görüntüleme analizi, sınıflandırma, ölçüm standardizasyonu ve karar desteği sağlayan bir araç olarak ele alınmaktadır (Droppelmann vd., 2024; Oetl vd., 2025; Paschos, 2021).

Rehabilitasyon Süreçlerinde Yapay Zekâ Destekli Uygulamalar

Rehabilitasyon süreci, sporcunun yaralanma sonrası fonksiyonel kapasitesinin yeniden kazanılması, doku iyileşmesinin izlenmesi, yük toleransının kademeli olarak artırılması ve spora dönüş hazırlığının sürdürülmesi gibi birbiriyle bağlantılı aşamalardan oluşmaktadır. Bu süreçte yapay zekâ destekli uygulamalar; hareket verilerinin analizi, egzersiz performansının izlenmesi, anlık geri bildirim verilmesi, uzaktan takip ve bireyselleştirilmiş egzersiz planlaması

gibi alanlarda kullanılmaktadır. Kas-iskelet sistemi bozukluklarında yapay zekâ destekli rehabilitasyon stratejilerini inceleyen ağ meta-analizi, bu uygulamaların ağrı, fonksiyonel sonuçlar ve eklem hareket açıklığı gibi temel çıktılar üzerinden değerlendirildiğini göstermektedir (Luo ve Wang, 2025).

Rehabilitasyonun ilk temel uygulama alanlarından biri, hareket ve egzersiz performansının nesnel biçimde izlenmesidir. Giyilebilir sensörler ve akıllı cihazlar aracılığıyla eklem hareket açıklığı, kalp hızı, solunum, postür, denge, yürüme özellikleri ve vücut segmentlerinin hareket örüntüleri kayıt altına alınabilmektedir. Bu sistemlere ilişkin kapsamlı derleme, kinetik parametrelerin, eklem hareket açıklığının, kalp hızı ve solunum hızının spor performansı takibi ile yaralanma veya cerrahi sonrası rehabilitasyon izlemi için kullanılabildiğini; giyilebilir sensörlerin veriyi doğrudan vücut üzerinden doğru ve invaziv olmayan biçimde toplama amacı taşıdığını bildirmektedir (De Fazio vd., 2023).

Bir diğer uygulama alanı, egzersiz sırasında verilen geri bildirimin kişiye özgü biçimde düzenlenmesidir. Yapay zekâ destekli hareket geri bildirim sistemleri, sporcunun hareket kalitesini gerçek zamanlı olarak değerlendirerek egzersiz formu, tekrar sayısı, hız, denge ya da hareket açıklığı üzerinde anlık yönlendirme sağlayabilmektedir. Yapay zekâ destekli rehabilitasyon stratejilerini karşılaştıran ağ meta-analizi, hareket geri bildirimi, egzersiz temelli dijital sistemler, robotik çözümler ve oyunlaştırılmış uygulamaların farklı rehabilitasyon çıktılarında birbirinden ayrılan etkiler gösterebildiğini; özellikle bazı uygulamaların hareket açıklığı ve fonksiyonel sonuçlarda üst sıralarda yer aldığını bildirmektedir (Luo ve Wang, 2025).

Rehabilitasyon sürecinde uzaktan izlem de önemli bir kullanım alanı oluşturmaktadır. Özellikle ameliyat sonrası takip, saha dışı egzersiz dönemi ve klinik ziyaretler arasındaki ara dönemlerde sporcunun düzenli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Ortopedi ve spor hekimliğinde tele-rehabilitasyon üzerine yayımlanan derleme, tele-rehabilitasyonun coğrafi konumdan bağımsız olarak rehabilitasyon hizmeti sunmayı amaçladığını; sporcularda erken ve doğru rehabilitasyon gereksinimi nedeniyle bu yöntemin önem kazandığını belirtmektedir (Lal vd., 2022). Aynı derleme, tele-rehabilitasyon ve sanal fizik tedavinin rehabilitasyon hizmetlerinin kapıya kadar ulaştırılmasında yenilikçi ve maliyet açısından uygulanabilir bir seçenek olarak değerlendirildiğini bildirmektedir (Lal vd., 2022).

Yapay zekâ destekli rehabilitasyonda oyunlaştırılmış egzersizler ve robotik uygulamalar da yer almaktadır. Bu sistemler, egzersiz tekrarlarının sayısal olarak izlenmesini, performansa göre uyarlanmasını ve hastaya ya da sporcuya verilen görevin otomatik biçimde düzenlenmesini sağlamaktadır. Ağ meta-analizinde 33 randomize kontrollü çalışmanın incelendiği ve terapötik exergaming ile robotik

dış iskelet uygulamalarının ağrı sonuçlarında; oyunlaştırılmış exergaming ile bazı hibrit fizik tedavi yaklaşımlarının fonksiyonel sonuçlarda; tek eklem rehabilitasyon robotları ile yapay zekâ geri bildirimli hareket eğitiminin ise hareket açıklığı sonuçlarında üst sıralarda yer aldığı bildirilmiştir (Luo ve Wang, 2025).

Rehabilitasyon sürecinin bir başka yönü, karar desteğidir. Klinik uygulamada sporcunun mevcut yakınmaları, önceki tedavi yanıtı, fonksiyonel profili ve benzer olguların sonuçları birlikte değerlendirilerek egzersiz planı belirlenmektedir. Kas-iskelet sistemi ağrısı olan bireyler için geliştirilen vaka temelli akıl yürütme uygulaması, yapay zekâ tabanlı karar destek yaklaşımının benzer hasta örüntülerini tanımlayabildiğini ve fizyoterapi bakımında benzer olgulara dayalı yönlendirme sağlayabildiğini göstermektedir (Granviken vd., 2024). Bu tür sistemler doğrudan sporcu örneklemeleri üzerinde geliştirilmemiş olsa da, rehabilitasyon planlamasında bireysel özelliklere göre benzer klinik tabloların ayırt edilmesine dayalı bir yaklaşım sunmaktadır (Granviken vd., 2024).

Rehabilitasyon sürecinde kullanılan yapay zekâ destekli uygulamalar, tek bir teknolojiyle sınırlı değildir. Sensör tabanlı izlem, uzaktan takip, hareket geri bildirimi, robotik çözümler ve dijital karar desteği birlikte değerlendirildiğinde, bu uygulamaların ortak yönünün rehabilitasyon verilerini daha düzenli, ölçülebilir ve kişiye özgü biçimde işlemeleri olduğu görülmektedir. Kas-iskelet sistemi bozukluklarına ilişkin güncel ağ meta-analizi, yapay zekâ destekli stratejilerin ağrı kontrolü, fonksiyonel iyileşme ve hareket açıklığı üzerinde olumlu sonuçlar verebildiğini; spor hekimliği ve ortopedide tele-rehabilitasyon derlemesi ise uzaktan takibin rehabilitasyon sürekliliği açısından işlevsel bir araç olarak kullanıldığını göstermektedir (Lal vd., 2022; Luo ve Wang, 2025).

Giyilebilir Teknolojiler, Sensörler ve Gerçek Zamanlı İzlem

Giyilebilir teknolojiler, sporcu sağlığının izlenmesinde kullanılan en yaygın dijital araçlar arasında yer almaktadır. Akıllı saatler, göğüs bantları, ivmeölçerler, jiroskoplar, GPS tabanlı izlem sistemleri, yüzey elektromiyografi sensörleri ve hareket analizi sağlayan taşınabilir cihazlar; fizyolojik, biyomekanik ve performansa ilişkin verilerin eşzamanlı olarak toplanmasına olanak vermektedir. Spor ve rehabilitasyon alanında kullanılan bu sistemler aracılığıyla kalp atım hızı, solunum hızı, enerji harcaması, eklem hareket açıklığı, koşu mesafesi, ivmelenme-yavaşlama sayısı, postüral kontrol ve hareket örüntüleri gibi çok sayıda parametre kayıt altına alınabilmektedir (De Fazio vd., 2023; Öner ve Bingöl, 2024).

Gerçek zamanlı izlem, sporcunun yalnızca mevcut performans durumunun değerlendirilmesi için değil, yüklenme yanıtlarının düzenli olarak takip edilmesi için de kullanılmaktadır. Özellikle antrenman ve müsabaka dönemlerinde dış yük ve iç yük göstergelerinin birlikte değerlendirilmesi, sporcunun fizyolojik zorlanma düzeyi ile hareket çıktılarının aynı çerçevede incelenmesini sağlamaktadır. Giyilebilir sensörlere ilişkin derleme çalışması, bu teknolojilerin doğrudan vücut üzerinden invaziv olmayan biçimde veri topladığını; rehabilitasyon parametreleri ile sportif performans değişkenlerinin düzenli takibinde kullanılabildiğini bildirmektedir (De Fazio vd., 2023). Spor yönetimi ve giyilebilir spor teknolojilerine ilişkin Türkçe derleme ise bu ürünlerin sporcuların fiziksel durumlarını, performans verilerini ve sağlık göstergelerini gerçek zamanlı olarak izlemeye olanak tanıdığını belirtmektedir (Öner ve Bingöl, 2024).

Spor yaralanmaları ve rehabilitasyon alanında giyilebilir sistemlerin önemi, ölçümün yalnızca laboratuvar ortamıyla sınırlı kalmamasından kaynaklanmaktadır. Klinik ya da saha ortamında kullanılan sensörler sayesinde sporcunun yürüyüşü, koşu paterni, denge performansı, egzersiz uyumu ve yük toleransı düzenli biçimde izlenebilmektedir. Rehabilitasyon hizmetlerinde yapay zekâ uygulamalarını inceleyen Türkçe derleme, kullanıcı algılama donanımı ile elde edilen objektif verilerin tedavinin zaman, yoğunluk, devamlılık ve hız gibi değişkenlerinin daha esnek biçimde yapılandırılmasına katkı sağladığını; ayrıca gerçek zamanlı geri bildirim ve gerçek yaşam simülasyonunun rehabilitasyon sürecine işlevsel destek sunduğunu bildirmektedir (Akalin ve Demirbaş, 2022).

Gerçek zamanlı veri toplama, yapay zekâ temelli sınıflandırma ve tahmin sistemleriyle birlikte kullanıldığında daha işlevsel hâle gelmektedir. Sensörlerden ve mobil uygulamalardan gelen veriler, yalnızca sayı üretmekle kalmayıp sporcunun normal örüntüsünden sapmaları belirlemek, egzersiz tekniğindeki değişimleri saptamak ve yüklenme yanıtlarını karşılaştırmak amacıyla işlenmektedir. Spor sakatlanmalarının önlenmesine yönelik yapay zekâ destekli mobil uygulamaları inceleyen Türkçe derleme, mobil sistemlerin sporcularda yüklenme, hareket formu, egzersiz takibi ve iyileşme sürecinin izlenmesi gibi başlıklarda kullanıldığını aktarmaktadır (Öniz ve Göçer, 2024). Bu yaklaşım, giyilebilir sensörler ile mobil sağlık uygulamalarının birlikte çalıştığı dijital bir izlem yapısına işaret etmektedir (Öniz ve Göçer, 2024).

Giyilebilir teknolojiler rehabilitasyon sürecinde egzersizlerin uygulanış biçiminin değerlendirilmesinde de kullanılmaktadır. Özellikle alt ekstremité yaralanmaları, ameliyat sonrası toparlanma dönemleri ve spora dönüş hazırlığında hareket açıklığı, simetri, tempo, tekrar sayısı ve hareket kalitesi gibi göstergelerin objektif olarak takip edilmesi gerekmektedir. Bu tür sistemler,

rehabilitasyon programında ilerleme ya da gerilemenin erken dönemde belirlenmesine katkı sağlamaktadır. Ortopedi ve spor hekimliğinde tele-rehabilitasyon uygulamalarını inceleyen derleme, uzaktan takip ve sanal rehabilitasyon araçlarının tedavi sürekliliği ile egzersiz denetimini desteklediğini bildirmektedir (Lal vd., 2022). Giyilebilir sensörler bu uzaktan izlem altyapısının temel veri kaynaklarından birini oluşturmaktadır (De Fazio vd., 2023; Lal vd., 2022).

Sporcuya ait verilerin düzenli biçimde toplanması, kişiselleştirilmiş takip açısından da önem taşımaktadır. Her sporcunun yüklenmeye verdiği yanıt, toparlanma süresi, hareket paternleri ve egzersiz toleransı aynı değildir. Bu nedenle giyilebilir sistemlerden elde edilen veriler; bireysel temel düzeyin oluşturulması, olağan dışı değişimlerin saptanması ve antrenman ya da rehabilitasyon içeriğinin yeniden düzenlenmesi açısından kullanılmaktadır. Türkçe literatürde giyilebilir spor teknolojilerine yönelik çalışmalar, bu ürünlerin antrenman programlarının kişiselleştirilmesine, yaralanma risklerinin azaltılmasına ve iyileşme süreçlerinin izlenmesine katkı sağlayabildiğini bildirmektedir (Öner ve Bingöl, 2024). Uluslararası derlemeler de benzer biçimde bu teknolojilerin spor performansı ve rehabilitasyon parametrelerini eşzamanlı izlem için kullanıldığını göstermektedir (De Fazio vd., 2023).

Türkçe çalışmalarda, sporcuların ve spor bilimleri alanındaki bireylerin giyilebilir teknolojilere yönelik farkındalığının ve kullanım algısının arttığı da görülmektedir. Sporcuların giyilebilir teknolojik spor ürünlerine yönelik kullanım algısını inceleyen çalışma, bu ürünlerin spor pratiği içinde görünürlüğünün yükseldiğini göstermektedir (Gayretli vd., 2023). Atletlerin giyilebilir teknolojik spor ürünlerine yönelik tutumlarını inceleyen daha yakın tarihli çalışma da benzer biçimde sporcu grubunda bu cihazlara yönelik ilginin sürdüğünü ortaya koymaktadır (Şahin vd., 2024). Bu yayınlar doğrudan klinik sonuç bildirmemekle birlikte, giyilebilir sistemlerin spor ortamında kullanım yaygınlığını göstermesi bakımından önem taşımaktadır.

Giyilebilir teknolojiler, sensörler ve gerçek zamanlı izlem sistemleri sporcu sağlığı ve rehabilitasyon süreçlerinde veri toplama altyapısını oluşturmaktadır. Bu sistemler, fizyolojik yanıtların takibi, hareket örüntülerinin değerlendirilmesi, egzersiz uygulamasının izlenmesi ve dijital karar desteğinin beslenmesi için kullanılmaktadır. Uluslararası ve Türkçe literatür birlikte değerlendirildiğinde, giyilebilir teknolojilerin spor ortamında gerçek zamanlı veri üretimi sağladığı; rehabilitasyon ve sağlık izlemi açısından daha düzenli, ölçülebilir ve sporcunun bireysel özelliklerine duyarlı bir takip yapısına katkıda bulunduğu görülmektedir (Akalin ve Demirbaş, 2022; De Fazio vd., 2023; Öner ve Bingöl, 2024; Önez ve Göçer, 2024).

Sporcuya Özgü Rehabilitasyon Programlarının Kişiselleştirilmesi

Sporcuya özgü rehabilitasyon programlarının kişiselleştirilmesi, yaralanmanın tipi, doku iyileşme süreci, sporcunun branşı, antrenman geçmişi, önceki sakatlık öyküsü, fonksiyonel kapasitesi ve yük toleransı gibi çok sayıda değişkenin birlikte değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle standart protokollerin tüm sporcular için aynı biçimde uygulanması yerine, bireysel veriye dayalı rehabilitasyon planlaması öne çıkmaktadır. Yapay zekâ temelli yaklaşımlar, büyük veri kümelerini işleyebilme ve bireysel örüntüleri ayırt edebilme özellikleri nedeniyle bu kişiselleştirme sürecinde kullanılmaktadır (Attoh-Mensah vd., 2025; Reis vd., 2024).

Kişiselleştirilmiş rehabilitasyonun temel aşamalarından biri, başlangıç değerlendirmesinin çok boyutlu biçimde yapılmasıdır. Ağrı düzeyi, eklem hareket açıklığı, kas kuvveti, denge, yürüyüş özellikleri, yüklenmeye verilen fizyolojik yanıt ve egzersiz uyumu gibi göstergeler bir arada değerlendirildiğinde, sporcunun mevcut fonksiyonel profili daha ayrıntılı biçimde tanımlanabilmektedir. Giyilebilir sensörlere ilişkin kapsamlı derlemeler, bu teknolojilerin yaşamsal bulguların ve hareket verilerinin doğrudan vücut üzerinden doğru ve invaziv olmayan biçimde toplanmasını sağladığını; rehabilitasyon ve performans takibinde nesnel veri sunduğunu bildirmektedir (De Fazio vd., 2023; Porciuncula vd., 2018).

Yapay zekâ destekli kişiselleştirme, yalnızca verinin toplanmasına değil, verinin sporcunun bireysel özelliklerine göre yorumlanmasına dayanmaktadır. Kişiselleştirilmiş rehabilitasyona ilişkin güncel anlatısal derleme, yapay zekânın bireye özgü tedavi planları oluşturma, devam eden hasta yönetimini destekleme ve terapi oturumlarını gerçek zamanlı olarak uyarlama amacıyla kullanılabildiğini belirtmektedir (Attoh-Mensah vd., 2025). Benzer biçimde spor bilimlerinde yapay zekâ uygulamalarını değerlendiren derleme de yaralanma öngörüsü, performans izlemi ve bireyselleştirilmiş müdahale planlamasının bu alanın temel kullanım başlıkları arasında yer aldığını bildirmektedir (Reis vd., 2024).

Rehabilitasyon programının kişiselleştirilmesinde egzersiz dozunun ayarlanması ayrı bir önem taşımaktadır. Aynı yaralanmaya sahip iki sporcunun yük toleransı, toparlanma hızı ve egzersize verdiği yanıt farklı olabilmektedir. Sensör verileri, egzersiz sırasındaki hareket kalitesi, tempo, tekrar sayısı, simetri ve biyomekanik sapmalar hakkında düzenli bilgi sağlayarak egzersiz ilerlemesinin bireye göre düzenlenmesine katkı sunmaktadır. Giyilebilir sensörler üzerine yapılan derlemeler, bu cihazların objektif performans ve hareket izlemi sağladığını; yalnızca antrenman takibinde değil, rehabilitasyon

parametrelerinin izlenmesinde de işlev gördüğünü göstermektedir (De Fazio vd., 2023; Chidambaram vd., 2022).

Kişiselleştirme sürecinin bir başka boyutu, gerçek zamanlı geri bildirimdir. Hareket algılama sistemleri ve sensör tabanlı uygulamalar, egzersiz sırasında oluşan sapmaları anlık olarak belirleyebilmekte ve uygulanan hareketin kalitesine göre yönlendirme sağlayabilmektedir. Bu yaklaşım, özellikle denge, postür, yürüme, koşu mekaniği ve eklem kontrolü gerektiren rehabilitasyon uygulamalarında kullanılmaktadır. Rehabilitasyon hizmetlerinde yapay zekâ uygulamalarını ele alan Türkçe derleme, kullanıcı algılama donanımına dayalı sistemlerin tedavinin zaman, yoğunluk, devamlılık ve hız gibi bileşenlerinin daha esnek biçimde düzenlenmesine katkı sunduğunu bildirmektedir (Akalin ve Demirbaş, 2022). Spor sakatlanmalarının önlenmesinde yapay zekâ destekli mobil uygulamaları inceleyen Türkçe derleme de egzersiz takibi, yüklenme kontrolü ve iyileşme sürecinin izlenmesinde mobil sistemlerin kullanılabildiğini aktarmaktadır (Öniz ve Göçer, 2024).

Kişiselleştirilmiş rehabilitasyon yalnızca klinik seansların içeriğinin düzenlenmesiyle sınırlı değildir; saha dışı izlem ve uzaktan takip de bu yapının bir parçasıdır. Özellikle ameliyat sonrası dönemlerde ya da kontrollü yüklenme sürecinde sporcunun egzersiz programına uyumu, günlük aktivite profili ve toparlanma göstergeleri düzenli olarak izlenmektedir. Tele-rehabilitasyon ve dijital rehabilitasyon uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar, uzaktan takip sistemlerinin rehabilitasyon hizmetlerinin sürekliliğini desteklediğini ve bireysel uyarlamaların klinik ziyaretler arasındaki dönemde de sürdürülebilmesine katkı sağladığını göstermektedir (Lal vd., 2022).

Türkçe spor literatüründe de yapay zekâ ve kişiselleştirme ilişkisine dikkat çeken yayınlar bulunmaktadır. Beden eğitimi ve spor alanında yapay zekâ ile ilgili lisansüstü tezleri inceleyen bibliyometrik çalışma, Türkiye’de 2024 yılı itibarıyla bu alandaki akademik ilginin belirgin biçimde arttığını göstermektedir (Özlekli, 2025). Giyilebilir spor teknolojilerine yönelik Türkçe derleme ise bu ürünlerin antrenman programlarının kişiselleştirilmesi, performans takibi ve sağlık göstergelerinin izlenmesi açısından spor yönetimi ve uygulama süreçlerinde önem kazandığını bildirmektedir (Öner ve Bingöl, 2024). Bu yayınlar, sporcuya özgü veri temelli yaklaşımın Türkçe literatürde de görünür hâle geldiğini göstermektedir.

Sporcuya özgü rehabilitasyon programlarının kişiselleştirilmesi, ölçümden karar desteğine uzanan bütüncül bir yapı içinde değerlendirilmektedir. Başlangıç değerlendirmesi, sensör tabanlı izlem, gerçek zamanlı geri bildirim, egzersiz dozunun bireyselleştirilmesi ve uzaktan takip uygulamaları birlikte ele alındığında, yapay zekâ destekli sistemlerin rehabilitasyon planının sporcunun

bireysel gereksinimlerine göre düzenlenmesini desteklediği görülmektedir (Attoh-Mensah vd., 2025; De Fazio vd., 2023; Öner ve Bingöl, 2024).

Güncel Araştırmalar

Son yıllarda yayımlanan çalışmalar, sporcu sağlığı ve rehabilitasyon süreçlerinde yapay zekâ kullanımının üç ana hatta yoğunlaştığını göstermektedir: yaralanma riskinin öngörülmesi, sensör ve izlem sistemleriyle veri temelli takip yapılması ve rehabilitasyon çıktılarının dijital yöntemlerle desteklenmesi. 2024 ve 2025 yıllarında yayımlanan derleme ve sentez çalışmaları, bu alanın özellikle makine öğrenmesi, giyilebilir teknolojiler ve kişiselleştirilmiş rehabilitasyon uygulamaları çevresinde genişlediğini bildirmektedir (Burger vd., 2024; Leckey vd., 2025; Luo ve Wang, 2025; Reis vd., 2024).

Yaralanma riskinin öngörülmesine yönelik en güncel sentezlerden biri, 2025 yılında *British Journal of Sports Medicine*'da yayımlanan kapsam derlemesidir. Bu çalışmada sporla ilişkili yaralanma tahminine odaklanan makine öğrenmesi araştırmalarının mevcut durumu değerlendirilmiş; veri heterojenliği, modele özgü değişkenler ve alan özgü etkenlerin tahmin performansını belirleyen temel unsurlar arasında yer aldığı belirtilmiştir (Leckey vd., 2025). Daha önceki sistematik derlemelerle birlikte değerlendirildiğinde, güncel literatürde yük yönetimi, önceki yaralanma öyküsü, kuvvet profili, GPS verileri ve çok değişkenli izlem çıktılarının aynı model içinde ele alındığı bir araştırma çizgisi öne çıkmaktadır (Leckey vd., 2025; Van Eetvelde vd., 2021).

İzlem sistemlerine ilişkin güncel yayınlar da sporcu sağlığının yalnızca tekil testlerle değil, sürekli veri akışı üzerinden değerlendirildiğini göstermektedir. 2024 yılında yayımlanan derleme, sporcu izlem sistemlerinin farklı veri kaynaklarını merkezi bir platformda birleştirerek yüksek maç ve antrenman yükü altındaki sporcuların yönetiminde kullanıldığını bildirmektedir (Burger vd., 2024). Bu yaklaşım, kalp atım hızı, dış yük, toparlanma göstergeleri, hareket kalitesi ve biyomekanik verilerin birlikte değerlendirilmesine dayanmaktadır (Burger vd., 2024). Benzer biçimde spor bilimlerinde yapay zekâyâ ilişkin 2024 tarihli derleme, performans analizi ile sağlık izleminin giderek daha fazla ortak veri altyapısı üzerinden yürütüldüğünü belirtmektedir (Reis vd., 2024).

Rehabilitasyon alanındaki güncel araştırmalar, özellikle dijital egzersiz platformları, geri bildirim sistemleri, exergaming, tele-rehabilitasyon ve robotik destekli uygulamalar üzerinde yoğunlaşmaktadır. 2025 yılında yayımlanan ağ meta-analizi, yapay zekâ destekli rehabilitasyon stratejilerini ağrı, fonksiyonel sonuçlar ve eklem hareket açıklığı bakımından karşılaştırmış; bu stratejilerin kas-iskelet sistemi rehabilitasyonunda farklı sonuç değişkenlerine göre değişen etkinlik profilleri sunduğunu bildirmiştir (Luo ve Wang, 2025). Aynı dönemde

yayımlanan kişiselleştirilmiş rehabilitasyon derlemesi de yapay zekânın bireye özgü tedavi planı oluşturma, gerçek zamanlı veri değerlendirme ve takip sürecini uyarlama amaçlarıyla ele alındığını belirtmektedir (Attoh-Mensah vd., 2025).

Güncel araştırmaların bir diğer yönü, sensör destekli ölçüm sistemlerinin saha ve klinik ortam arasında köprü kurmasıdır. Giyilebilir sensörlere ilişkin önceki kapsamlı derlemeler ile son dönem anlatısal değerlendirmeler birlikte incelendiğinde, hareket kalitesi, yük toleransı, yorgunluk örüntüsü ve egzersiz uyumu gibi değişkenlerin artık daha düzenli ve tekrarlanabilir biçimde izlendiği görülmektedir (Chidambaram vd., 2022; Reis vd., 2024). Bu araştırma hattı, rehabilitasyonun yalnızca klinik gözleme değil, sürekli ölçülebilir veri akışına dayalı biçimde ilerlediğini ortaya koymaktadır (Chidambaram vd., 2022; Burger vd., 2024).

Yurtiçi literatürde de son dönemde spor bilimleri ve yapay zekâ ilişkisini ele alan çalışmalar artmıştır. 2024 yılında yayımlanan derleme, yapay zekâ destekli mobil uygulamaların spor sakatlanmalarının önlenmesi, takibi ve iyileştirilmesi üzerindeki etkilerini literatür temelli olarak incelemiştir (Öniz ve Göçer, 2024). 2025 tarihli bir başka Türkçe derleme ise yapay zekânın spor bilimlerinde veri odaklı dönüşüm üzerindeki etkisini ele almış ve giyilebilir teknolojiler, veri analitiği ve yapay zekâ uygulamalarını spor alanındaki güncel yönelimler arasında değerlendirmiştir (Sarıkabak ve Vural, 2025). Bu yayınlar, Türkiye’deki akademik ilginin daha çok derleme niteliğindeki çalışmalar üzerinden geliştiğini, uygulamalı ve deneysel araştırmaların ise sınırlı olduğunu göstermektedir (Öniz ve Göçer, 2024; Sarıkabak ve Vural, 2025).

Mevcut araştırma çizgisi birlikte değerlendirildiğinde, 2024–2025 dönemindeki yayınların sporcu sağlığı ve rehabilitasyonunda yapay zekâyı doğrudan üç işlev üzerinden ele aldığı görülmektedir: risk belirleme, sürekli izlem ve kişiselleştirilmiş müdahale planlaması. Güncel literatür, bu alanın özellikle çok değişkenli veri kullanımı, dijital takip sistemleri ve rehabilitasyon çıktılarının nicel olarak izlenmesi ekseninde ilerlediğini kaydetmektedir (Leckey vd., 2025; Luo ve Wang, 2025; Reis vd., 2024). Türkçe literatürde ise kavramsal ve derleme temelli yayınların ön planda olduğu, sporcu örneklemeleri üzerinde yürütülen özgün uygulama araştırmalarına daha fazla ihtiyaç bulunduğu anlaşılmaktadır (Öniz ve Göçer, 2024; Sarıkabak ve Vural, 2025).

Sonuç ve Öneriler

Sporcu sağlığı ve rehabilitasyon süreçlerinde yapay zekâ kullanımı, güncel literatürde başlıca yaralanma riskinin belirlenmesi, tanılama ve klinik karar desteği, rehabilitasyon sürecinin izlenmesi, giyilebilir teknolojiler aracılığıyla gerçek zamanlı veri toplanması ve bireyselleştirilmiş rehabilitasyon

programlarının oluşturulması ekseninde ele alınmaktadır (Reis vd., 2024; Van Eetvelde vd., 2021). Yapılan alışmalar, makine öğrenmesi ve sensör tabanlı izlem sistemlerinin sporcularda yüklenme örüntülerini, hareket kalitesini, toparlanma durumunu ve yaralanma riskini değerlendirmede kullanılabildiğini göstermektedir (Burger vd., 2024; Chidambaram vd., 2022). Rehabilitasyon alanındaki güncel sentez çalışmalarında da yapay zekâ destekli uygulamaların ağrı, fonksiyonel sonuçlar ve eklem hareket açıklığı gibi değişkenler üzerinden değerlendirildiği bildirilmektedir (Luo ve Wang, 2025).

Literatürde ne çıkan ortak nokta, yapay zekâ uygulamalarının sporcu sağlığında tek başına bağımsız bir uygulama alanı oluşturmaktan çok, klinik değerlendirme, performans izlemi ve rehabilitasyon planlamasını destekleyen veri temelli araçlar olarak kullanılmasıdır (Oetl vd., 2025; Paschos, 2021). Özellikle yaralanma riskinin belirlenmesine yönelik araştırmalar, çok değişkenli veri yapısının işlenmesinde makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanıldığını; ancak model performanslarının örneklem, spor dalı ve veri kalitesine göre değişebildiğini göstermektedir (Leckey vd., 2025; Van Eetvelde vd., 2021). Benzer biçimde rehabilitasyon sürecinde sensör destekli izlem, tele-rehabilitasyon ve hareket geri bildirim sistemleri, egzersizlerin uygulanış biçiminin ve iyileşme sürecinin daha düzenli takip edilmesine katkı sağlamaktadır (De Fazio vd., 2023; Lal vd., 2022).

Türkçe literatür incelendiğinde, yapay zekâ ve sporcu sağlığı ilişkisini ele alan çalışmaların son yıllarda artış gösterdiği; buna karşın mevcut yayınların önemli bölümünün derleme, bibliyometrik değerlendirme veya kavramsal inceleme niteliğinde olduğu görülmektedir (Akalin ve Demirbaş, 2022; niz ve Göçer, 2024; zlekli, 2025; Sarıkabak ve Vural, 2025). Giyilebilir spor teknolojileri ve diğital uygulamalar zerine Türkçe yayınlar, spor ortamında veri temelli takip yaklaşımının giderek görünür hâle geldiğini ortaya koymaktadır (Kılıç, 2023; ner ve Bingöl, 2024; şahin vd., 2024). Bununla birlikte Türk sporcu örneklemleri üzerinde yrtlen, klinik ve saha verisini birlikte değerlendiren uygulamalı araştırmaların sayısı sınırlıdır.

Bu nedenle gelecek çalışmalarda, farklı spor branşlarında yaralanma türlerine özgü veri tabanlarının oluşturulması, sporcuya ait yüklenme, toparlanma ve fonksiyonel performans verilerinin birlikte değerlendirildiği uzunlamasına araştırma desenlerinin kullanılması ve rehabilitasyon sürecine özgü yapay zekâ modellerinin gerçek sporcu örneklemleri üzerinde sınanması önem taşımaktadır (Leckey vd., 2025; Luo ve Wang, 2025). Ayrıca giyilebilir teknolojilerden elde edilen verilerin fizyoterapi, spor hekimliği ve antrenman bilimi alanlarının ortak değerlendirmesine aılması, sporcuya özgü rehabilitasyon planlarının daha

sistemli biçimde oluşturulmasına katkı sağlayacaktır (De Fazio vd., 2023; Öner ve Bingöl, 2024).

Uygulama açısından değerlendirildiğinde, spor kulüpleri, performans merkezleri ve rehabilitasyon birimlerinde dijital izlem sistemlerinin kullanımı; sporcu yüklenmesinin düzenli takibi, egzersiz uyumunun değerlendirilmesi, spora dönüş sürecinin nesnel ölçütlerle desteklenmesi ve bireyselleştirilmiş rehabilitasyon programlarının planlanması bakımından önem taşımaktadır (Burger vd., 2024; Lal vd., 2022). Bu çerçevede sporcu sağlığı ve rehabilitasyon süreçlerinde yapay zekâ, ölçülebilir verilerin klinik ve uygulamalı karar süreçlerine aktarılmasını sağlayan güncel bir çalışma alanı olarak değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- Akalın, B., ve Demirbaş, M. B. (2022). Rehabilitasyon Hizmetlerinde Yapay Zekâ Uygulamaları. *Acta Infologica*, 6(2), 141-161. <https://doi.org/10.26650/acin.1068576>
- Attoh-Mensah, E., Boujut, A., Desmons, M., ve Perrochon, A. (2025). Artificial intelligence in personalized rehabilitation: Current applications and a SWOT analysis. *Frontiers in Digital Health*, 7, 1606088. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2025.1606088>
- Ayala, F., López-Valenciano, A., Gámez Martín, J. A., De Ste Croix, M., Vera-Garcia, F. J., García-Vaquero, M. P., Ruiz-Pérez, I., ve Myer, G. D. (2019). A preventive model for hamstring injuries in professional soccer: Learning algorithms. *International Journal of Sports Medicine*, 40(5), 344-353. <https://doi.org/10.1055/a-0826-1955>
- Burger, J., Henze, A.-S., Voit, T., Latzel, R., ve Moser, O. (2024). Athlete monitoring systems in elite men's basketball: Challenges, recommendations, and future perspectives. *Translational Sports Medicine*, 2024, 6326566. <https://doi.org/10.1155/2024/6326566>
- Chidambaram, S., Sugumaran, V., Sreedharan Nair, B., Joy, J., Ali, P. P., Wang, Y., Kumar, R. P. S., Mariappan, V. K., Amirthalingam, P., ve Jaganathan, K. (2022). Using artificial intelligence-enhanced sensing and wearable technology in sports medicine and performance optimisation. *Sensors*, 22(18), 6920. <https://doi.org/10.3390/s22186920>
- De Fazio, R., Mastronardi, V. M., Visconti, P., Lanzolla, A. M. L., Corona, F., ve Moretta, T. (2023). Wearable sensors and smart devices to monitor rehabilitation parameters and sports performance: An overview. *Sensors*, 23(4), 1856. <https://doi.org/10.3390/s23041856>
- Droppelmann, G., Rodríguez, C., Jorquera, C., ve Feijoo, F. (2024). Artificial intelligence in diagnosing upper limb musculoskeletal disorders: A systematic review and meta-analysis of diagnostic tests. *EFORT Open Reviews*, 9(4), 241-251. <https://doi.org/10.1530/EOR-23-0174>
- Gayretli, Z., Zengin, S., Çelik, A., ve Özmutlu, İ. (2023). *Sporcuların Giyilebilir Teknolojik Spor Ürünlerini Kullanım Algı Düzeylerinin İncelenmesi*. 6(3), 136-146. <https://izlik.org/JA78JB93KZ>
- Granviken, F., Vasseljen, O., Bach, K., Jaiswal, A., ve Meisingset, I. (2024). Decision support for managing common musculoskeletal pain disorders: Development of a case-based reasoning application. *JMIR Formative Research*, 8, e44805. <https://doi.org/10.2196/44805>
- Haller, N., Tschan, H., Bileck, A., Spörri, J., ve Burtscher, M. (2023). Predicting injury and illness with machine learning in elite youth football players: A

- holistic, prospective monitoring approach. *Journal of Sports Science and Medicine*, 22(3), 476-487. <https://doi.org/10.52082/jssm.2023.476>
- Jiang, Z., Zhao, X., Du, H., Wang, C., ve Feng, W. (2022). A systematic review of the relationship between workload and injury risk of professional male soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13237. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013237>
- Lal, H., Mohanta, S., Kumar, J., Patralekh, M. K., Lall, L., Katariya, H., ve Arya, R. K. (2022). Telemedicine-rehabilitation and virtual reality in orthopaedics and sports medicine. *Indian Journal of Orthopaedics*, 57(1), 7-19. <https://doi.org/10.1007/s43465-022-00766-6>
- Leckey, C., van Dyk, N., Doherty, C., Lawlor, A., ve Delahunt, 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. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2024-108576>
- Luo, Z., ve Wang, Y. (2025). Effectiveness of AI-assisted rehabilitation for musculoskeletal disorders: A network meta-analysis of pain, range of motion, and functional outcomes. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13, 1660524. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2025.1660524>
- Martins, F., Przednowek, K., França, C., Lopes, H., Nascimento, M. M., Sarmento, H., Marques, A., Ihle, A., Henriques, R., ve Gouveia, É. R. (2022). Predictive modeling of injury risk based on body composition and selected physical fitness tests for elite football players. *Journal of Clinical Medicine*, 11(16), 4923. <https://doi.org/10.3390/jcm11164923>
- Matijevich, E. S., Scott, L. R., Volgyesi, P., Derry, K. H., ve Zelik, K. E. (2020). Combining wearable sensor signals, machine learning and biomechanics to estimate tibial bone force and damage during running. *Human Movement Science*, 74, 102690. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2020.102690>
- Oettl, F. C., Chlap, P., Gsaxner, C., Simon, A., Calandriello, L., Hajdu, S., ve Langs, G. (2025). Artificial intelligence-assisted analysis of musculoskeletal imaging—A narrative review of the current state of machine learning models. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 33, 284. <https://doi.org/10.1002/ksa.12864>
- Öner, İ., ve Bingöl, Ş. (2024). Giyilebilir spor teknolojilerin spor yönetiminde kullanımı ve etkileri. *İnönü Üniversitesi Gelişim ve Dijitalleşme Araştırmaları Spor Bilimleri Dergisi*, 7(2), 10-17. <https://doi.org/10.48133/igdirsd.1584116>

- Öniz, M. ve Göçer, İ. (2024). Yapay Zekâ Destekli Mobil Uygulamaların Spor Sakatlanmalarının Önlenmesinde Etkisi. *Egzersiz Ve Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 4 (2), 74-92. <https://izlik.org/JA36FF54LL>
- Özlekli, M. (2025). Beden Eğitimi ve Spor Alanında Yapay Zekâ ile İlgili Lisansüstü Tezlerin Bibliyometrik Analizi. *Yalova Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 4(1), 54-70. <https://doi.org/10.70007/yalovaspor.1637990>
- Paschos, N. K. (2021). Editorial commentary: Artificial intelligence in sports medicine diagnosis needs to improve. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 37(2), 782-783. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2020.11.023>
- Porciuncula, F., Roto, A. V., Kumar, D., Davis, I., Roy, S., Walsh, C. J., ve Awad, L. N. (2018). Wearable movement sensors for rehabilitation: A focused review of technological and clinical advances. *PM&R*, 10(9 Suppl. 2), 220-232.
- Reis, F. J. J., Alaiti, R. K., Vallio, C. S., ve Hespanhol, L. (2024). Artificial intelligence and machine learning approaches in sports: Concepts, applications, challenges, and future perspectives. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 28(3), 101083. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2024.101083>
- Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F. M., Fernández, J., ve Medina, D. (2018). Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. *PLoS ONE*, 13(7), e0201264. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201264>
- Sarıkabak, M., ve Vural, E. (2025). Yapay Zekâ ile Spor Bilimlerinde Veri Odaklı Dönüşüm. *Spor ve Bilim Dergisi*, 3(2), 182-197. <https://izlik.org/JA79EE42RJ>
- Şahin, M. Y., Tolukan, E., Güler, H., Altınışik, Ü., ve Saraçoğlu, M. (2024). Atletlerin Giyilebilir Teknolojik Spor Ürünlerine Yönelik Tutumlarının İncelenmesi. *Iğdır Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 7(2), 18-24. <https://doi.org/10.48133/igdirsd.1515348>
- Van Eetvelde, H., Mendonça, L. D., Ley, C., Seil, R., ve Tischer, T. (2021). Machine learning methods in sport injury prediction and prevention: A systematic review. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 8(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s40634-021-00346-x>

Bölüm V

TENİS SPORUNDA YAPAY ZEKÂ ENTEGRASYONU: PERFORMANS ANALİTİĞİ, ANTRENMAN BİLİMİ, HAKEMLİK TEKNOLOJİLERİ VE DİJİTAL EKOSİSTEM

Burcu YAMAN¹
Berat KOÇYİĞİT²

¹ Lisans Öğrencisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Isparta, Türkiye, e-mail: burcuyaman@sdu.edu.tr, ORCID ID: 0009-0008-9895-2750

² Doç. Dr., Süleyman Demirel Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Isparta, Türkiye, e-mail: beratkocyigit@sdu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-0853-204X

Giriş

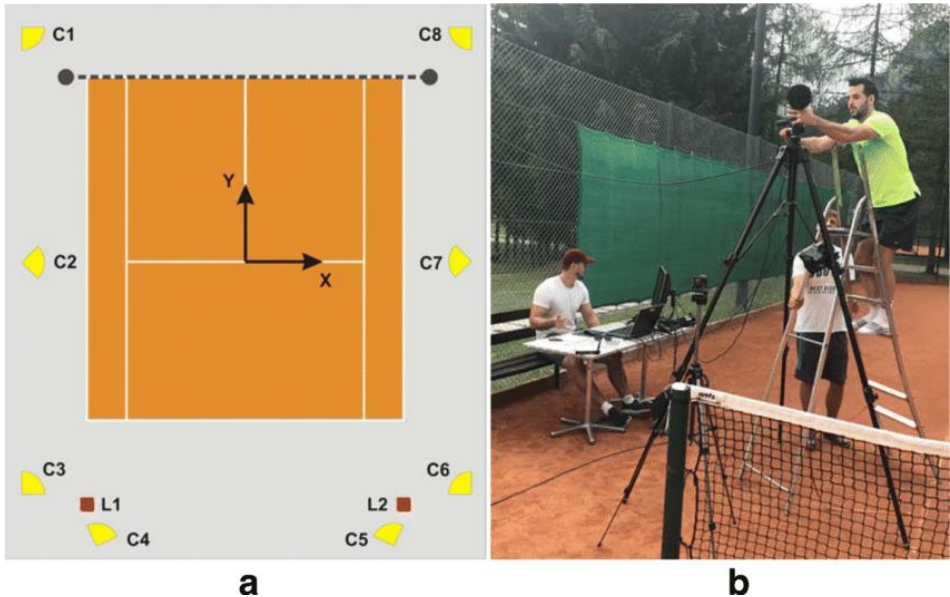
Zekâ; akılcı ve soyut düşünme, çevreyle etkili bir şekilde başa çıkma, yeni durumlara uyum sağlama, öğrenme, deneyimlerden yararlanma ile sözel ve mantıksal akıl yürütme gibi becerilerini ifade etmektedir (Gürel ve Tat, 2010). Yapay zekâ, bilgisayarların karmaşık görevleri yerine getirebilmesi, verileri analiz edebilmesi, veriler arasındaki düzenlilikleri tanıyabilmesi, karar verme süreçlerini ve öğrenmek gibi zekâ işlevlerini kapsamaktadır (Ustalar vd., 2023). Başka bir ifade ile yapay zekâ; çeşitli teori, teknoloji ve bilimsel gelişmeler doğrultusunda bilgisayarların ya da bilgisayar kontrollü sistemlerin, karar verme, metin analizi ve robotik gibi çok sayıda uygulama alanlarını kapsayan son derece geniş bir kavram olarak özellikle insanlara özgü bilişsel yetenekleri insana benzer şekilde yerine getirebilme kapasitesi olarak ifade edilmektedir (Rotenberg, 2019; Khanam vd., 2019; Okay ve Bal, 2021). Yapay zekâ kavramı kendi içinde farklı alt bileşenlerden oluşan çok boyutlu bir yapıya sahiptir. Bu bileşenler; makine öğrenmesi, derin öğrenme, yapay sinir ağları ve doğal dil işleme olarak sınıflandırılmaktadır (Goodfellow vd., 2016). Makine öğrenimi (ML), geleneksel programlama yöntemlerinin yetersiz olduğu durumlarda, karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan algoritma ve teknikleri inceleyen, yapay zekânın bir alt disiplini olan bilgisayar bilimi alanıdır (Rebala vd., 2019). Bu yöntem, bilgisayarların doğrudan programlanmak yerine veriye dayalı deneyimler yoluyla bilgi edinmesini sağlar. Böylece insan müdahalesine gereksinim duymadan, karmaşık problemleri çözebilmekte ve zamanla daha hızlı ve etkili performans sergileyebilmektedir (Çıplak, 2024). Yapay zekanın en önemli uygulama bileşenlerinden olan derin öğrenme (DL); büyük veri gereksinimi nedeniyle bu alanda en hızlı gelişen ve büyüyen alanlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Dong vd., 2021; LeCun vd., 2015). Derin öğrenme, yapay sinir ağlarına dayalı çok katmanlı yapay zekâ modelleri kullanarak karmaşık problemlerin çözümünü amaçlayan, makine öğreniminin bir alt alanıdır. Katmanlı bir yapıya sahip olup, bu modellerde her katman, bir önceki katmandan gelen çıktıyı girdi kabul ederek işlemektedir (Deng ve Yu, 2013). Yapay sinir ağları (YSA), biyolojik sinir sistemlerinden esinlenerek tasarlanmış ve yapay zekânın önemli bir alt alanlarından birini oluşturan matematiksel modelleme sistemleridir. Bu sistemler; veri analizi, ses tanıma ve örüntü tanıma gibi birden fazla görevin yerine getirilmesinde kullanılmaktadır (Alşahin, 2015). Son olarak da Doğal dil işleme (NLP), bilgisayar sistemlerinin insan dilini anlama, yorumlama ve üretme süreçlerinde kullandığı bir alandır. Bu teknikler; konuşma tanıma, metin analizi, dil çevirisi ve duygu analizi gibi çeşitli uygulama alanlarında kullanılır (Khurana vd., 2023). Doğal dil işleme, konuşma ve metinlerin analiz edilerek makine tarafından tanınmasını ve işlenmesini sağlar (Dayan ve Yılmaz, 2022). Doğal dil

işleme teknolojisi, bilgisayarların doğal insan dillerinde yöneltile sorulara yanıt verebilmesini ve yazılı metinleri çözümleyerek anlamlandırabilmesini sağlamaktadır (Babacan, 2021). Küresel ölçekte önem kazanan dijital dönüşümün en önemli bileşenlerinden olan yapay zekâ, spor endüstrisi ve spor bilimlerini de önemli ölçüde etkilemiştir (Ramkumar vd., 2021). Spor bilimlerinde yapay zekâ uygulamaları, büyük oranda makine öğrenmesi, derin öğrenme ve veri madenciliği tekniklerine dayanmaktadır. Bu teknikler sayesinde sporculara ait performans verileri analiz edilmekte ve elde edilen bulgular sonucunda antrenörlere uygulanabilir ve pratik öneriler sunulmaktadır (Bunker ve Thabtah, 2019). Spor etkinliklerinin gözlenmesi ve analiz edilmesi, performansın geliştirilmesi ve stratejik planlama açısından önemli bir rol oynamaktadır (Bingboğa vd., 2012). Sporda yapay zekâ, son yıllarda kullanımı hızla artan ve spor alanında farklı uygulamalara olanak tanıyan bir teknolojik yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Yapay zekâ; veri analizi (Sarıkabak ve Vural, 2025), performans değerlendirmesi, antrenman programlarının planlanması (Bayram, 2025), strateji geliştirme ve birçok alanda etkili bir şekilde kullanılabilir (McCabe ve Trevathan, 2008). Spor alanında teknolojinin üst düzeyde kullanılması, birçok spor branşında hızlı gelişmelerin ve ilerlemelerin görülmesini sağlamaktadır (Haake, 2009). Maç içi analizler; başarı, turnuva ve notasyon analizi ile birlikte farklı performans değişkenlerinin değerlendirilmesini kapsamakta ve bu sayede oyun sürecinin daha sağlıklı modellenmesine katkı sağlamaktadır. Böylece antrenörler, takımların maç içi uygulamaları ile farklı organizasyonlarda kullanılan stratejilere ilişkin daha fazla veri elde edebilmektedir (Vurgun vd., 2023). Ayrıca dijital ortamdaki sanal egzersiz performans uygulamalarının, bireylerin motivasyonel ve psikolojik durumları üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu belirtilmektedir (Gumusgul vd., 2025). Yapay zekanın spor dünyasına bütünleştirilmesiyle futbol, basketbol ve tenis gibi spor branşları yapay destekli analizlerle daha hızlı ve stratejik hale gelebilir (Yang ve ark., 2024). Özellikle veri yoğun yapısı ve teknik-taktik karmaşıklığı nedeniyle tenis branşı, yapay zekâ uygulamalarının spor bilimleriyle entegrasyonu açısından öne çıkan alanlardan biri olarak değerlendirilmektedir (Sampaio vd., 2024). Tenis branşında yapay zekâ temelli teknolojilerin kullanımı, hakem kararlarının desteklenmesi, sporcuların performans ve antrenman süreçlerini geliştirmesi gibi pek çok alanda önemli katkılar sağlamaktadır (Kim vd., 2023). Buna ek olarak, topun hızı, atış açısı ve diğer önemli parametrelerin kaydedilmesi, maç sonrası analizlerde sporcuların ve antrenörlerin performans değerlendirmelerine önemli katkılarda bulunur (Stănescu, 2018). Yapay zekâ, tenis müsabakalarında oyuncuların teknik ve taktiksel seçimlerini analiz ederek,

oyuncuların güçlü ve zayıf yönlerini belirlemekte; bu sayede antrenörlere strateji geliştirmede destek sağlamaktadır (Whiteside vd., 2017).

1.Teniste Yapay Zekâ ve Performans Analizi

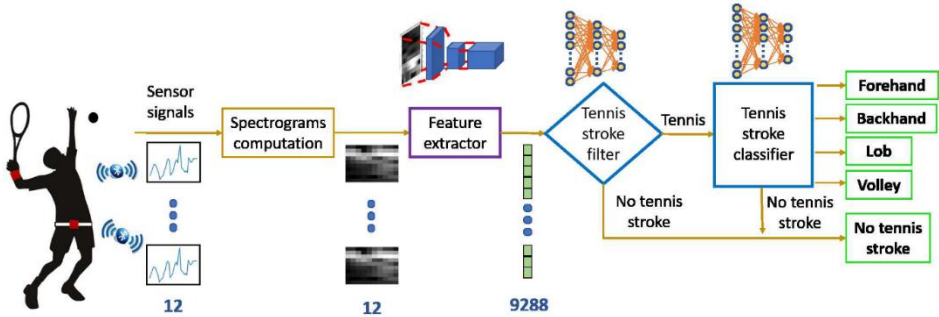
Son yıllarda spor bilimlerinde dijitalleşme ile birlikte yapay zekâ (YZ) teknolojileri performans analizi süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yapay zekâ teknolojileri, sporcuların performansına ilişkin göstergelerinin daha güvenilir bir şekilde ölçülmesine ve gelişim süreçlerine dair varsayımların yapılmasına imkân sağlamaktadır (Çar, 2023). Sensörler ve kameralar aracılığı ile elde edilen sonuçlar, yapay zekâ programları tarafından işlenerek sporcuların hareketlerinin ayrıntılı olarak analiz edilmesini ve performanslarını objektif olarak değerlendirmesini sağlamaktadır (Barris ve Button, 2008). Tenis branşı, dinamik yapısı, yüksek tempoda ilerleyen oyun akışı ve çok boyutlu teknik-taktik unsurları nedeniyle yapay zekâ uygulamalarına yönelik en uygun spor branşlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Literatürde yapay zekânın teniste kullanımı; teknik ve taktik analiz, performans tahmini ve karar destek sistemleri başlıkları altında ele alınmaktadır (Sampaio vd., 2024).



Görsel 1. Kamera tabanlı biyomekanik analiz (Barris ve Button, 2008)

1.1 Teknik ve Taktik Analiz

Teknik analiz, tenis oyuncularının servis hızı, spin oranı, vuruş açısı, topun düşüş noktası ve biyomekanik özelliklerinin değerlendirilmesini kapsar. Bilgisayarla görme (Computer Vision) ve derin öğrenme (DL) tabanlı sistemler, video görüntülerinden oyuncu ve top takibi yaparak teknik verileri otomatik olarak elde etmektedir. Bu sistemler özellikle servis mekaniği ile forehand ve backhand vuruşlarında açı ve zamanlamanın analiz edilmesinde yüksek oranda doğruluk sunmaktadır (Shen, Sun ve Chen, 2025). Taktik analiz, oyuncuların maç sırasında karar verme süreleri, kort içi pozisyonlanma, servis-karşılama taktikleri ve puan kazanma stratejilerinin değerlendirilmesini içerir (Sampaio vd., 2024). Güncel literatürde teknik ve taktik analizlerin bütüncül bir performans modeli içerisinde ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Buna bağlı olarak yapay zekâ, teknik veriler (vuruş türü, hız, açı) ile taktik verileri (pozisyon, oyun stratejisi, puan yapısı) aynı anda değerlendirebilme kapasitesine sahip olup, antrenman programlarının geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Determining the Tactical and Technical Level..., 2023).



Görsel 2. Giyilebilir sensörler ve derin öğrenme ile tenis vuruşlarının tespiti (Sensors, 2019)

2. Yapay Zekâ Destekli Antrenman ve Eğitim Süreçleri

Yapay zekâ destekli antrenman sistemleri, elde edilmesi güç olan geleneksel yöntemlere göre çeşitli avantajlar sunmaktadır. Geleneksel yöntemlerde antrenman yükü ve toparlanma süreçleri gözleme dayalı olarak değerlendirilirken, yapay zekâ temelli teknolojiler objektif verilere dayanarak daha hassas ve kapsamlı analizler gerçekleştirebilmektedir. Bu teknolojiler, sakatlık riskini öngörerek aşırı yüklenmeyi önleyebilmekte, en verimli antrenman programlarını belirleyebilmekte ve sporcuların kişisel olarak güçlü ve geliştirilmesi gereken yönlerini ayrıntılı biçimde analiz edebilmektedir (Zhang vd., 2023). Sporcuların daha iyi ve verimli antrenman yapması, iyileşme

sürecinin daha hızlı olması ve daha iyi performans göstermesi konusunda teknolojinin çok önemli katkıları olduğu görülmektedir (Schmidt, 2020). Yapay zekâ eğitimleri ve bu teknolojinin kullanımı spor antrenörlüğü alanında da önemli katkılar sağlamaktadır. Antrenörler yapay zekâ destekli sistemleri kullanarak antrenman geliştirme ve uygulama becerilerini arttırabilmekte ve pratik egzersiz programları oluşturarak sporcuların performanslarını sistematik şekilde takip edebilmektedirler (Huang vd., 2024).



Görsel 3. Tenis raketine entegre edilen Sony Smart Tennis Sensor cihazı, (Sony Corporation, 2015)

2.1 Kişiselleştirilmiş Antrenman

Yapay zekâ destekli sistemler, sporcuların geçmiş antrenman yükleri, performans çıktıları ve toparlanma sürelerini bütüncül olarak değerlendirerek hangi yüklenme düzeylerinin olumlu adaptasyon sağladığını tespit edebilmektedir. Bu doğrultuda antrenman planlaması, genel ilkelerin ötesine geçerek sporcunun bireysel yanıt özelliklerine göre şekillendirilmektedir (Günay ve Yıldız, 2018). Giyilebilir teknolojiler, özellikle sensörlerle donatılmış ayakkabılar, sporcuların hareket verilerinin izlenmesi ve analiz edilmesini kolaylaştırmaktadır (Toledo vd., 2012). Elde edilen bu veriler doğrultusunda, sporcuların kişisel özellikleri ve performans hedefleri göz önünde bulundurularak kişiselleştirilmiş antrenman programları oluşturulmaktadır (Araújo vd., 2021). Zayıf yönlere odaklanan akıllı antrenman programları, sporcunun teknik, fiziksel ve taktiksel eksiklerini belirleyerek bu alanlara yönelik hedefli müdahalelerde bulunan yapay zekâ tabanlı uygulamalardır. Performans verilerinin analiziyle bireysel güçlü ve gelişime açık yönleri sınıflandıran bu uygulamalar, özellikle

tenis gibi bireysel sporlarda antrenman verimliliğini ve performans gelişimini artırmaktadır. Literatürde, bireye özgü ve eksiklik temelli antrenman yaklaşımlarının performans artışını desteklediği belirtilmektedir (Sevim, 2010; Ersöz ve İnal, 2020).

3. Dijital ve Sanal Koçluk

Günümüzde spor sadece fiziksel sağlığı destekleyen bir etkinlik olmanın ötesine geçerek dijitalleşme süreci ile birlikte teknolojiye önemli ölçüde etkilenmiştir. Özellikle giyilebilir teknolojiler sporculara gerçek zamanlı veriler sunarak performans, sağlık takibi ve kişiselleştirilmiş antrenman programlarının oluşturulmasına önemli bir olanak tanımaktadır. Bu da sporun dijital dönüşümünü hızlandıran temel unsurlar arasında yer almaktadır (Yılmaz, 2024; Aydın ve Aydın, 2024). Akıllı saatler, bileklikler ve benzeri giyilebilir cihazlar; sporcuların egzersiz sürecinde kalp atım hızı, kan basıncı ve benzeri fizyolojik verileri takip edebilecek şekilde tasarlanmaktadır. Bu teknolojiler topladıkları verileri akıllı sistemlerle entegre ederek sporcuların sağlık durumlarını ve performanslarını daha etkili bir şekilde takip etmelerine olanak tanımaktadır (Thierer, 2015; Çakır vd., 2018). Özellikle tenis gibi bireysel spor dallarında, dijital koçluk sistemleri antrenman sürekliliğini sağlama ve objektif geri bildirim sunma açısından önemli bir araç haline gelmiştir (Sampaio vd., 2024). Tenis branşına yönelik yapılan çalışmalarda, bilgisayarla görme tabanlı sanal koçluk sistemlerinin sporcuların vuruş doğruluğunu ve hareket verimliliğini artırdığı belirtilmektedir (Nakkeeran vd., 2025).



Görsel 4. IBM Corporation ve United States Tennis Association, (USTA, 2019)

3.1 Yorgunluk ve Sakatlık Önleme

Zone7, 2017 yılında kurulan ve sporcu performansı ile sporcu sakatlığını analiz etmeye yönelik bir yapay zekâ aracıdır (Lemire, 2024). Zone7, oyuncuların sakatlanma risklerini ve zaman kaybı gibi bilgilerini değerlendirir ve performansı artırmak için yöneticilere rapor halinde sunar (Zone7, 2024). Yapay zekâ; rakipler hakkında veri toplama, taraftarlar ve sporcular için sürekli oyun analizi ve tahmini, maç sonuçları tahmininde bulunma ve yaralanma riskinin arttığı durumlarda oyuncuları uyarmak amacıyla kullanılmaktadır (Nadikattu, 2020). Ayrıca, sporcuların ruhsal sağlık durumlarını izlemek ve performanslarını etkileyebilecek stres veya yorgunluk düzeylerini değerlendirmek için de yapay zekâ uygulamaları kullanılabilir (Wang, Liu ve Zhang, 2021). Sporcuların hareket verilerinin analiz edilmesiyle yaralanma riskleri belirlenebilmekte, antrenörler bilgilendirilerek riskli durumlar önceden tespit edilmektedir. Bu sayede sporcuların sakatlanma ihtimalini azaltmaya yönelik önleyici tedbirlerin alınması kolay hale gelmektedir (Ustalar vd., 2023). Benzer bir ifadeyle sporcuların aynı hareket kalıplarının tanımlanması ve bu kalıplara dayalı yaralanma riskine yol açacak hareketleri tespit edilmesi mümkün olabilmektedir (Richter vd., 2021).

4. Sakatlık Sonrası Rehabilitasyon ve Geri Dönüş Süreci

Yapay zekâ (YZ), rehabilitasyon alanında hem fiziksel (robotik) hem de sanal (bilişim) teknolojileri içeren yenilikçi uygulamalara sahiptir (Anderson, 2019). Son dönemlerde yapay zekâ, sporcuların rehabilitasyon süreçlerinde izleme, analiz ve karar destek süreçlerinde daha fazla kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi temelli yöntemler, sakatlık öncesi ve sonrası hareket verilerini karşılaştırarak fonksiyonel yetersizlikleri tespit edebilmekte ve iyileşme sürecinin sayısal olarak takip edilmesine katkı sağlamaktadır (Bullock vd., 2022).

Sporcu rehabilitasyonunda hedef sadece sağlıklı bir doku değil; sağlam bir işlevdir. Başka bir ifadeyle rehabilitasyon süresinin sonunda amaç, sporcunun sakatlık öncesi düzeye dönmesi değil, aynı zamanda riski azaltan, psikolojik dayanıklılık açısından daha dirençli ve performans olarak daha güçlü ve donanımlı bir yapıya kavuşmasını sağlamaktadır. (Khan ve Scott, 2009).

Tenis gibi tekrarlayıcı yüklenmelerin ve ani yön değiştirmelerin sık görüldüğü branşlarda, sakatlıkların yalnızca tedavi süresi değil, spora güvenli dönüş (return to play) süreci de büyük önem arz etmektedir. Buna bağlı olarak yapılan çalışmalar, rehabilitasyon sürecinin erken ya da yetersiz tamamlanmasının yeniden sakatlanma riskini artırdığını ortaya koymaktadır (Häggglund vd., 2013)

5. Hakemlik ve Maç Yönetiminde Yapay Zekâ

Teniste hakemlik ve maç yönetimi; çizgi kararları, servis hataları, topun oyun alanı içi ya da dışı, zaman yönetimi ve kural dışı hareketlerinin değerlendirilmesini kapsamaktadır. Geleneksel hakemlik sistemi, insan gözlemine dayalı olması sebebiyle hata payı içermekte ve temposu yüksek olan maçlarda verilen kararlar tartışmalara yol açabilmektedir. Bu bağlamda yapay zekâ destekli teknolojiler, tenis hakemliğinde adalet, tutarlılık ve şeffaflık ve doğru kararlar alınabilmesi amacıyla yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır (Hawk-Eye Innovations, 2023). Akademik çalışmalar, yapay zekâ destekli hakemlik sistemlerinin sadece verilen kararların doğruluğunu artırmakla değil, aynı zamanda maç sürelerinin kısaltılması ve oyuncu–hakem anlaşmazlıklarının en aza indirilmesi açısından da önemli katkılar sunduğunu ortaya koymaktadır (Sampaio vd., 2024). Yapay zekâ, hakemlik sistemlerinin yanı sıra tenis maçlarının genel yönetiminde de önemli ve aktif rol oynamaktadır. Maç temposunun izlenmesi, oyuncu davranışlarının analizi, zamanın iyi yönetilememesi ve kural dışı hareketlerin tespiti gibi alanlarda yapay zekâ tabanlı teknoloji sistemleri kullanılmaktadır. Bu durum, tenis gibi dünya çapında takip edilen bir spor dalında teknolojik hakemliğin önemini daha da ortaya koymaktadır (Zhao vd., 2025).



Görsel 6. Şahingöz Teknolojisi Görüntü, (Hawk-Eye, 2020)

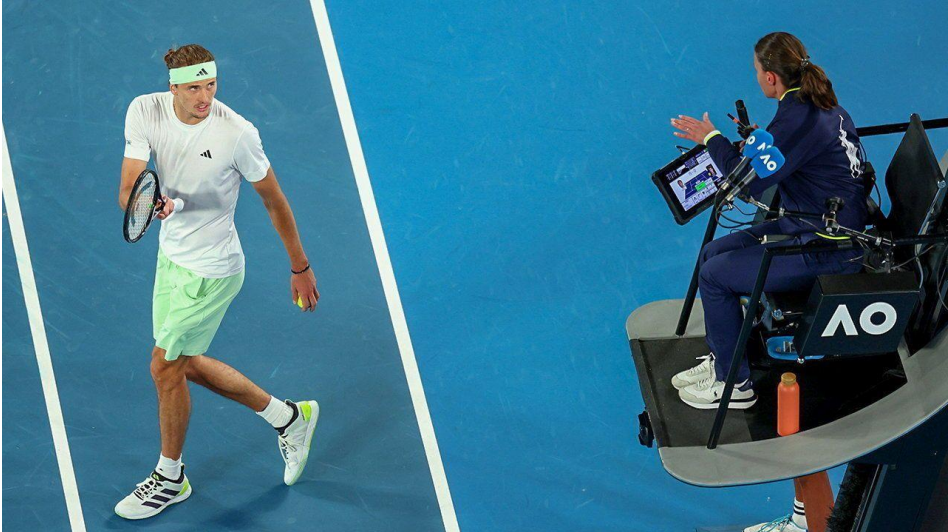
5.1 Otomatik Karar Destek Sistemleri

Literatüre bakıldığında tenis hakemliğinde yapay zekâ uygulamaları, çoğunlukla bilgisayarla görme (Computer Vision) ve makine öğrenmesi temelli sistemler üzerinden ele alınmaktadır.

Örneğin; Teniste topun çizgiye temasını milimetrik doğrulukla tespit eden Hawk-Eye teknolojisi. En çok bilinen örneklerden biri olan Hawk-Eye sistemi, çoklu kamera altyapısı ve yapay zekâ desteği kullanarak topun kort üzerindeki temas noktasını ileri düzey hassasiyetle belirlemektedir. Yapılan çalışmalar, bu tür karar destek sistemlerin insan hakemlere göre daha yüksek doğruluk oranına sahip olduğunu göstermektedir (Collins ve Evans, 2012). Son yıllarda kullanılan tamamen otomatik elektronik çizgi hakemliği (Electronic Line Calling – ELC) sistemleri, derin öğrenme algoritmalarıyla desteklenerek maç yönetiminde insan müdahalesini en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu sistemler, topun hızı, açısı ve zemine temas anını eş zamanlı olarak analiz ederek gerçek zamanlı veriler üretmektedir (Shen vd., 2025).

5.2 Maç Akışı ve Adalet

Maç akışı, spor karşılaşmasının zaman içindeki temposunu ve sürekliliğini ifade ederken; adalet verilen kararların doğruluğu ve tarafsızlığı ile ilişkilidir. Tenis gibi bireysel ve rekabet düzeyi yüksek sporlarda hatalı kararlar, yalnızca sonucu değil sporcu psikolojisini ve performansını da olumsuz etkileyebilmektedir. Bu sebeple adil bir maç ortamının sağlanması, sporun temel etik ilkeleri arasında yer almaktadır (Collins ve Evans, 2012). Ayrıca müsabaka sırasında verilen kararların tutarlı ve şeffaf olması, sporcuların davranışları ile oyun disiplini doğrudan etkilemektedir. Yapay zeka destekli sistemler sayesinde kararların objektif verilere dayandırılması, sporcuların hakem kararlarına yönelik itirazlarını azaltmakta ve karşılaşmanın psikolojik dengesini korumakta fayda sağlamaktadır (Zhao ve ark., 2025).



Görsel 7. Getty Images. (2024).

Australian Open tennis match, Melbourne, Australia

6. Veri Odaklı Yayıncılık

Yapay zekâ destekli veri odaklı yayıncılık sistemleri; oyuncu hareketleri, vuruş hızları, konumlanmaları, puan kazanma ihtimalleri ve maçın gidişatındaki kritik değişimler gibi birçok değişkeni eş zamanlı olarak analiz edebilmektedir. Böylelikle makine ve derin öğrenme algoritmaları bu verilerden istatistiksel öngörüler ve görsel sunumlar üreterek izleyicilere daha zengin ve etkileşimli bir maç deneyimi sağlamaktadır (García vd., 2021). Tenis branşı, veri temelli yayıncılık uygulamalarının en yaygın biçimde kullanıldığı spor dallarından biri olarak dikkat çekmektedir. Profesyonel maçlarda kullanılan gelişmiş izleme ve analiz sistemleri aracılığıyla, oyuncuların kort içindeki hareketleri, vuruş tercihleri ve taktiksel davranışları; anlık grafikler, görsel analizler ve istatistiksel tahmin araçları ile izleyiciye sunulmaktadır (López vd., 2019). Veri temelli yayıncılık, yapay zekâ destekli sistemler sayesinde izleyicilerin tercih ve ilgi alanlarını analiz ederek özelleştirilmiş istatistikler ve içerikler üretebilmekte; belirli sporculara, oyun stillerine ya da maç içi durumlara odaklanan anlatımlar geliştirebilmektedir (Hutchins ve Rowe, 2012).

Tartışma Sonuç ve Öneriler

Spor bilimleri alanında yapay zekâ uygulamaları son yıllarda performans analiz süreçleri, yüklenme planlaması, sakatlık riskinin öngörülmesi ve sporcu sağlığının izlenmesi gibi pek çok alanda kapsamlı ve daha sistematik bir yapıya kavuşmasına olanak sağlamıştır. Özellikle makine öğrenmesi ve derin öğrenme temelli yaklaşımlar, geleneksel gözleme dayalı yöntemlere kıyasla daha nesnel, tutarlı, tekrarlanabilir ve veri temelli sonuçlar üretmektedir. Bu çalışmada, yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin tenis branşındaki performans analizi, antrenman planlaması, sakatlık öngörüsü, hakemlik uygulamaları ve taraftar deneyimi üzerindeki etkileri çok boyutlu bir bakış açısı ile ele alınmıştır. İncelenen literatür, tenis branşının veri yoğunluğu ve teknik-taktik karmaşıklığı nedeniyle yapay zekâ uygulamaları açısından son derece uygun bir spor dalı olduğunu göstermektedir (Sampaio vd., 2024). Tenis performansının değerlendirilmesinde bilgisayarla görme, makine öğrenmesi ve veri madenciliği yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle servis mekaniği, vuruş kalıpları ve pozisyonel verilerin analizi üzerine yapılan araştırmalar, makine öğrenmesi modellerinin servis yönü tahmini, hızın belirlenmesi ve risk analizi gibi alanlarda geleneksel gözleme dayalı analizlere kıyasla daha nesnel sonuçlar ortaya koymaktadır (Whiteside, Reid ve Elliott, 2017). Yapay zekanın tenis antrenman süreçlerindeki en önemli katkılarından biri, kişiselleştirilmiş yüklenme modellerinin oluşturulmasıdır. Spor performansının çok değişkenli bir sistem olduğu ve bireysel adaptasyon süreçlerinin farklılık gösterdiği göz önünde

bulundurulduğunda yapay zekâ algoritmaları, sporcunun fizyolojik ve biyomekanik verilerini analiz ederek kişiye özgü yüklenme planları oluşturabilmektedir (Araújo, Davids ve Renshaw, 2021). Barris ve Button (2008), sporda görüntü tabanlı analiz sistemlerinin teknik doğruluk ve ölçüm güvenilirliği açısından insan gözlemine dayalı yöntemlere göre önemli katkılar sağladığını belirtmektedir. Tenis gibi bireysel ve hızlı karar süreçlerinin belirleyici olduğu sporlarda bu tür sistemler, anlık geri bildirim sağlanmasına olanak tanımaktadır. Bununla birlikte yapay zekâ destekli bu sistemlerin sakatlanma riskini önceden tespit etme potansiyeli de dikkat çekmektedir; bu teknoloji, özellikle tekrar eden yüklenmeler sebebiyle sporcu sağlığının korunması açısından önem arz etmektedir (Zhang vd., 2023). Çalışmalar incelendiğinde, yapay zekâ sistemlerinin sporcuların yaralanma risklerini tespit ederek, bu doğrultuda rehabilitasyon programlarını kişisel ihtiyaçlara göre özelleştirdiği ve bu teknoloji sayesinde geleneksel reaktif (sakatlık sonrası müdahale eden) yöntemler yerine, proaktif (önceden önlem alan) yöntemler benimsenmektedir (Zou, 2025). Tenis sporunda hakemlik ve maç yönetimi alanında kullanılan Hawk-Eye teknolojisi ve elektronik çizgi hakemliği sistemleri, yapay zekânın en somut ve yaygın uygulama alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar, bu sistemlerin karar doğruluğunu artırarak oyuncu-hakem anlaşmazlıklarını azalttığını ve maç akışını daha adil duruma getirdiğini göstermektedir (Collins ve Evans (2012). Yapay zekanın tenis sporundaki etkisi yalnızca saha içi performans analizleriyle sınırlı kalmayıp, tahmine dayalı modelleme sistemleri spor yayıncılığında taraftar deneyimini yeniden şekillendirmektedir. Bu sebeple García ve ark. (2021), yapay zekanın maç içi olasılık temelli değerlendirmeler açısından önemli katkılar sağladığını vurgulamaktadır.

Sonuç olarak, literatür incelendiğinde spor bilimleri genelinde yapay zekâ uygulamaları, performans analizinde doğruluğu artıran ve karar destek süreçlerini güçlendiren önemli bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Tenis özelinde ise bu teknolojiler daha görünür ve sistematik bir etkiye sahiptir. Teknik analiz, antrenman planlaması, sakatlık önleme, hakemlik ve taraftar deneyimi gibi alanlarda etkisi giderek artmakta ve bilimsel veriler doğrultusunda değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Kişiselleştirilmiş antrenman ve dijital koçluk uygulamaları, sporcuların kişisel özelliklerine uygun programların belirlenmesini desteklerken; yorgunluk ve sakatlık önleme sistemleri sporcu sağlığının korunmasına yönelik önemli katkılar sunmaktadır. Hakemlik alanında kullanılan otomatik karar destek sistemleri (Hawk-Eye teknolojisi) ise tenis müsabakalarında adalet ve tutarlılığı artırarak sporun etik yapısını güçlendirmektedir.

Geleceğe dönük araştırma önerileri arasında disiplinler arası ve uzun vadeli araştırmalar, yapay zekânın tenis sporundaki gerçek etkisini daha net ortaya koyacak ve spor bilimleri literatürüne hem teorik hem de uygulamalı açıdan önemli katkılar sağlayacaktır. Bununla birlikte yapay zekâ teknolojilerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için antrenörlerin, spor bilimcilerin ve spor yöneticilerinin bu uygulamalara yönelik bilgi ve yetkinlik düzeylerinin artırılması gerekmektedir. Ayrıca gelecekte yapılacak çalışmaların özellikle altyapı ve genç tenisçiler üzerinde yürütülmesi, farklı seviyelerde (amatör-elit) karşılaştırması, sporcu psikolojisi ve insan-makine etkileşiminin performans ve karar verme üzerindeki rolü gibi konular üzerinden de değerlendirilmesi önerilmektedir. Bunun yanı sıra etik, veri güvenliği ve sporcu mahremiyeti konularının ulusal bağlamda daha ayrıntılı şekilde ele alınması gerekmektedir. Ancak bu sürecin insan faktörünü merkeze alan, etik ilkelere dayalı ve bilimsel temelli bir yaklaşımla yürütülmesi, teknolojinin sürdürülebilir ve etkili biçimde kullanılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

- Acar, O. (2020). *Yapay zekâ fırsat mı yoksa tehdit mi?* Kriter Yayınevi.
- Alşahin, S. (2015). *Yapay sinir ağları ile giriş tipi yapılarda hasar tanımlama* (Yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi).
- Anderson, D. (2019). Artificial intelligence and applications PM&R. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 98(11), e128-e129.
- Araújo, D., Couceiro, M., Seifert, L., Sarmento, H., ve Davids, K. (2021). *Artificial intelligence in sport performance analysis*. Routledge.
- Araújo, D., Davids, K., ve Renshaw, I. (2021). Cognition, emotion and action in sport: An ecological dynamics perspective. *Frontiers in Psychology*, 12, 593579. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.593579>
- Aydın, G., ve Aydın, G. (2024). Medyada taraftarlığı şekillendiren inançlar: Fanatizm, evangelizm ve holiganizm. In V. Alaeddinoğlu (Ed.), *Beden eğitimi ve sporda akademik araştırma* (ss. 1-12). Özgür Yayınları.
- Babacan, H. (2021). *Türkiye'de yapay zeka destekli gazetecilik: Robot gazeteciliğine yönelik yaklaşımlar* [Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi].
- Barris, S., ve Button, C. (2008). A review of vision-based motion analysis in sport. *Sports Medicine*, 38(12), 1025–1043. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00003>
- Bayram, İ. (2025). Fiziksel aktivite ve antrenman programlarında yapay zekâ kullanımı. *Spor ve Bilim 2025: Antrenman ve Sportif Performans*, 7.
- Binboga, E., Guven, S., Çatıkkaş, F., Bayazıt, O., ve Tok, S. (2012). Psychophysiological responses to competition and the big five personality traits. *Journal of Human Kinetics*, 33, 187-196.
- Bullock, G. S., Collins, G. S., Peirce, N., Arden, N. K., ve Filbay, S. R. (2022). Machine learning, artificial intelligence, and data science in sports medicine: A systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 56(9), 500–507.
- Bunker, R. P., ve Thabtah, F. (2019). A machine learning framework for sport result prediction. *Applied computing and informatics*, 15(1), 27-33.
- Collins, H., ve Evans, R. (2012a). Sport-decision aids and the “accuracy–justice” trade-off. *Journal of the Philosophy of Sport*, 39(1), 1–20.
- Collins, H., ve Evans, R. (2012b). The third wave of science studies: Studies of expertise and experience. *Social Studies of Science*, 42(2), 235–296. <https://doi.org/10.1177/0306312711420868>
- Coşkun, F., ve Gülleroğlu, H. D. (2021). Yapay zekanın tarih içindeki gelişimi ve eğitimde kullanılması. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 54(3), 947-966. <https://doi.org/10.30964/AUEBFD.916220>

- Çar, B. (2023). Beden eğitimi ve sporda yapay zekâ. In G. Başkaya (Ed.), *Beden eğitimi ve spora multidisipliner bir bakış* (ss. 1-12). Gazi Kitabevi.
- Çıplak, Ş. (2024). *Yapay zekâ ve ahlaki kararlar* [Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü].
- Dayan, A., ve Yılmaz, A. (2022). Doğal dil işleme ve derin öğrenme algoritmaları ile makine dili modellemesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 13(3), 467-475. <https://doi.org/10.24012/dumf.1131565>
- Deng, L., ve Yu, D. (2014). Deep learning: Methods and applications. *Foundations and Trends® in Signal Processing*, 7(3-4), 197-387.
- Determining the tactical and technical level of competitive tennis players: A systematic review. (2023). *Sports Performance Research*.
- Dong, S., Wang, P., ve Abbas, K. (2021). A survey on deep learning and its applications. *Computer Science Review*, 40, 100379.
- Ersöz, G., ve İnal, H. S. (2020). Spor performansında bireyselleştirilmiş antrenman yaklaşımları. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 18(3), 215-226.
- García, J., Ibáñez, S. J., ve Feu, S. (2021). Artificial intelligence in sports performance analysis: Current trends and future challenges. *Applied Sciences*, 11(14), 6452. <https://doi.org/10.3390/app11146452>
- García, J., Ibáñez, S. J., Gómez, M. Á., ve Sampaio, J. (2021). Basketball analytics: Data-driven approaches to performance analysis and fan engagement. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 21(1), 1-15.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., ve Courville, A. (2016). Deep feedforward networks. *Deep Learning*, 1, 161-217.
- Gumusgul, O., Acet, M., Senturk, A., Akin, S., Isik, U., & Gumusgul, C. (2025). The effect of exercise in virtual environment on psychological well-being and motivation for recreation participation. *Current Psychology*, 44(3), 1587-1597.
- Günay, M., ve Yıldız, S. A. (2018). *Antrenman bilimi ve performans*. Gazi Kitabevi.
- Gürel, E., ve Tat, M. (2010). Çoklu zekâ kuramı: Tekli zekâ anlayışından çoklu zekâ yaklaşımına. *Journal of International Social Research*, 3(11), 123-145
- Häggglund, M., Waldén, M., ve Ekstrand, J. (2013). Risk factors for lower extremity muscle injury in professional football. *American Journal of Sports Medicine*, 41(2), 327-335.
- Hawk-Eye Innovations. (2023). *Electronic line calling in professional tennis*.

- Huang, Z., Wang, W., Jia, Z., ve Wang, Z. (2024). Exploring the Integration of Artificial Intelligence in Sports Coaching: Enhancing Training Efficiency, Injury Prevention, and Overcoming Implementation Barriers. *Journal of Computer and Communications*, 12(12), 201-217.
- Hutchins, B., ve Rowe, D. (2012). *Sport beyond television: The internet, digital media and the rise of networked media sport*. Routledge.
- Khan, K. M., ve Scott, A. (2009). Mechanotherapy: How physical therapists' prescription of exercise promotes tissue repair. *British Journal of Sports Medicine*, 43(4), 247-252. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.054239>
- Khanam, S., Tanweer, S., Khalid, S., ve Rosaci, D. (2019). Artificial intelligence surpassing human intelligence: factual or hoax. *The Computer Journal*, 64(12), 1832-1839.
- Khurana, D., Koli, A., Khatter, K., ve Singh, S. (2023). Natural language processing: State of the art, current trends and challenges. *Multimedia tools and applications*, 82(3), 3713-3744.
- Kim, J., Ko, Y. J., ve Connaughton, D. P. (2023). Performance Expectancy of Officiating Technology in Spectator-Based Sport Events: Scale Development and Validation. *Communication ve Sport*, 11(3), 528-550.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Lemire, J. (2024, Aralık 4). Svexa and Zone7 merge operations to offer an end-to-end AI suite of performance tools. *Sports Business Journal*.
- López, J., Martín-González, J. M., ve González-Ruiz, S. (2019). Big data and analytics in professional sport: Applications and challenges. *Journal of Sports Analytics*, 5(2), 83–95.
- McCabe, A., ve Trevathan, J. (2008, April). Artificial intelligence in sports prediction. In *Fifth International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG 2008)* (pp. 1194-1197). IEEE.
- Nadikattu, R. R. (2020). Implementation of new ways of artificial intelligence in sports. *Journal of Xidian University*, 14(5), 5983-5997. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3620017>
- Nakkeeran, K., Reuel Henry, R., ve Veronica Henry, R. (2025). Gamified computer vision and AI coaching for youth tennis. *Journal of Computer Science and Technology Studies*, 7(10), 1–10.
- Okay, İ., ve Bal, F. (2021). Kognitif sistem, yapay zeka ve insan ilişkisi. *The Journal of Social Sciences*, 8(50), 92-103.
- Ramkumar, PN, Luu, BC, Haeberle, HS, Karnuta, JM, Nwachukwu, BU ve Williams, RJ (2022). Sports medicine and artificial intelligence: An introduction. *The American Journal of Sports Medicine*, 50(4), 1166–1174.

- Rebala, G., Ravi, A., ve Churiwala, S. (2019). *An introduction to machine learning*. Springer.
- Richter, C., O'Reilly, M., ve Delahunt, E. (2021). Machine learning in sports science: Challenges and opportunities. *Sports Biomechanics*, 23(8), 961–967. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1910334>
- Rotenberg, M. (2019). *The AI policy sourcebook* 2019 (p. 17). Electronic Privacy Information Center (EPIC).
- Sampaio, T., Oliveira, J. P., Marinho, D. A., Neiva, H. P., ve Morais, J. E. (2024). Applications of machine learning to optimize tennis performance: A systematic review. *Applied Sciences*, 14(13), 5517.
- Sampaio, T., Oliveira, J. P., Marinho, D. A., Neiva, H. P., ve Morais, J. E. (2024). Transforming tennis with artificial intelligence: A bibliometric review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1456998. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1456998>
- Sarıkabak, M., ve Vural, E. (2025). Yapay zekâ ile spor bilimlerinde veri odaklı dönüşüm. *Spor ve Bilim Dergisi*, 3(2), 182-197.
- Schmidt, S. L. (2020). *21st century sports: How technologies will change sports in the digital age*. Springer.
- Sevim, Y. (2010). *Antrenman bilgisi*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Shen, Y., Sun, Z., ve Chen, L. (2025). Research on the architecture of an intelligent tennis training system integrating computer vision and big data analytics. *Frontiers in Sport Research*.
- Stănescu, R. (2018). The role of video analysis method in tennis performance. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*.
- Toledo, A., Sookhanaphibarn, K., Thawonmas, R., ve Rinaldo, F. (2012). Personalized recommendation in interactive visual analysis of stacked graphs. *International Scholarly Research Notices*, 2012, 1-8. <https://doi.org/10.5402/2012/389540>
- Ustalar, A., Şentürk, A., ve Eler, N. (2023). Spor bilimlerinde yapay zekâ kullanım alanları. In *Küreselleşen dünyada spor bilimleri II* (ss. 1-160).
- Wang, J. A., Liu, S., ve Zhang, X. (2021). Application of artificial intelligence in university sports risk recognition and identification. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 40(2), 3361-3372.
- Whiteside, D., vd. (2017). Tracking technology in tennis: Applications and challenges. *Journal of Sports Engineering*, 20(3), 139-152.
- Whiteside, D., Reid, M., ve Elliott, B. (2017). Spatial characteristics of professional tennis serves with implications for serving aces. *Journal of Sports Sciences*, 35(7), 648–654. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1189588>

- Vurgun, N., Bilge, M., Eler, S., Eler, N., & Şentürk, A. (2023). Current developments in handball game analysis. *Journal of Population Therapeutics and Clinical Pharmacology*, 30.
- Yang, L., Amin, O., ve Shihada, B. (2024). Intelligent wearable systems: Opportunities and challenges in health and sports. *ACM Computing Surveys*, 56(7), 1-42.
- Yılmaz, O. (2024). Yapay zekâ ve metaverse teknolojilerinin spor ve rekreasyon alanlarındaki karşılaştırmalı etkileri. In V. Alaeddinoğlu, B. S. Aktaş, ve E. Siren (Eds.), *Beden eğitimi ve sporda akademik araştırmalar* (ss. 13-44). Özgür Yayınları.
- Zhang, S., Gomez, A., ve Zhou, Y. (2023). Wearable sensor data and machine learning in sports injury prediction: *A systematic review*. *Sensors*, 23(5), 2413. <https://doi.org/10.3390/s23052413>
- Zhang, Y., Duan, W., Villanueva, L. E., ve Chen, S. (2023). Transforming sports training through the integration of internet technology and artificial intelligence. *Soft Computing*, 27(20), 15409-15423.
- Zhao, Z., Cui, Y., Gómez, M. Á., ve Zong, S. (2025). Quantifying the technical-tactical diversity of elite tennis players during match-play. *Frontiers in Sports and Active Living*.
- Zone7. (2024). *Product - Zone7*. Retrieved December 26, 2024, from <https://zone7.ai/product/>
- Zou, R. (2025). Exploring the Role of Artificial Intelligence in Sports Injury Prevention and Rehabilitation. *Scalable Computing: Practice and Experience*, 26(1), 316-325.

Bölüm VI

YAPAY ZEKÂ DÜZENLEMELERİ VE ETİK YAKLAŞIMLAR

Tevfik Cem AKALIN¹
İlayda Nur ÖZELGÜL²
Nebahat ELER³

¹ Doç. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Zonguldak, Türkiye,
e-mail: tc.akalin@beun.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-0598-3849

² Arş. Gör., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Zonguldak, Türkiye, e-mail:
i.ozelgul@beun.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-4770-676X

³ Prof. Dr., Gazi Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Ankara, Türkiye,
e-mail: nebahateler@gazi.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3857-3459

Giriş

George Grant'ın "teknoloji çağın ontolojisi" ifadesi, yeni dijital dönüşüm çağına geçişin özeti olarak kabul edilmektedir (Grant, 1986). Teknolojide meydana gelen hızlı değişim ve ilerlemeler, insanlara birçok alanda önemli faydalar sağlamıştır. Bu gelişmelerden biri olan YZ, insan yaşamına çarpıcı bir giriş yapmıştır. Alan Turing (1950)'in insani davranışları taklit edebilecek makineler üretmenin mümkün olup olamayacağı fikrini belirtmesi, YZ kavramının başlangıcı olarak görülmektedir.

YZ, zekâ gerektiren bir davranışın kendi başına gerçekleştirebilen teknoloji grubu şeklinde tanımlanmaktadır (Crawford vd., 2016; Scherer, 2015). Diğer bir tanımda ise, bilgisayar sistemlerinin insan benzeri zekâ ve öğrenme yeteneklerine sahip olması olarak ifade edilmektedir (Poole ve Goebel, 1998). YZ birçok ülkede internet arama motorları, mobil uygulamalar, giyilebilir teknolojiler, toplu taşıma ve ev aletlerine kadar insan yaşamının içindedir. Farklı karmaşık algoritmalar ve yazılımlar, günlük deneyimlerin bir parçası haline gelen yapay zekâ çözümlerinin tipik birer örneği haline gelmiştir. (Bostrom ve Yudkowsky, 2014; Luckin, 2017). Müşterilere anında cevap verebilen YZ sohbet robotu, doktorların tele tıp hizmetleri aracılığıyla uzak yerlerdeki hastalara hizmet vermesi bu örneklerden sadece birkaçıdır (Haleem vd., 2021). Özetle YZ uygulamaları eğitim, sağlık, konuşma teknolojisi, enerji, finans, spor ve lojistik gibi çeşitli alanlarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Osoba ve Welser, 2017).

YZ'nin birçok sektörde uygulanması, ekonomik büyüme, sosyal gelişme ve insan refahı için faydalı olan verimlilik iyileştirmesi ve maliyet azaltımı sağlamıştır (Vinuesa vd., 2020). YZ uygulamaları veya düşünen makineler, modern yaşamın sorunlarına çözüm üretmek toplumun vazgeçilmez bir parçası olsa da bazı etik sorunları beraberinde getirmektedir (Yeşilkaya, 2022). Bu bağlamda, YZ'nin olumsuz sonuçlarından ve oluşabilecek risklerinden kaçınmak için, bu sistemlerinin insan haklarına saygı gösteren güvenli sitemler olarak etik yapı çerçevesinde olması gerekmektedir (Stone, 2022).

Etik Kavramı

Günümüzde kapsam ve içeriği konusunda netlikten uzak olsa da etik, birey ya da grupların davranışlarını düzenleyen ve neyin doğru ya da iyi olduğuna dair rehberlik eden bir dizi ahlaki ilke şeklinde ifade edilmektedir. (Turan vd., 2022). Etik, Yunanca "ethos" kelimesinden türemiş olup, felsefi anlamda Sofistler ve Sokrates ile başlayan bir düşünce alanıdır. Antik Yunan'da, bireyin alışkanlıklarını ve davranış tarzını ifade eden bir kavram olarak tanımlanmıştır. Ahlaki açıdan doğru/yanlış ve haklı/haksız olanı incelemektedir. Etik, bireylerin çevreleriyle iletişimlerinde özgürlük,

sorumluluk ve adaletin bir yansıması olarak, insan ile dünya arasındaki ilişki üzerinde durmaktadır (Yeşilkaya, 2022).

Yapay Zekada Etik

YZ'nin sorumluluk alamaması, iradeye sahip olamaması ve ahlaki eylemde bulunamaması etik çalışmaların gerekli olduğunu ortaya koymaktadır (Dağ, 2018). Stephen Hawking ve arkadaşları, YZ'nin insanlığın sonunu getirebilecek potansiyele sahip olduğunu belirterek, yapay zekanın riskleri, zorlukları ve etkilerinin daha derin bir şekilde belirlenmesi de dâhil olmak üzere güvenlik önlemlerinin alınmasının önemli ve gerekli olduğunu vurgulamaktadır (Hawking vd., 2014).

YZ, zamanla kendi kararlarını bağımsız bir şekilde uygulamaya başlamıştır. Sürücüsüz otomobiller, borsada bireye nazaran daha hızlı alım/satım yapan otomatik sistemler bu örneklerden birkaçıdır. Ancak bu kararlar olumsuz durumları da beraberinde getirmektedir. Örneğin, bir elektrikli Tesla otomobilinin sürücüsü, Autopilot modu yaklaşan bir kamyonu fark edemeyerek trafik kazasında hayatını kaybetti (Dezeen, 2016). Microsoft'un sohbet botu Tay.ai, Twitter'a katıldıktan hemen sonra ırkçı ve cinsiyetçi bir hale gelmesinden dolayı kaldırıldı (AID, 2016). Ayrıca, öğrenci verilerinin mahremiyeti ve YZ'nin eşitsizlikleri artırma potansiyeli gibi meseleler, YZ'nin eğitimdeki kullanımını tartışmalı bir boyuta taşımaktadır (Keskin ve Seveli, 2023; Yampolskiy, 2019). Giderek daha ciddi boyuta gelen YZ teknolojisinde, suçlular bir genel müdürün sesini taklit ederek 243.000 \$'lık sahte bir transfer talep etmek için YZ tabanlı bir yazılım kullandılar. Bu bağlamda bazı araştırmacılar, yapay zeka ile ilgili çeşitli etik kaygıların beklenen bir durum olduğunu ve makinelerin insan gibi bilinçli olmaması gerektiğini belirtmektedir (Bostrom ve Yudkowsky, 2014; Doğan, 2018; Müller, 2016; Veruggio, 2005). Bu nedenle, YZ'nin etik bir çerçevede geliştirilip uygulanabilmesi için oluşabilecek etik sorunlarının üzerinde durulması gereken bir konu olduğu düşünülmektedir.

Uluslararası Etik Standartlar ve Düzenlemeler

YZ üreticilerinin bile beklemediği durumlar karşısında uygun davranmalarını gerektirecek etik anlayışın hâkim olması gerekmektedir. Bu gereklilik ilk kez robotik bilimci Asimov tarafından vurgulanmıştır (Asimov, 1996).

- ✓ “Bir robot, bir insana zarar veremez ya da hareketsiz kalarak bir insanın zarar görmesine neden olamaz.”
- ✓ “Bir robot, insanların verdikleri emirlere uymak zorundadır. Ancak bu emirler birinci yasayla çeliştiği zaman durum değişir.”
- ✓ “Bir robot, birinci ve ikinci yasalarla çalışmadığı sürece varlığını korumak zorundadır.”

Günümüzde ise etik kuralları belirlemek için ortaya çıkan düzenlemeler mevcuttur. Bunlardan en önemlileri OECD tarafından belirlenmiş ilkeler (OECD, 2019), UNESCO tarafından düzenlenen yönerge (UNESCO, 2017), Montreal Üniversitesi ile Quebec Araştırma Fonu'nun ortak oluşturduğu ve Avrupa Birliği Komisyonu'nun Nisan 2019'da yayınladığı etik kuralları içeren GYZ belgesidir (AI HLEG, 2019).

1. Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü (OECD)

YZ hakkında ilk hükümetler arası standarttır. 2019'da kabul edilmiş ve 2024'te güncellenmiştir. OECD, YZ için aşağıdaki ilkeleri öne sürmektedir.

- a) “YZ, kapsayıcı büyümeyi, sürdürülebilir kalkınmayı ve refahı teşvik ederek insanlara ve gezegene fayda sağlamalıdır” (OECD, 2019).
- b) “YZ sistemleri hukukun üstünlüğüne, insan haklarına, demokratik değerlere ve çeşitliliğe saygı duyacak şekilde tasarlanmalı ve adil ve adil bir toplum sağlamak için uygun güvenlik önlemleri içermelidir- örneğin gerektiğinde insan müdahalesini mümkün kılmalıdır” (OECD, 2019).
- c) “İnsanların YZ tabanlı sonuçları anlamasını ve bunlara meydan okuyabilmesini sağlamak için YZ sistemleri etrafında şeffaflık ve sorumlu bir açıklama olmalıdır” (OECD, 2019).
- d) “YZ sistemleri, yaşam döngüleri boyunca sağlam, güvenli ve emniyetli bir şekilde işlemeli ve potansiyel riskler sürekli olarak değerlendirilmeli ve yönetilmelidir” (OECD, 2019).
- e) “YZ sistemlerini geliştiren, dağıtan veya çalıştıran kuruluşlar ve bireyler, yukarıdaki ilkeler doğrultusunda düzgün işleyişlerinden sorumlu tutulmalıdır” (OECD, 2019).

2. Montreal Beyannamesi

Beyannamenin temel amacı, dijital teknoloji ve YZ alanlarında geçerli olan etik ilke ve değerleri tanımlamaktır. Beynamede belirtilen ilkeler arasında refah, özerkliğe saygı, mahremiyet, dayanışma, demokratik katılım, eşitlik, çeşitliliğin gözetilmesi, ihtiyatlılık, sorumluluk ve sürdürülebilir kalkınma bulunmaktadır. Bu Montreal bildirgesindeki öneriler şunlardır:

1. Bağımsız inceleme ve danışma organizasyonu: “Dijital teknoloji ve yapay zekanın kullanımları ve sosyal etkilerinin incelenmesi ve araştırılmasına adanmış bir organizasyon kurulmalıdır” (Montreal, 2018).
2. YZ denetimi ve sertifikasyon politikası: “Sorumlu konuşlandırmayı teşvik eden, YZ'nin denetimi ve sertifikasyonu için tutarlı bir politika oluşturulmalıdır” (Montreal, 2018).

3. Yetkilendirme ve otomasyon: “Sürdürülebilir bir dijital toplumda aktif katılımı teşvik etmek için, vatandaşların dijital teknolojiler karşısında, anlama, eleştirel düşünme, saygı ve hesap verebilirliği mümkün kılan destekler olmalıdır” (Montreal, 2018).
4. Eğitim ve etik: “YZ’nin tasarımı, geliştirilmesi ve kullanımıyla ilgilenen paydaşların eğitimi, multidisiplinerlik ve etiğe yatırım yapılarak yeniden düşünülmelidir” (Montreal, 2018).
5. YZ’nin kapsayıcı gelişimi: “YZ’nin kapsayıcı gelişimini teşvik etmek ve YZ’nin geliştirilmesi ve konuşlandırılmasıyla ilgili potansiyel önyargıları ve ayrımcılığı önlemek için tutarlı bir strateji uygulanmalıdır” (Montreal, 2018).
6. Demokrasinin korunması: “Demokrasiyi siyasi amaçlar için bilginin manipülasyonuna karşı korumak için, vatandaşların kötü niyetli sosyal platformlar ve web siteleri aracılığıyla aldatılmasını ve siyasi manipülasyonunu önlemek için bir çevreleme stratejisinin yanı sıra, politik profil oluşturma ile mücadele stratejisi gereklidir” (Montreal, 2018).
7. YZ’ nin uluslararası gelişimi: “Düşük ve orta gelirli ülkeleri (LMIC'ler) kötüye kullanmadan dünyanın çeşitli bölgelerini dahil etmeyi amaçlayan, yağmacı olmayan bir uluslararası kalkınma modeli benimsenmelidir” (Montreal, 2018).
8. Çevresel ayak izi: “YZ ve diğer dijital teknolojilerin geliştirilmesi ve yayılmasının sağlam çevresel sürdürülebilirlik ile uyumlu olmasını ve çevresel krize yönelik çözümler için bir kamu/özel strateji uygulanmalıdır” (Montreal, 2018).

3. UNESCO

Tablo 1. Etik Yönergeler, Teknoloji Geliştiricilerinin Uyması Gereken Tavsiyeler

YAPAY ZEKÂ KARARI	İNSAN KATILIMI	TEKNOLOJİ	SORUMLULUK	DÜZENLEME
Önceden belirlenmiş katı kriterlere göre sonlu seçeneklerden oluşur.	Yasal bir çerçevede uygulanan kriterler.	Makine öğrenimi ve diğer sistemler: Deterministik algoritmalar/ Robotlar.	Robot üreticisi.	Yasal standartlar, ulusal veya uluslararası mevzuat.
Önceden ayarlanmış bir politikaya göre belirlenen ve esneklik sunan çeşitli seçeneklerden oluşur.	Ağırlıklı robotik zekâ kararını içerir.	Sadece makine öğrenimi: Yapay zekâ tabanlı algoritmalar, bilişsel robotlar.	Tasarımcı, üretici, satıcı, kullanıcı.	Hem mühendisler hem de kullanıcılar için uygulama kodları, ihtiyati prensipleri içerir.
İnsan-makine etkileşimi yoluyla alınan kararlar.	İnsan, robotun kararlarını kontrol eder.	Robot eylemlerinin ölüme yol açtığı durumlarda, insanın robotu kontrol edebildiği durumlar.	İnsanlar.	Maneviyat.

4. Güvenilir Yapay Zekâ için Etik Yönergeler (GYZ)

YZ teknolojisinin güvenilir olabilmesi için Avrupa Birliği Komisyonu tarafından belirlenen yedi temel gereksinim bulunmaktadır (AI HLEG, 2019). Bunlar;

- 1) *İnsan faktörü ve gözetim*: “YZ sistemleri, insanların bilinçli kararlar almalarına ve temel haklarını geliştirmelerine olanak tanıyacak biçimde güçlendirmelidir. Aynı zamanda, insani durumlar ön plana çıkarılmalı ve yönlendirmede insan yaklaşımları ile gerçekleştirilebilecek uygun gözetim mekanizmalarının sağlanması gereklidir” (AI HLEG, 2019).
- 2) *Teknik sağlamlık ve güvenlik*: “YZ sistemlerinin esnek ve güvenli olması gerekir. Bir şeylerin yanlış gitmesi durumunda doğru, güvenilir ve tekrarlanabilir olmaları için stabil olmaları gerekir. Kasıt olmadan ortaya çıkabilecek zararın en aza indirgenmesi ve önlenmesi gereklidir” (AI HLEG, 2019).
- 3) *Gizlilik ve veri yönetimi*: “Gizliliğe ve verinin güvenliğine önem verilmesinin dışında, verinin kalitesi ve bütünlüğü göz önünde bulundurulmalıdır. Aynı zamanda verilere meşru erişimi sağlamak için yeterli veri yönetim mekanizmaları da sağlanmalıdır” (AI HLEG, 2019).
- 4) *Şeffaflık*: “Veri, sistem ve YZ iş modelleri şeffaf olmalıdır. İzlenebilirlik mekanizmaları buna yardımcı olabilir. Ayrıca, YZ kararları ilgili paydaşlara uyarlanmış bir şekilde açıklanmalıdır. İnsanlar bir sistem ile etkileşime girdiklerinin farkında olmalı, sistemin yetenekleri ve sınırlamaları hakkında bilgilendirilmelidir” (AI HLEG, 2019).
- 5) *Adalet*: “Haksız (algoritmik) önyargıdan kaçınılmalıdır, çünkü bunun savunmasız grupların marjinalleştirilmesinden önyargı ve ayrımcılığın şiddetlenmesine kadar birçok olumsuz etkisi olabilir. Çeşitliliği teşvik eden YZ, herhangi bir engelden bağımsız olarak herkes için erişilebilir olmalı ve ilgili paydaşları kapsamalıdır” (AI HLEG, 2019).
- 6) *Toplumsal ve çevresel refah*: “YZ sistemleri gelecek nesiller de dâhil olmak üzere tüm insanlara fayda sağlamalıdır. Dolayısıyla, sürdürülebilir ve çevre dostu olmaları sağlanmalıdır. Dahası, diğer canlılar da dâhil olmak üzere çevreyi dikkate almalı, sosyal ve toplumsal alana etkileri dikkatle değerlendirilmelidir” (AI HLEG, 2019).
- 7) *Hesap verebilirlik*: “YZ sistemleri ve sonuçları için sorumluluk taşıyabilecek, hesap verebilirlik sağlayacak mekanizmalar oluşturulmalıdır. Algoritmaların, verilerin ve tasarım süreçlerinin değerlendirilmesini sağlayan denetlenebilirlik, özellikle kritik uygulamalarda önemli bir rol oynamaktadır” (AI HLEG, 2019).

Ulusal Etik Standartlar ve Düzenlemeler

ÜYZ'nin eğitim, bilimsel araştırma ve yayıncılık gibi alanlara sunduğu çok boyutlu ve nitelikli katkılar, yükseköğretim süreçlerine entegre edilirken etik değerlerin belirlenmesini ve bu değerlere dayalı etik kuralların oluşturulmasını gerektirmektedir. Bu adımlar hem bilimsel dürüstlüğün hem de bilime olan güvenin korunması açısından büyük önem taşır. Yükseköğretimde ÜYZ kullanımı, çeşitli fırsatlar sunmakla birlikte bazı riskleri de barındırmaktadır. Bu çerçevede, ÜYZ alanındaki fırsatları ve riskleri anlamak, değerlendirmek ve olası risklere karşı önlem almak amacıyla YÖK tarafından bir rehber hazırlanmıştır (YÖK, 2024).

1. Yök Etik Rehber

Üretken Yapay Zekâ (ÜYZ) Kullanımında Karşılaşılabilecek Önemli Bazı Riskler ve Etik Sorunlar

ÜYZ, doğal dil işleme ve büyük dil modellerinin yanı sıra; metin, resim, video, ses, müzik ve yazılım kodları gibi farklı formatlarda yeni içerik üretebilen uygulamalar ile bunların birleşik hallerini içeren yapay zekâ uygulamalarını kapsamaktadır. ÜYZ'nin yeni içerikler sunabilmesi, gerçek dünyayı, kişisel etkileşimleri, normları ya da ele alınan konuyu anladığı anlamına gelmemektedir. Üretilen içeriğin geçerliliği, doğruluğu, anlamlılığı ve tarafsızlığı, ÜYZ'ye sunulan verinin ne kadar gerçek dünyayı yansıttığı, tarafsız olup olmadığı, güncelliği ve veri miktarına bağlıdır. ÜYZ, birçok alanda yenilikçi çözümler sunarken, kullanımıyla birlikte çeşitli riskler de ortaya çıkmaktadır. Bu riskler şöyle sıralanmaktadır (YÖK, 2024).

1. “İçerik üretiminde ÜYZ kullanıldığını eserde bildirmeme” (YÖK, 2024).
2. “Başkası tarafından üretilmiş olan içeriğin izinsiz kullanımı” (YÖK, 2024).
3. “Literatürde var olan bilginin atıf yapılmadan, uygunsuz şekilde alıntılanması” (YÖK, 2024).
4. “ÜYZ'nin yanlış veya yanıltıcı veri üretimi ve araştırmacının üretilen bu veriyi kullanması” (YÖK, 2024).
5. “Tekrar edilemeyen, açıklanamayan araştırma yöntemi ile üretilmiş veri ve sonuçların akademik literatüre girmesi” (YÖK, 2024).
6. “Taraflı ve kısıtlı veri nedeniyle hassas grupların uğrayabileceği ayrımcılığın derinleşmesi” (YÖK, 2024).
7. Mevzuata aykırı olarak kişisel verilerin toplanması, depolanması, transferi, kullanılması ve tekrar kullanılması” (YÖK, 2024).

ÜYZ Kullanımında Temel Etik Değerler

- ✓ **Şeffaflık:** “ÜYZ’nin dâhil olduğu aşamalarda YZ halüsinasyonu olarak bilinen taraflılık, olgusal ve yorumsal hatalar, gizlilik, mahremiyet ile veri güvenilirliği gibi olası sorunlara yönelik önlemlerin alınması sağlanabilir” (YÖK, 2024).
- ✓ **Dürüstlük:** “Bilimin temel yapı taşlarından birisi olan dürüstlük bu özelliği nedeniyle bilim insanlarının yanı sıra, bilimsel bilgi üretimi ve kullanımı ile ilgili olan tüm kurumları da bağlar, bilimsel bilgi üretim ve yayın sürecinin taraflılıktan ve bilinçli hatalardan arınmış olması gibi ilkeleri barındırır” (YÖK, 2024).
- ✓ **Özen:** “Özen, bilim üreten tüm kişi ve kurumların, bilimsel bilgi üretimi ve yayın yazımı aşamalarının tamamında, üstlendikleri sorumluluğun farkında olmaları ve bu sorumluluğun gerektirdiği ciddiyeti ve etik duyarlılığı tüm tutumlarında sergilemeleri olarak tanımlanmaktadır” (YÖK, 2024).
- ✓ **Adalet ve Saygı:** “Bilimsel araştırma ve yayın sürecindeki diğer paydaşlara, araştırma verilerinin elde edildiği bireylere/toplumlara, diğer canlılara ve çevreye karşı adil ve saygılı olmak etik bir sorumluluktur” (YÖK, 2024).
- ✓ **Gizlilik ve Mahremiyetin Korunması:** “Veri gizliliğinin korunmasının hem etik hem de yasal boyutu bulunmaktadır. Tüm aşamaların gerektiğinde etik kurul onayına sunulması önemlidir” (YÖK, 2024).
- ✓ **Hesap Verebilirlik ve Sorumluluk Üstlenme:** “ÜYZ’nin sağladığı çıktıların tarafsızlığının, güvenilirliğinin ve doğruluğunun test edilmesi, araştırmacının yasal ve etik sorumlulukları arasında yer almaktadır” (YÖK, 2024).
- ✓ **Etik İklim Katkıda Bulunmak:** “Gerekli etik hassasiyeti geliştirmek, desteklemek ve etik açıdan doğru tercihlere yönelimi kolaylaştırmak için kurumsal iklimin oluşturulması gereklidir. ÜYZ’nin bilimsel araştırma ve yayında kullanımına ilişkin insan merkezli bir yaklaşımın geliştirilmesi son derece önemli olup, ÜYZ kullanımının, mevcut eşitsizlikleri derinleştirmeyecek şekilde, eşitlik ve hakkaniyet ilkelerini gözeterek insanlık yararına ilerlemesini sağlamak, söz konusu etik iklimin öncelikli unsurları arasındadır” (YÖK, 2024).

Bilimsel Çalışmalarda ÜYZ Kullanımı

- ✓ Bilimsel çalışmalarda ÜYZ kullanımında alıntılama ilkelerine özen gösterilmelidir.
- ✓ ÜYZ, bir çalışmayı tek başına yapamayacağı için çalışmalar, yazar/yazarların özgün görüşleri ve bulgularını içermelidir.
- ✓ ÜYZ'nin literatürde mevcut olmayan kaynakları gerçekmiş aktarmakta ve güncel kaynaklar sunamamaktır. Bu problemlere dikkat ederek kullanmak gerekmektedir.



Akademik Politikalar

APA (American Psychological Association- Amerikan Psikoloji Birliği) Dergilerinin ÜYZ Politikası

APA politikası, araştırmacıların çalışmalarındaki bilgilerin doğruluğundan sorumlu olduklarını belirtmektedir. Bu durum, araştırmacıların bir YZ aracı tarafından kendilerine sağlanan herhangi bilgiyi doğrulamaları gerektiğini ifade etmektedir. Alıntılama yapmak için YZ araçları kullanılabilir ancak bunu açıklamak zorundadırlar (APA, 2024).

ÜYZ, özellikle ChatGPT gibi Büyük Dil Modelleri (LLM) tabanlı olanlar, birçok alanda dönüştürücü bir güç olmaktadır. Aynı zamanda akademik yazım ve yayıncılık hakkında da bir etkisi bulunmaktadır. Bu etkiye cevap olarak APA Yayınlar ve İletişim Kurulu tarafından, akademik materyallerde ÜYZ kullanımına ilişkin politikalar onaylanmıştır. (APA, 2024). APA'nın üretken yapay zekaya ilişkin mevcut politikaları şunlardır:

- ✓ “Bir APA yayını için bir el yazmasının taslağının hazırlanmasında üretken bir AI modeli kullanıldığında, YZ kullanımı yöntemler bölümünde açıklanmalı ve atıfta bulunulmalıdır” (APA, 2024).
- ✓ “YZ, APA akademik yayınında yazar olarak adlandırılmaz” (APA, 2024).
- ✓ “YZ, bir APA akademik yayınında atıfta bulunulduğunda, yazarın YZ’ nın nasıl ne zaman ve ne ölçüde kullanıldığını yöntemler bölümünde belirten yazılım atıf şablonunu kullanması gerekir. APA yayınlarındaki yazarların YZ’ nın tam çıktısını ek materyal olarak yüklemeleri gerekir” (APA, 2024).

APA, yapay zekâ araçlarına referans verilirken aşağıdaki yazılım referans formatının kullanılmasını önermektedir (APA, 2024).

- ✓ Yazar. (YYYY). Yazılımın adı (Sürüm adı) [AI modelinin türü].URL (OpenAI. (2024). ChatGPT (Sürüm 4) [Büyük dil modeli]. <https://chat.openai.com/chat>)

Genel akademik ve etik çerçeve bu şekilde çizilmekle birlikte, YZ’nin fiziksel performans ve biyometrik verilerle iç içe olduğu spor alanı, kendine has etik meydan okumalar barındırmaktadır.

Sporda YZ Etiği

YZ sistemleri tüm spor dallarında çok yaygın olmakla birlikte önemli bir yere sahip olmaktadır. Ancak spor dallarındaki YZ ayrıca ele alınması gereken birkaç etik onay sorununu da gündeme getirmektedir. Bu endişelerden bazıları veri toplama ve amaçla ilgili olmaktadır. Diğer önemli endişeler, verilerin ve dolayısıyla YZ sistemlerinin güvenliği ve güvenilirliği ile bağlantılı olmaktadır. YZ’nin gerektirdiği fazla miktardaki veri ve algoritmaları beslemek için önyargılı verilerin kullanıldığına dair kanıtlar göz önüne alındığında, yanlış ve adil olmayan önerilerle sonuçlanan birçok etik sorun ortaya çıkmaktadır. Spordaki YZ sistemleri özerklik, adalet veya sporcuların öz kimliği ve faaliyeti gibi geleneksel etik endişelerle de bağlantılı olmaktadır. Son olarak, YZ sistemlerinin sporcuların sağlığı ve refahı üzerindeki etkisiyle ilgili de birçok etik endişe ortaya çıkmaktadır. Bu endişeler detaylı incelendiğinde kategorilere ayrılmıştır. Bunlar:

1. Bireysel Etik Kaygılar

Özerklik: YZ’nin sporlardaki çeşitli uygulamaları, bir bireyin karar alma ve kendi eylemlerini kontrol etme özerkliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle, YZ sistemlerinin insan özerkliğine saygı gösterecek şekilde tasarlanması ve uygulanması önemli olmaktadır. YZ sistemleri önemli yardımlar ve içgörülü öneriler sağlayabilirken özellikle sporcuların performansları, refahları ve

kariyerleri hakkında son sözü söylemesi gereken spordaki ana paydaşlar olarak özerkliğini geçersiz kılmaması gerekmektedir (Carrio Sampedro, 2023).

Kimlik: YZ sistemleri veri analizleri ve kişiselleştirilmiş eğitim programları aracılığıyla performansı iyileştirmeye yardımcı olurken, sporcular başarılarının gerçekliğini sorgulamaktadır. Sporcuların atletik performansla ilgili büyük miktarda verilerinin toplanması kendilerini sağlık ve biyometri alanında özerk bir insan olmaktan çok bir veri koleksiyonu olarak görmelerine sebep olarak öz kimlikleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmaktadır (Carrio Sampedro, 2023).

Kişisel Değerler: YZ da etiğin zihinsel sağlık üzerinde yaratabileceği duygusal ve psikolojik etkiler, onlara ahlaki değerleriyle çelişen seçenekler sunmaktadır. Bu gibi durumlarda sporcular kişisel benlik ve bütünlük duygularına sadık kalırken YZ odaklı önerileri nasıl entegre edeceklerini kendilerine sormaktadırlar (Carrio Sampedro, 2023).

2. Adalet

Adalet, sporda önemli bir etik sorun olmaktadır. Adil sporlar Olimpizmin en değerli değerlerinden biri olmaktadır. Bu konudaki en önemli endişeler şöyledir:

Ayrımcılık: Eğitim verilerinin ve algoritmaların belirli gruplara karşı önyargı göstermesi ve bu durumun az temsil edilen gruplardan gelen sporcular için dezavantajlı duruma yol açması alışılmadık bir durum olmamaktadır (Carrio Sampedro, 2023).

Çeşitlilik Eksikliği: Birçok YZ modeli, dar bir sporcu ve spor yelpazesini temsil eden veriler üzerinde eğitilmiştir. Verilerdeki bu çeşitlilik eksikliği, sporlardaki adaleti ciddi şekilde etkileyebilmekte ve çeşitli geçmişlere veya oyun tarzlarına sahip sporcular için fırsatların haksız bir şekilde dışlanmasına veya kısıtlanmasına yol açmaktadır (Carrio Sampedro, 2023).

Adil Olmayan Kaynak Dağıtımı: Sporlarda YZ sistemlerinin uygulanması, kaynak dağıtımında önemli eşitsizlikler yaratmaktadır. Bu anlamda Olimpik Dayanışma grubunun, önerilerini SGB'ler (Sports Government Bodies) Spor Yönetim Birimleri için uygulanabilir kılma yeteneği olmasa bile, farkındalığı artırma ve kaynakları dağıtma konusunda olumlu ve önemli bir rolü olduğunu göstermektedir (Carrio Sampedro, 2023).

3. Gizlilik

Veri Toplama ve Yönetimi: Daha önce açıklandığı gibi YZ sistemleri tarafından sporlarda kullanılan veriler (performans izleyicileri, tıbbi kayıtlar, video görüntü analizi, sosyal medya aktivitesinin izlenmesi) son derece hassas kişisel bilgilerle ilgilidir.

Bilgilendirilmiş Onay: Sporculardan, koçlardan, hakemlerden ve taraftarlardan makul bilgilerin toplanması ve yönetilmesi sporlarda güncel bir konu olmaktadır. Fakat bilgilendirilmiş onayla ilgili; şeffaflığın olmaması, verilerin yeniden kullanılması ve alternatiflerin olmaması gibi birkaç etik sorun (otomatik karar alma, araştırma ve geliştirme, taraftar katılımı) ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak veri sahipleri her zaman onay vermemekte ve onay verdiklerinde, bu onayın iyi bilgilendirilmemiş veya değerlendirilmemiş olma olasılığı yüksek olmaktadır (Carrio Sampedro, 2023).

Güvenlik ve Esenlik: Sporda YZ kullanımının artması güvenlik ve esenlik endişelerini beraberinde getirirken, bu durum biyoteknolojik ilkeler olan iyilikseverlik ve zarar vermeme ile yakından ilişkilidir. YZ sistemleri fiziksel ve ruhsal sağlık, teknolojik bağımlılık ve siber güvenlik açısından riskler yaratmaktadır. Sporcuların sağlığını ve mahremiyetini tehlikeye atabilecek aşırı izleme, teknolojik bağımlılık sonucu yaratıcılığın zayıflaması ve siber güvenlik ihlalleri bu riskler arasında öne çıkmaktadır. Bu sorunları gidermek için, spor paydaşları ve risk yönetimi uzmanları arasında iş birliği gerekmektedir (Carrio Sampedro, 2023).

Şeffaflık: Sporlarda YZ kullanımının artması, şeffaflık ve açıklanabilirlik konularında önemli endişelere yol açmaktadır. Karar destek sistemleri, performans analitiği ve önyargılı veri kaynaklı kara kutu YZ modelleri, kullanıcıların bu teknolojilere güvenmesi için açıklık gerektirmektedir. Karar alma süreçlerinin, kullanılan ölçümlerin ve algoritmalarındaki önyargı risklerinin şeffaf hale getirilmesi, sporcular, koçlar ve diğer paydaşların YZ teknolojilerini anlamalarını ve güvenle kullanmalarını sağlamada kritik rol oynamaktadır (Carrio Sampedro, 2023).

Hesap Verebilirlik: Sporlarda YZ kullanımıyla birlikte hesap verebilirlik giderek önem kazanmaktadır. Yanlış kararlar, veri ihlalleri ve rıza eksikliği gibi sorunlarda sorumluluğun kime ait olduğu belirsiz olabilmektedir. Bu nedenle, YZ sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanımında sorumluluğun netleştirilmesi için etik ve yasal bir çerçeve ile etkili bir denetim mekanizmasına ihtiyaç vardır (Carrio Sampedro, 2023).

İnsan Denetimi ve Kontrolü: YZ sistemlerinin spor alanında yaygınlaşması, onların etik bir yapıya sahip olduğu veya spor değerlerini içselleştirdiği anlamına gelmemektedir. YZ sistemlerinin etik sorumluluğu, nasıl tasarlandıkları ve yönetildiklerine bağlıdır. Kendini geliştiren YZ modellerinin etik sorunlarını çözmek için bu sistemlerin sürekli izlenmesi ve insan müdahalesinin sağlanması önemlidir. "İnsan-Döngü Yaklaşımları" ile insan yargısının sürece dahil edilmesi, kontrolü elde tutmak ve etik sorunlar oluştuğunda müdahale edebilmek için kritik rol oynamaktadır (Carrio Sampedro, 2023).

YZ spor alanında hızla ilerlese de, Spor Yönetim Birimleri tarafından henüz etik veya yasal düzenlemeler yapılmamıştır. Mevcut araştırmalar çoğunlukla YZ'nin pratik uygulamalarına odaklanmakta, etik boyut ise ihmal edilmektedir. Bu alandaki boşluk, sporda YZ'ye dair olumlu bir etik çerçeve geliştirmek için bir fırsat sunmaktadır.

Sonuç

İnsanlık için her alanda önemli gelişmeler ve faydalar sağlayan YZ, beraberinde bir sorumluluk bilincini de ortaya çıkarmaktadır. Eğer faaliyetlerimizin sebep olduğu durumların sorumluluğunu kendimiz yerine YZ'ye yüklersek etik dışı bir davranışın ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır. YZ'nin temelinde insan gibi düşünmek olmasına rağmen, içerisinde yasal sorumluluklar, ahlaki ilkeler ve derin öğrenmeye dayalı algoritmalar gibi karmaşık bir yapı bulunmaktadır. Bu bağlamda YZ'nin etik ilkelere uygun olarak geliştirilmesiyle çalışmaların yapılabilirliği düşünülmektedir. Böylece YZ'nin çevreye istemeden de olsa zarar verme ihtimalinin engellenmesi sağlanacaktır. Bu ihtimallerin gerçekleşmemesi için YZ'nin etik bir çerçevede kontrol altında geliştirilmesi birincil öncelik olmalıdır.

Genel anlamda YZ'nin etik yönüyle tüm alanlarda ve çok yönlü tartışılması gerektiği savunulmaktadır. YZ ve etik konulu araştırma ve uygulamaların çoğaltılması, akademik ortamlarda tartışmalı konular içerisinde yer alması belirsizliğin giderilmesinde önem teşkil edecektir. Tüm bu bilgiler doğrultusunda, YZ'nin etik çerçevede değerlendirilmesi ve evrensel etik kuralları temel alan ahlaki ilkelerden oluşması bir zorunluluk olmalıdır.

Sonuç olarak, YZ'nin yapay zekanın her alanda etik çerçevede kullanımı mümkün müdür? Bu soru, YZ teknolojilerinin gelişimiyle birlikte önümüzdeki yıllarda yanıtlanmayı ve derinlemesine incelenmeyi bekleyen bir tartışma konusudur. Mevcut düzenlemeler ve etik çerçeveler önemli bir başlangıç oluşturmakla birlikte, küresel düzeyde iş birliğini gerektiren daha kapsamlı bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. YZ'nin etik kullanımı ve toplumsal yarar sağlama potansiyelini en üst düzeye çıkarmak amacıyla daha etkili politikalar, düzenleyici çerçeveler ve kılavuzların geliştirilmesi elzemdir. Şeffaf, adil ve hesap verebilir YZ sistemlerinin tasarlanması ve uygulanması için ulusal ve uluslararası iş birlikleri güçlendirilmelidir. Bu kapsamda yürütülen çalışmalar, YZ'yi toplumsal faydayı artıran güvenilir bir araç haline getirme sürecine katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- AI Incident Database, (AID). (2016). *Microsoft's artificial Twitter bot stunt backfires as trolls teach it racist statements*. Erişim Tarihi: 31 Ekim 2024 <https://incidentdatabase.ai/cite/6>
- American Psychological Association, (APA). *APA journals policy on generative AI: Additional guidance*. Erişim Tarihi: 7 Kasım 2024 <https://www.apa.org/pubs/journals/resources/publishing-tips/policy-generative-ai>
- Asimov, I. (1996). *Üç robot yasası*. Altın Kitaplar.
- Bostrom, N. and Yudkowsky, E. (2014). The ethics of artificial intelligence. K. F. (Eds.), *The Cambridge handbook of artificial intelligence*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carrio Sampedro, A. (2023). *The ethics of AI in sport: Taking athletes' rights and wellbeing seriously. Final report for the IOC Olympic Studies Centre, Advanced Olympic Research Grant Programme*.
- Crawford, K., Whittaker, M., Elish, M., Barocas, S., Plasek, A., ve Ferryman, K. (2016). *The social and economic implications of artificial intelligence technologies in the near-term*. In *AI Now Public Symposium*.
- Dağ, A. (2018). *Transhümanizm: İnsanın ve dünyanın dönüşümü*. Elis Yayınları.
- Dezeen. (2016). *Tesla driver killed in first fatal crash using Autopilot*. Erişim Tarihi: 31 Ekim 2024. <https://www.dezeen.com/2016/07/01/tesla-driver-killed-car-crash-news-driverless-car-autopilot/>
- Doğan, M. (2018). Biyolojik doğalcılık ekseninde john searl ve zihin-beden problemi. *MetaZihin*, 1(2), 69-82.
- eruggio, G. (2005). The birth of roboethics. In *Workshop on Robo-Ethics* (pp. 1-4).
- Grant, G. (1986). *Technology and justice*. House of Anansi Press.
- Haleem, A., Javaid, M., Singh, R.P. ve Suman, R. (2021). Telemedicine for healthcare: Capabilities, features, barriers, and applications. *Sensors international*, 2, 100-117.
- Hawking, S., Tegmark, M., Russell, S., ve Wilczek, F. (2014). Transcending complacency on superintelligent machines. *Huffington Post*.
- High-Level Expert Group On Artificial Intelligence, (AI HLEG), (2019). *A definition of ai: Main capabilities and disciplines*. Erişim Tarihi: 29 Ekim 2024. <https://www.aepd.es/sites/default/files/2019-09/ai-definition.pdf>
- Keskin, D., ve Seveli, O. (2023). Eğitimde yapay zeka ve etik. In *II. Uluslararası Topkapı Kongresi* (ss. 38-43).
- Luckin, R. (2017). Towards artificial intelligence-based assessment systems. *Nature Human Behaviour*, 1.

- Montreal, (2018). Developing AI in a responsible way, Salle De Presse Udemnouvelles, Montreal Üniversitesi. Erişim Tarihi: 29 Ekim 2024. <https://nouvelles.umontreal.ca/en/article/2018/12/04/developing-ai-in-a-responsibleway/>
- Müller, V. C. (2016). *Risks of artificial intelligence*. Chapman & Hall.
- OpenAI. (2024). ChatGPT (Sürüm 4) [Büyük dil modeli]. <https://chat.openai.com/chat>
- Organisation for Economic Co-Operation and Development, (OECD). (2019). AI principles. Erişim Tarihi: 5 Kasım 2024. <https://www.oecd.org/en/topics/ai-principles.html>
- Osoba, O. A., ve Welser, W. (2017). *An intelligence in our image: The risks of bias and errors in artificial intelligence*. RAND Corporation.
- Poole, D., Mackworth, A., ve Goebel, R. (1998). *Computational intelligence: A logical approach*. Oxford University Press.
- Scherer, M. (2015). Regulating artificial intelligence systems: Risks, challenges, competencies, and strategies. *Harvard Journal of Law & Technology*, 29(2) 353-400.
- Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., Calo, R., Etzioni, O., Hager, G. ve Teller, A. (2022). *Artificial intelligence and life in 2030: The one hundred year study on artificial intelligence*. arXiv preprint arXiv:2211.06318.
- Turan, T., Turan, G. ve Küçüksille, E. (2022). Yapay zeka etiği: Toplum üzerine etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(2), 292-299.
- Turing, A.M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 59, 433-460.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, (UNESCO). (2017). *Global AI ethics and governance observatory*. Erişim Tarihi: 29 Ekim 2024. <https://www.unesco.org/en/artificial-intelligence/recommendation-ethics?hub=32618>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S. ve Fuso Nerini, F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the sustainable development goals. *Nature Communications*, 11(1), 1-10.
- Yampolskiy, R. V. (2019). Predicting AI failures from historical replicas. *Foresight*, 21(1), 138-152.
- Yeşilkaya, N. (2022). Yapay zekaya dair etik sorunlar. *Şarkiyat*, 14(3), 948-963.
- Yükseköğretim Kurumu, (YÖK). (2024). Yükseköğretim kurumları bilimsel araştırma ve yayın faaliyetlerinde üretken yapay zekâ kullanımına dair etik rehber. Erişim Tarihi: 5 Kasım 2025 <https://www.yok.gov.tr/Documents/2024/yapay-zeka-kullanimina-dair-etik-rehber.pdf>.

Bölüm VII

YAPAY ZEKÂ TABANLI EGZERSİZ TAKİBİ VE FİZİKSEL UYGUNLUK

Ünal Can GÖKMEN¹

¹ Arş. Gör. İstanbul Gelişim Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye,
email: ucgokmen@gelisim.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-9258-4458

Giriş

Günümüzde yapay zekâ (YZ) tabanlı egzersiz takibi; giyilebilir sensörler, kamera tabanlı hareket analitiği ve dijital sağlık platformlarının entegrasyonu sayesinde fiziksel uygunluk alanında önemli bir dönüşüm yaratmaktadır. Bu dönüşüm, bireysel antrenman uygulamalarından toplum sağlığına kadar uzanan geniş bir yelpazede performans artışı, sakatlık önleme, rehabilitasyon ve yaşam tarzı müdahalelerinin daha veri odaklı ve kişiselleştirilmiş biçimde yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Literatürde özellikle çok modal veri entegrasyonu, büyük veri analitiği ve gerçek zamanlı geri bildirim mekanizmalarının (RTFB) güvenli, güvenilir ve açıklanabilir biçimde tasarlanmasına yönelik çalışmaların öne çıktığı görülmektedir. Bu bağlamda mevcut araştırmalar; çoklu sensör entegrasyonu ve büyük veri analitiği, gerçek zamanlı geri bildirim sistemleri ve yapay zekâ destekli performans tahmin modelleri olmak üzere üç temel eksen etrafında yoğunlaşmakta, aynı zamanda etik, gizlilik ve model genelleştirme gibi kritik konulara da dikkat çekmektedir (Bhadane, 2025; Kandpal, 2022; Pappala vd., 2025; Liu vd., 2025; Bajpai vd., 2015; Dudek vd., 2025).

Çoklu sensör entegrasyonu ve büyük veri analitiği perspektifinde, IMU, EMG, plantar basınç ve diğer biyomedikal sensörlerden elde edilen verilerin eş zamanlı olarak işlenmesi; hareket mekaniği, kas aktivasyonu ve yük dinamiklerinin daha kapsamlı biçimde modellenmesine olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım, sakatlık riskinin çok boyutlu değerlendirilmesi ve bireyselleştirilmiş müdahalelerin tasarlanması açısından merkezi bir rol oynamaktadır (Bhadane, 2025; Kandpal, 2022; Wen, 2025; Simonetti vd., 2024; McDevitt vd., 2022; Zhang vd., 2019). Zaman serisi analizleri, grafik tabanlı modeller ve Transformer temelli yaklaşımlar gibi ileri modelleme teknikleri, çok modal verilerin entegrasyonu ve uzun dönemli öngörülerin geliştirilmesini mümkün kılarken; dijital ikiz ve simülasyon tabanlı sistemlerin egzersiz ve sağlık analitiğine entegrasyonu giderek daha fazla vurgulanmaktadır (Emmert-Streib, 2023; Simonetti vd., 2024; Shafik, 2025; Wen, 2025; Shang, 2024). Bununla birlikte, protokol temelli validasyon ve referans sistemlerle yapılan karşılaştırmalı çalışmaların saha uygulamalarında güvenilirliği artırdığı ve veri kalitesi standartlarının geliştirilmesi gerektiği literatürde sıklıkla belirtilmektedir (Yeo ve Park, 2020; Fusca vd., 2018; Jing vd., 2023).

Gerçek zamanlı geri bildirim sistemleri, kullanıcıya antrenman yükü yönetimi, teknik düzeltmeler ve performans hedefleri konusunda anında bilgi sağlayarak egzersiz deneyimini daha etkileşimli hâle getirmektedir. Açıklanabilir yapay zekâ (XAI) yaklaşımları, algoritmik karar süreçlerinin gerektirilmesini mümkün kılarak kullanıcı güvenini artırmakta ve sistemlerin benimsenmesini desteklemektedir (Ju vd., 2023; Lee vd., 2024;

Zheng vd., 2025). Video analitiği ile sensör tabanlı verilerin birleşimi, hareket kalıplarına ilişkin daha zengin geri bildirimler sunmakta; özellikle teknik spor branşlarında poz analizi ve kişiselleştirilmiş öneri sistemleri açısından önemli fırsatlar sağlamaktadır (Ju vd., 2023). Ancak güvenlik, mahremiyet ve kullanıcı kabulü gibi faktörler, dijital koçluk ve uzaktan egzersiz çözümlerinin yaygınlaşmasında belirleyici olmaya devam etmektedir (Nur, 2024; Nurkadri vd., 2024; Diller ve Passmore, 2023).

Yapay zekâ destekli performans tahmin modelleri ise VO_{2max} , güç ve kuvvet çıktıları gibi fizyolojik göstergelerin öngörülmesinde RNN/LSTM, Transformer ve Temporal Convolutional Network (TCN) mimarilerinin kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bu modeller, sensör verileri üzerinden enerji harcaması, dayanıklılık ve antrenman yükünün dinamik olarak analiz edilmesine katkı sağlamaktadır (Emmert-Streib, 2023; Gunaratne ve Tamura, 2025; Hedge vd., 2021). Çok modal veri füzyonu tahmin doğruluğunu artırmakla birlikte veri gürültüsü ve artefaktlar güvenilirliği etkileyebilmekte; bu nedenle açık raporlama ve protokol temelli validasyon yaklaşımlarının önemi vurgulanmaktadır (Wen, 2025; Fusca vd., 2018; Nur, 2024; Shang, 2024). Dijital ikiz sistemleri ile entegre edilen yapay zekâ modelleri, bireysel kapasite, sakatlık riski ve toparlanma süreçlerinin daha bütüncül değerlendirilmesine olanak tanırken, önyargı, genelleştirme sorunları ve veri güvenliği gibi etik konuların da dikkatle ele alınması gerektiği ifade edilmektedir (Emmert-Streib, 2023; Simonetti vd., 2024; Shafik, 2025; Smith, 2026; Wu, 2026).

Yapay zekâ tabanlı egzersiz takibinin kardiyorespiratuvar kapasite, kas kuvveti, vücut kompozisyonu ve yaşam tarzı analitiği gibi fiziksel uygunluk göstergelerinin gerçek zamanlı ve bireyselleştirilmiş biçimde izlenmesini desteklediğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte veri kalitesi ve standardizasyon, model genelleştirilebilirliği, etik sorumluluklar ve kullanıcı güvenliği gibi konular güvenilir ve kapsayıcı uygulamaların önündeki temel zorluklar olarak değerlendirilmektedir. Gelecek araştırmaların; çoklu sensör entegrasyonu, gerçek zamanlı geri bildirim ve yapay zekâ destekli performans tahmin modellerinin doğruluğunu artırmaya yönelik protokol temelli validasyon, açık raporlama ve insan merkezli tasarım yaklaşımlarına odaklanması beklenmektedir (Bhadane, 2025; Kandpal, 2022; Pappala vd., 2025; Liu vd., 2025; Bajpai vd., 2015; Dudek vd., 2025).

1. Yapay Zekâ ve Temel Kavramlar

1.1. Makine Öğrenmesinin Temel Mantığı ve Egzersiz Takibindeki Karşılığı

Makine öğrenmesi (ML), egzersiz takibinde sensör verilerinden sınıflandırma, tahmin ve zaman serisi analizleri üreten veri temelli bir yaklaşım olup eğitim, doğrulama ve test aşamalarından oluşan bir modelleme sürecine dayanır (Dergaa ve Chamari, 2024; Simeone, 2018; Emmert-Streib, 2023). Spor bilimlerinde özellikle denetimli öğrenme ve zaman serisi modelleri öne çıkarken, dijital ikiz ve simülasyon temelli yaklaşımlarla birlikte pekiştirmeli öğrenmenin de potansiyeli artmaktadır (Simeone, 2018; Emmert-Streib, 2023). IMU, EMG ve diğer biyomedikal sensörlerden elde edilen çok modlu verilerin entegrasyonu; performans analizi, antrenman yükü yönetimi ve sakatlık riski tahmini gibi alanlarda daha kapsamlı öngörüler sunmaktadır (Wen, 2025; Simonetti vd., 2024; McDevitt vd., 2022; Zhang vd., 2019). Bu süreçte RNN, LSTM, TCN ve Transformer tabanlı modeller enerji harcaması, dayanıklılık ve hareket örüntülerinin analizinde yaygın olarak kullanılırken, açıklanabilir yapay zekâ (XAI) yaklaşımları karar destek mekanizmalarının güvenilirliğini artırmaktadır (Ju vd., 2023; Lee vd., 2024; Zheng vd., 2025). Veri kalitesi, sensör heterojenliği ve model genelleştirilebilirliği gibi metodolojik sınırlılıkları vurgulamaktadır. Protokol temelli validasyon ve açık raporlama güvenilirliği artıran temel yaklaşımlar olarak öne çıkarken (Yeo ve Park, 2020; Fusca vd., 2018; Jing vd., 2023), transfer öğrenimi ve domain adaptation teknikleri farklı popülasyonlar arasında model performansını iyileştirmeyi hedeflemektedir (Liopyris vd., 2022; Wen, 2025). Ayrıca kişisel sağlık verilerinin kullanımı etik, gizlilik ve veri güvenliği konularını gündeme getirerek yapay zekâ sistemlerinin insan denetimi ve açıklanabilirlik ilkeleri çerçevesinde tasarlanması gerektiğini göstermektedir (Katuk vd., 2023; Kumar, 2024; Smith, 2026).

2.2. Yapay Zekâ ile “Fiziksel Uygunluk Göstergesi” Tahmini: VO₂max Örneği

Vücut kompozisyonu ve kardiyorespiratuvar kapasite, fiziksel uygunluğun temel belirleyicileri arasında yer almakta; VO₂max ise kardiyorespiratuvar uygunluğun altın standardı olarak kabul edilmektedir. Geleneksel olarak CPX ile ölçülen VO₂max, yüksek maliyet ve saha uygulamalarındaki sınırlılıklar nedeniyle geniş ölçekli izleme çalışmalarında her zaman uygulanabilir değildir. Bu nedenle yapay zekâ (YZ) ve makine öğrenmesi (ML) temelli non-invazif yaklaşımlar, giyilebilir sensörler ve büyük veri analitiği üzerinden VO₂max tahmini için önemli bir alternatif sunmaktadır (Liu vd., 2022; Syversen vd., 2025; Dergaa ve Chamari, 2024). Özellikle yaşam tarzı değişkenleri, antropometrik

ölçümler ve kalp atım hızı gibi fizyolojik sinyallerin kullanıldığı modellerde gradient boosting ve derin öğrenme tabanlı zaman serisi mimarilerinin başarılı sonuçlar verdiği rapor edilmiştir (Liu vd., 2022; Hedge vd., 2021; Gunaratne ve Tamura, 2025).

Giyelebilir sensörlerden elde edilen HR, HRV ve hareket yoğunluğu gibi çok modlu verilerin entegrasyonu, $VO_2\text{max}$ tahmin doğruluğunu artırarak saha ortamında CPX'e alternatif olabilecek çözümler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Bhadane, 2025; Syversen vd., 2025). Bununla birlikte model genelleştirilebilirliği, veri kalitesi ve etik-mahremiyet konuları literatürde öne çıkan sınırlılıklar arasındadır. Sensör kalibrasyonu, cihaz konumlandırması ve protokol temelli validasyon yaklaşımları güvenilirlik açısından kritik görülmekte; farklı popülasyonlarda dış geçerliliğin sağlanması için açık raporlama ve çoklu veri kaynaklarının kullanılması önerilmektedir (Fusca vd., 2018; Yeo ve Park, 2020; Jing vd., 2023; Komala ve Febriani, 2025). Genel olarak ML tabanlı $VO_2\text{max}$ tahmini, halk sağlığı taramaları, bireysel fitness koçluğu ve klinik rehabilitasyon süreçlerinde uygulanabilir bir araç olarak değerlendirilmekte; ancak sürdürülebilir ve güvenilir kullanım için etik ve metodolojik standartların geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Kumar, 2024; Emmert-Streib, 2023).

3. Yapay Zekâ Tabanlı Egzersiz Takibi ve Spor Analitiği

3.1. Spor Bilimlerinde Yapay Zekânın Dönüşümü

Spor bilimlerinde yapay zekâ (YZ) ve makine öğrenmesi (ML), artık yalnızca performans analizi veya antrenman desteği ile sınırlı kalmayıp disiplinin farklı katmanlarında dönüştürücü bir rol üstlenmektedir. Derin öğrenmenin (DL) yükselişiyle birlikte büyük veri (big data) yaklaşımları ve yüksek çözünürlüklü video tabanlı analizler, sporcuların biyomekanik performansı, sağlık durumu ve rekabet stratejilerinin gerçek zamanlı olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu dönüşüm süreci, temelleri 1980'li yıllara dayanan ve 1990'lı yıllarda çeşitli teknik sınırlılıklar nedeniyle yavaşlayan derin öğrenme yaklaşımlarının günümüzde AI/ML temelli çözümlerle yeniden ivme kazanmasıyla daha görünür hâle gelmiştir (Kızrak ve Bölüt, 2018; Liopyris vd., 2022; Simeone, 2018). Spor alanında YZ'nin sunduğu potansiyel yalnızca performans artırımıyla sınırlı değildir; antrenman tasarımı, sakatlık önleme, psikolojik dayanıklılık analizi ve spor bilimleri ile sağlık verilerinin bütünlük biçimde değerlendirilmesi gibi çok boyutlu uygulama alanlarını da kapsamaktadır (Kızrak ve Bölüt, 2018; Olabanji vd., 2024; Rony vd., 2024).

3.2. Giyilebilir Teknolojiler ve Biyomekanik Veri Analizi

Giyilebilir teknolojiler ve biyomekanik veri analizi, spor bilimi, rehabilitasyon ve ergonomi alanlarında hareketin mekanik ve nöromüsküler boyutlarını saha koşullarında izlemeyi mümkün kılmaktadır. IMU, EMG ve plantar basınç sensörleri gibi sistemler, hareket kalıpları, denge dinamikleri ve sakatlık riskine ilişkin çok modlu veri üretirken; derin öğrenme tabanlı modeller bu zaman serisi verilerini sınıflandırma ve anomali tespiti için kullanılmaktadır (Wen, 2025; Giannini vd., 2020; Wu vd., 2021). EMG ve IMU entegrasyonu motor kontrol ve enerji verimliliğinin anlaşılmasına katkı sağlarken, EMG sürümlü muskuloskeletal modeller ve dijital ikiz yaklaşımları kas-iskelet sistemi yüklenmelerinin tahmin edilmesine olanak tanımaktadır (Iyer ve Jeong, 2025; Simonetti vd., 2024; Yang, 2025).

3.3. Spor Ekosisteminde Uygulama Alanları

Sakatlık önleme ve rehabilitasyon: Giyilebilir sensör verileri; koşu mekaniği, denge ve koordinasyon bozukluklarının izlenmesini sağlayarak nöromotor sorunlar ve yaşlanma bağlamında bireyselleştirilmiş müdahale ve takip imkânı sunmaktadır (Wen, 2025; Ning vd., 2022; Park vd., 2021; Simonetti vd., 2024).

Spor performans takibi ve antrenman tasarımı: Kas-iskelet dinamikleri, denge, güç aktarımı ve enerji verimliliği gibi biyomekanik göstergeler, antrenman programlarının kişiselleştirilmesi ve performansın optimize edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Wen, 2025; Gunaratne ve Tamura, 2025; Zhang vd., 2019).

4. Yapay Zekâ Tabanlı Egzersiz Takibinin Fiziksel Uygunluk Perspektifinden Değerlendirilmesi

4.1. Kardiyorespiratuvar Uygunluk ve Yapay Zekâ Destekli İzleme

Giyilebilir sensörler ve makine öğrenmesi tabanlı analizler, VO₂max tahmini, kalp atım hızı dinamikleri ve egzersiz yoğunluğu kontrolü gibi kardiyorespiratuvar uygunluk göstergelerinin izlenmesinde kullanılmaktadır. IMU ve kalp atım hızı verisini birleştiren ML yaklaşımlarının egzersiz yoğunluğunun daha hassas ayarlanmasına katkı sağladığı gösterilmiştir (Nur, 2024; Kumar, 2024; Yunus vd., 2025). Akıllı saat ve bilekliklerden elde edilen verilerle geliştirilen yapay zekâ tabanlı öngörü modellerinin, yorgunluk riskinin erken belirlenmesine destek olabileceği rapor edilmektedir (Yunus vd., 2025). Dijital sağlık sensörlerinin entegrasyonu, gerçek zamanlı karar destek sistemlerinin geliştirilmesinde önemli bir alan olarak vurgulanmaktadır (Nur, 2024; Alkhamis, 2025; Kumar, 2024).

Kardiyovasküler sağlık göstergeleri açısından güvenilirlik ve validasyon konuları öne çıkmaktadır. IMU tabanlı yürüyüş analizi ile optik hareket yakalama

sistemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalar, saha uygulamalarında standart protokollerin gerekliliğini göstermektedir (Yeo ve Park, 2020; Fusca vd., 2018). Bu nedenle dijital egzersiz takibinin klinik ve sportif bağlamda geçerliliğinin artırılması önem taşımaktadır (Nur, 2024; Kumar, 2024).

4.2. Kas Kuvveti ve Fonksiyonel Performans Analitiği

EMG ve IMU entegrasyonu, motor kontrollü hareketlerin ve kuvvet üretiminin analitik olarak incelenmesine olanak sağlamaktadır. EMG sinyallerinin işlenmesiyle elde edilen kas aktivasyon paternleri, hareket dinamikleriyle ilişkilendirilerek kuvvet ve moment gereksinimlerinin tahmin edilmesine katkı sunmaktadır (Wen, 2025; Simonetti vd., 2024; Solnik vd., 2010). EMG-driven muskuloskeletal modeller ve dijital ikiz yaklaşımları, eklem momentleri ve tendon gerilimi gibi biyomekanik çıktıları öngörmede önemli rol oynamaktadır (Simonetti vd., 2024; Yang, 2025).

Derin öğrenme tabanlı zaman serisi modelleri ve graf tabanlı yaklaşımlar, çoklu sensör akışlarını birleştirerek hareket performansı, denge ve sakatlık risklerini çok boyutlu biçimde analiz edebilmektedir. Transformer ve GNN mimarileri, sekans verileri ile sensör akışlarının entegrasyonunda öne çıkmaktadır (Wen, 2025; Wu vd., 2021; Simonetti vd., 2024).

Klinik ve saha uygulamalarında validasyon kritik öneme sahiptir. Farklı muskuloskeletal modellerin patolojik yürüyüş örüntülerinde farklı sonuçlar üretebildiği gösterilmiş, model seçiminin çıktı üzerindeki etkisi vurgulanmıştır (Jing vd., 2023). Ayrıca EMG onset tespiti ve TKEO gibi sinyal işleme yöntemleri kas aktivasyon zamanlamasının doğruluğunu artırmaktadır (Solnik vd., 2010).

4.3. Vücut Kompozisyonu ve Metabolik Sağlık Göstergeleri

Vücut kompozisyonu ve metabolik sağlık göstergelerinin izlenmesinde giyilebilir sensör verileri ile ML ve derin öğrenme yaklaşımları kullanılmaktadır. Kalori tüketimi, yağ yüzdesi ve glikoz düzeyi gibi göstergelerin tahmini ve trend analizi, önleyici sağlık uygulamalarını desteklemektedir (Kandpal, 2022; Kumar, 2024; Kumari vd., 2025). Dijital sağlık ve sensör mühendisliğinin entegrasyonu, kronik hastalık yönetiminde öngörücü analitiklerin geliştirilmesine katkı sunmaktadır (Radhakrishnan vd., 2025; Alkhamis, 2025).

Uzun dönem izlemeler, sirkadiyen sağlık ve metabolik bozuklukların anlaşılmasında potansiyel sunmakla birlikte validasyon, etik ve mahremiyet konuları önemli sınırlılıklar olarak öne çıkmaktadır (Trzaskalski vd., 2025). Dijital ikiz yaklaşımları ise bireyin biyomekanik ve metabolik çıktılarının simüle

edilmesine olanak tanıyarak diyet ve egzersiz müdahalelerinin kişiselleştirilmesini desteklemektedir (Shafik, 2025; Ashwini vd., 2025).

4.4. Fiziksel Aktivite Davranışı ve Yaşam Tarzı Analitiği

Giyilebilir sensör verileri ile davranış analitiğinin entegrasyonu, bireylerin egzersiz katılımı, motivasyonu ve uzun dönem uyumunun anlaşılmasında kullanılmaktadır. Yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş müdahaleler, davranış değişikliğini destekleyen önemli araçlar arasında yer almaktadır (Alva vd., 2020; Mitra, 2025; Yunus vd., 2025). Üniversite öğrencileri ve genç yetişkinlerde sürdürülebilir kullanım ve sosyal etkileşim etkileri de literatürde incelenmektedir (Alva vd., 2020; Kumar, 2024).

Dijital sağlık ekosistemlerinde güvenlik, güvenilirlik ve kullanıcı kabulü kritik faktörlerdir. Bu nedenle kullanıcıya özel geri bildirim mekanizmaları ve veri paylaşım politikaları ön plana çıkmaktadır (Nur, 2024; Kumar, 2024; Nurkadri vd., 2024).

4.5. Toplum Sağlığı Perspektifinden Dijital Egzersiz Takibi

Toplum sağlığı açısından dijital egzersiz takibi, giyilebilir teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte popülasyon düzeyinde fiziksel aktivite izleme ve erken uyarı sistemleri geliştirme potansiyeli taşımaktadır. Büyük veri analitiği, davranışsal ve biyomekanik göstergelerin birlikte değerlendirilmesiyle toplum sağlığının desteklenmesine katkı sağlayabilir; ancak veri güvenliği, eşitsizlikler ve regülasyonlar önemli zorluklar olarak öne çıkmaktadır (Nur, 2024; Trzaskalski vd., 2025; Kumar, 2024; Park, 2026).

Kamu sağlık politikaları ile dijital sağlık ekosistemlerinin entegrasyonu, güvenli ve adil kullanım için standartlar ve etik çerçevelerin oluşturulmasını gerektirmektedir. Akıllı teknoloji ekosisteminde paydaşların rol dağılımı da literatürde sıkça tartışılan konular arasındadır (Katuk vd., 2023).

5. Yapay Zekâ Tabanlı Egzersiz Takibinde Metodolojik ve Etik Tartışmalar

5.1. Veri Kalitesi, Sensör Doğruluğu ve Ölçüm Standardizasyonu

Veri kalitesi ve sensör doğruluğu, yapay zekâ tabanlı egzersiz analizlerinde temel sınırlayıcı unsurlar arasında yer almaktadır. Sensör heterojenliği, gürültü ve hareket artefaktları ölçüm güvenilirliğini etkileyebilir. IMU tabanlı egzersiz analizleri ile optik hareket yakalama sistemlerini karşılaştıran çalışmalar, saha ortamlarında standartlaştırılmış protokollerin gerekliliğini göstermektedir (Fusca vd., 2018; Yeo ve Park, 2020). Ayrıca EMG ve plantar basınç gibi biyomedikal sensörlerin kalibrasyonu ve senkronizasyonu, çok modlu veri entegrasyonu

açısından kritik öneme sahiptir (Gunaratne ve Tamura, 2025; Simonetti vd., 2024; Yang, 2025).

Validasyon protokolleri: Protokol temelli validasyon ve çoklu referans sistemlerle yapılan karşılaştırmalı çalışmalar, ölçüm hatalarının azaltılması ve sonuçların karşılaştırılabilirliğinin artırılması açısından önerilmektedir. Açık raporlama ve tekrarlanabilirlik, mevcut literatürde özellikle vurgulanan konular arasındadır (Jing vd., 2023; Fusca vd., 2018).

Genelleştirme ve uç değerler: Farklı spor branşları, yüzeyler ve bireysel farklılıklar arasında model genelleştirme zorlukları bulunmaktadır. Bu nedenle domain adaptation ve transfer öğrenimi gibi yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır (Liopyris vd., 2022; Simeone, 2018; Wen, 2025).

5.2. Algoritmik Önyargı ve Model Genellenebilirliği

Önyargı riskleri: Eğitim veri setlerinin kaynağı, sponsorluk ilişkileri ve demografik dağılımlar, modellerin belirli gruplara karşı önyargılı sonuçlar üretmesine neden olabilir. Bu durum sporcu güvenliği ve eşit erişim açısından önemli bir risk olarak değerlendirilmektedir (Nur, 2024; Dudek vd., 2025; Smith, 2026).

Genellenebilirlik ve dış geçerlilik: Farklı popülasyonlarda model performansının sürdürülebilmesi için transfer öğrenimi, domain adaptation ve çoklu veri kaynaklarının kullanımı önerilmektedir (Wen, 2025; Wu, 2026; Rahmani vd., 2024).

Şeffaflık ve açıklanabilirlik: Klinik ve sportif karar süreçlerinde güvenilirlik için açıklanabilir yapay zekâ (XAI) yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Siyah kutu modellerin sınırlılıkları nedeniyle model kararlarının gerekçelendirilmesi önem taşımaktadır (Zheng vd., 2025; Smith, 2026).

5.3. Gizlilik, Veri Güvenliği ve Etik Sorumluluklar

Veri güvenliği ve mahremiyet: Egzersiz takibi kapsamında toplanan bireysel sağlık verilerinin güvenli biçimde saklanması ve paylaşılması gerekmektedir. Regülasyonlar veri minimizasyonu, anonimlik ve güvenli veri aktarımı ilkelerini ön plana çıkarmaktadır (Nur, 2024; Kumar, 2024; Emmert-Streib, 2023).

Erişim adaleti ve maliyet eşitsizliği: Yapay zekâ tabanlı çözümler maliyet ve erişilebilirlik açısından eşitsizlikler yaratabilir. Bu nedenle amatör sporcular ve farklı sosyoekonomik gruplar için kapsayıcı yaklaşımlar geliştirilmesi önerilmektedir (Dudek vd., 2025; Włoch vd., 2025; Wu, 2026).

İnsan merkezli sorumluluk: Yapay zekâ destekli egzersiz önerilerinde insan uzmanlığının rolü devam etmektedir. Etik karar verme süreçlerinde sorumluluk

paylaşımı ve insan denetimi kritik önem taşımaktadır (Xu vd., 2025; Rahmani vd., 2024; Smith, 2026).

5.4. Klinik ve Sportif Karar Süreçlerinde Yapay Zekâ Kullanımı

Karar desteği ve entegrasyon: Yapay zekâ tabanlı sistemler egzersiz planlaması, yük yönetimi ve sakatlık riskinin erken belirlenmesi gibi alanlarda karar destek aracı olarak kullanılmaktadır. Ancak bu sistemlerin saha ve klinik uygulamalar için güvenilirlik ve geçerlilik açısından sertifikalandırılması gerekmektedir (Gunaratne ve Tamura, 2025; Simonetti vd., 2024; Katuk vd., 2023; Nur, 2024).

İnsan-makine etkileşimi: Hatalı otomasyon risklerini azaltmak için insan denetimi ve geri bildirim mekanizmaları önerilmektedir. Özellikle acil durum senaryolarında yorumlanabilirlik ve güvenli tasarım ilkeleri önem taşımaktadır (Zheng vd., 2025; Smith, 2026).

Açık raporlama ve standartlar: Klinik ve spor alanlarında karşılaştırılabilir sonuçlar elde edebilmek için standart raporlama yaklaşımlarına ihtiyaç vardır. Bu durum güvenilirliği ve karar kalitesini artırmaktadır (Jing vd., 2023; Fusca vd., 2018; Shang, 2024).

6. Spor Bilimleri ve Fitness Sektöründe Uygulama Alanları

6.1 Kişiselleştirilmiş Antrenman Programı Tasarımı

Veri odaklı kişiselleştirme: Giyilebilir sensörlerden (IMU, EMG, kalp atım hızı vb.) elde edilen çok modlu verilerin entegrasyonu, bireyselleştirilmiş antrenman planlarının geliştirilmesini desteklemektedir. Yapay zekâ tabanlı analizler, performans geçmişi, yük toleransı ve sağlık durumu gibi değişkenleri dikkate alarak egzersiz yükünün optimize edilmesine katkı sağlamaktadır (Nur, 2024; Kumar, 2024; Trzaskalski vd., 2025; Rahmani vd., 2024).

Dijital ikiz tabanlı yaklaşım: Yapay zekâ destekli dijital ikizler, bireyin muskuloskeletal ve kardiyorespiratuvar çıktılarının simülasyonuna olanak tanıyarak antrenman yükünün önceden test edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşım, biyomekanik sınırlamaların ve güvenli yük aralıklarının öngörülmesine katkı sunmaktadır (Emmert-Streib, 2023; Simonetti vd., 2024; Şafik, 2025).

Uygulama örnekleri: Yapay zekâ tabanlı öneri sistemleri egzersiz seçimi, tekrar sayısı, tempo ve dinlenme sürelerini kişiselleştirebilmektedir. Spor dallarına özgü veri setleri üzerinden yapılan çalışmalar performans artışı destekleyen bulgular rapor etmektedir (Wu, 2026; Włoch vd., 2025; Xu vd., 2025). Yapay zekâ temelli veri analizi ve karar destek sistemleri, antrenör, sporcu ve takımların performansını geliştirmede önemli katkılar sunmakta ve rekabet

avantajı sağlamaktadır (Ustalar, Şentürk ve Eler, 2023). Bunun yanında maç, başarı, turnuva ve notasyon analizlerinden elde edilen veriler, oyun sürecinin daha etkili biçimde modellenmesine ve takımların stratejik yaklaşımlarının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olmaktadır (Vurgun vd., 2023).

6.2 Dijital Koçluk Sistemleri ve Uzaktan Egzersiz Takibi

Dijital koçluk ve insan-makine etkileşimi: Dijital koçluk, yapay zekâ destekli geri bildirimler ve planlama sistemleri aracılığıyla bireyselleştirilmiş egzersiz deneyimi sunan bir insan-makine etkileşimi olarak tanımlanmaktadır. Literatürde kavramsal sınırların ve tanımların netleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Diller ve Passmore, 2023; Difa, 2023). Uzaktan egzersiz takibi, video analitiği ve otomatik geri bildirim mekanizmaları ile desteklenerek erişilebilirlik ve maliyet etkinliği açısından avantaj sağlamaktadır (Ju vd., 2023; Cao ve Yu, 2024).

Video tabanlı analiz ve açıklanabilir yapay zekâ: Hareket ve poz analizi için explainable AI yaklaşımlarının kullanımı, kullanıcıya somut geri bildirim sağlayarak öğrenme ve motivasyonu desteklemektedir (Ju vd., 2023; Lee vd., 2024).

Uygulama güvenliği ve kullanıcı deneyimi: Dijital koçluk sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte veri güvenliği, mahremiyet ve kullanıcı kabullenimi öne çıkmaktadır. Açık raporlama ve etkileşim tasarımı bu süreçte önemli rol oynamaktadır (Nur, 2024; Nurkadri vd., 2024; Diller ve Passmore, 2023).

6.3 Fitness Endüstrisinde Yapay Zekâ Tabanlı Platformlar

Pazar ve ekosistem perspektifi: Yapay zekâ tabanlı fitness platformları; antrenman önerileri, yük yönetimi, performans öngörüler ve rehabilitasyon süreçlerinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte veri kalitesi, güvenilirlik ve kullanıcı güvenliği açısından standartlaşma ihtiyacı vurgulanmaktadır (Dudek vd., 2025; Smith, 2026; Rahmani vd., 2024; Xu vd., 2025).

Wearable + AI entegrasyonu: Giyilebilir sensörler ile yapay zekânın entegrasyonu, gerçek zamanlı izleme ve kişiselleştirilmiş müdahaleler için önemli bir altyapı sunmaktadır. VO₂max tahmini ve kardiyorespiratuvar göstergelerin analizi gibi uygulamalar bu kapsamda değerlendirilmektedir (Radhakrishnan vd., 2025; Trzaskalski vd., 2025; Park, 2026).

Dijital sağlık ekosistemleri ve regülasyonlar: Telehealth, telekoçluk ve akıllı koçluk sistemleri, etik ve kullanıcı güvenliği çerçevesinde gelişmekte olup regülasyonlar ve standartlar tarafından şekillendirilmektedir (Nur, 2024; Kumar, 2024; Katuk vd., 2023).

6.4 Rekreatif Spor ve Toplum Sağlığı Uygulamaları

Toplum sağlığı hedefleri: Dijital egzersiz takibi ve yapay zekâ analitiği, popülasyon düzeyinde fiziksel aktiviteyi izleme ve kişiselleştirilmiş yaşam tarzı müdahaleleri geliştirme potansiyeli taşımaktadır. Ancak erişim eşitsizlikleri ve veri güvenliği önemli zorluklar arasında yer almaktadır (Trzaskalski vd., 2025; Nur, 2024; Kumar, 2024).

Kamu sağlık politikaları ve kitle iletişimi: Yapay zekâ destekli fitness çözümleri, halk sağlığı stratejileri kapsamında maliyet etkinlik, kapsayıcılık ve etik boyutlarıyla ele alınmalıdır (Katuk vd., 2023; Xu vd., 2025).

Eğitim ve kullanıcı kabulü: Dijital koçluk ve uzaktan egzersiz takibinin benimsenmesi için kullanıcı deneyimi, güvenilirlik ve şeffaflık kritik faktörlerdir. Davranış değişikliği kuramları ile entegrasyon çalışmaları bu süreçte önem taşımaktadır (Diller ve Passmore, 2023; Alva vd., 2020). Dijital ortamdaki sanal egzersiz uygulamalarının motivasyonel ve psikolojik açıdan olumlu etkiler oluşturduğu belirtilirken, mobil egzersiz uygulamalarının da uzman rehberleri doğrultusunda tasarlanması ve düzenli biçimde denetlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Gumusgul vd., 2025; Yüksel ve Şentürk, 2022).

7. Gelecek Perspektifleri ve Araştırma Alanları

7.1 Çoklu Sensör Entegrasyonu ve Büyük Veri Analitiği

Çok modlu sensör entegrasyonu: IMU, EMG, plantar basınç, nabız ve solunum sensörlerinden elde edilen verilerin bütünleştirilmesi, hareket mekaniği, nöromusküler aktivasyon ve yüklenme davranışlarının daha güvenilir biçimde analiz edilmesini sağlamaktadır. Bu yaklaşım, sakatlık riskinin çok boyutlu değerlendirilmesi ve bireyselleştirilmiş müdahalelerin tasarlanması açısından önemli bir altyapı sunmaktadır (Wen, 2025; Simonetti vd., 2024; McDevitt vd., 2022; Zhang vd., 2019; Nur, 2024).

Büyük veri ve analitik yaklaşımlar: Sensörlerden elde edilen büyük ve heterojen veri setlerinin analizinde derin öğrenme, graf sinir ağları ve transformer tabanlı modeller öne çıkmaktadır. Bu modeller, zaman serisi ve çok modlu veri akışlarını entegre edebilme kapasiteleri nedeniyle tercih edilmektedir (Wen, 2025; Simonetti vd., 2024; Shang, 2024; Dudek vd., 2025). Güvenilirlik açısından protokol temelli validasyon ve açık raporlama yaklaşımlarının önemi vurgulanmaktadır (Jing vd., 2023; Fusca vd., 2018).

Dijital ikizler ve simülasyon tabanlı yaklaşımlar: Dijital ikizler, gerçek zamanlı sensör verileriyle güncellenen sanal modeller aracılığıyla öngörücü analizler ve güvenli senaryo testleri yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım, biyomekanik ve sağlık çıktılarının bütünleşik biçimde

değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır (Emmert-Streib, 2023; Simonetti vd., 2024; Shafik, 2025).

Nüanslar ve tartışmalar: Model genelleştirme, domain adaptation ve transfer öğrenimi gereksinimi; farklı spor branşları, yüzeyler ve popülasyonlar arasında performans sürdürülebilirliği açısından önemli zorluklar oluşturmaktadır. Sensör kalitesi ve senkronizasyonu gibi teknik konular literatürde sıkça tartışılmaktadır (Liopyris vd., 2022; Simeone, 2018; Wen, 2025; Yeo ve Park, 2020; Fusca vd., 2018).

7.2 Gerçek Zamanlı Geri Bildirim Sistemleri

Otomatik ve anlaşılabilir geri bildirim: Gerçek zamanlı analizler, kullanıcıya antrenman yükü, teknik düzeltmeler ve performans hedefleri hakkında hızlı geri bildirim sunmaktadır. Explainable AI (XAI) yaklaşımları, model kararlarının gerekçelendirilmesine olanak tanıdığı için tercih edilmektedir (Ju vd., 2023; Lee vd., 2024; Zheng vd., 2025).

Video ve sensör tabanlı geri bildirim entegrasyonu: Video analitiği ile hareketlerin görsel analizi desteklenirken sensör verileri sürekli izleme ve anlık müdahaleleri mümkün kılmaktadır. Özellikle golf gibi spor branşlarında poz düzeltme ve kişiselleştirilmiş öneri sistemleri bu yaklaşımın örnekleri arasında yer almaktadır (Ju vd., 2023).

Uygulama güvenliği ve kullanıcı deneyimi: Veri güvenliği, mahremiyet ve kullanıcı kabulü, dijital koçluk ve uzaktan egzersiz takip sistemlerinin benimsenmesinde belirleyici faktörlerdir. Şeffaf tasarım ve kullanıcı dostu arayüzler literatürde öne çıkan unsurlar arasındadır (Nur, 2024; Nurkadri vd., 2024; Diller ve Passmore, 2023).

Nüanslar: Geri bildirim kalitesi ile gecikme yönetimi arasında denge kurulması gerekmektedir. Gerçek zamanlı öneri sistemlerinin güvenilirliği ve saha uygunluğu hâlen tartışılan konular arasında yer almaktadır (Gunaratne ve Tamura, 2025; Nur, 2024; Ju ve., 2023).

7.3 Yapay Zekâ Destekli Performans Tahmin Modelleri

Dinamik performans tahmini: VO_{2max} , güç ve kuvvet çıktıları gibi performans göstergelerinin tahmininde RNN/LSTM, Transformer ve TCN tabanlı modeller kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar, sensör verileri üzerinden enerji harcaması, dayanıklılık ve antrenman yükünün öngörülmesine katkı sağlamaktadır (Emmert-Streib, 2023; Gunaratne ve Tamura, 2025; Hedge ve., 2021).

Multimodal veri füzyonu ve güvenilirlik: Çok modlu veri entegrasyonu performans tahmin doğruluğunu artırmakla birlikte veri gürültüsü ve artefaktlar

güvenilirliği etkileyebilmektedir. Bu nedenle protokol tabanlı validasyon ve karşılaştırmalı analizlerin önemi vurgulanmaktadır (Wen, 2025; Fusca vd., 2018; Nur, 2024; Shang, 2024).

Dijital ikizlerle entegrasyon: Yapay zekâ tabanlı performans modellerinin dijital ikiz sistemleriyle birlikte kullanılması, bireysel kapasite, sakatlık riski ve toparlanma süreçlerinin daha kapsamlı değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (Emmert-Streib, 2023; Simonetti vd., 2024; Shafik, 2025).

Nüanslar ve etik konular: Önyargı, genelleştirme sorunları, veri güvenliği ve kullanıcı mahremiyeti gibi etik konular performans tahmin modellerinin güvenilirliği ve toplumsal kabulü açısından kritik öneme sahiptir (Nur, 2024; Smith, 2026; Wu, 2026).

Sonuç

Yapay zekâ tabanlı egzersiz takibi, çok modal sensör entegrasyonu, gerçek zamanlı geri bildirim mekanizmaları ve gelişmiş makine öğrenmesi mimarileri sayesinde fiziksel uygunluk göstergelerinin izlenmesinde önemli bir dönüşüm yaratmaktadır. Literatür, IMU, EMG, plantar basınç sensörleri ve video tabanlı analizlerin birlikte kullanılmasıyla kardiyorespiratuvar kapasite, kas kuvveti, denge ve hareket güvenliği gibi parametrelerin daha kapsamlı biçimde değerlendirilebildiğini göstermektedir (Wen, 2025; Simonetti vd., 2024; McDevitt vd., 2022; Zhang vd., 2019). Özellikle derin öğrenme tabanlı zaman serisi modelleri ve dijital ikiz yaklaşımları, performans tahmini ve sakatlık riskinin öngörülmesi açısından önemli fırsatlar sunarken; non-exercise VO₂max tahmini gibi uygulamalar saha ortamında daha erişilebilir çözümler geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Liu vd., 2022; Emmert-Streib, 2023; Gunaratne ve Tamura, 2025).

Bununla birlikte, gerçek zamanlı geri bildirim sistemlerinin kullanıcı deneyimini artırmasına rağmen, model güvenilirliği, açıklanabilirlik ve veri kalitesi gibi metodolojik konular hâlen temel zorluklar arasında yer almaktadır. Explainable AI yaklaşımları kullanıcı güvenini artırmayı hedeflerken, sensör kalibrasyonu, protokol standardizasyonu ve referans sistemlerle yapılan validasyon çalışmalarının önemi literatürde sıkça vurgulanmaktadır (Ju vd., 2023; Lee vd., 2024; Yeo ve Park, 2020; Fusca vd., 2018). Ayrıca kişisel sağlık verilerinin işlenmesi sürecinde mahremiyet, algoritmik önyargı ve erişim eşitsizliği gibi etik sorunlar, yapay zekâ uygulamalarının sürdürülebilirliği açısından dikkatle ele alınması gereken alanlar olarak öne çıkmaktadır (Katuk vd., 2023; Kumar, 2024; Smith, 2026).

Bu çerçevede, yapay zekâ destekli egzersiz takibinin bireysel performans analizi ve toplum sağlığı izleme süreçlerinde önemli bir potansiyele sahip

olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak gelecekte daha güvenilir ve genellenebilir uygulamalar geliştirebilmek için çok merkezli veri setleri, açık raporlama standartları ve insan merkezli tasarım yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Çok modal sensör entegrasyonu ile desteklenen gerçek zamanlı geri bildirim sistemleri ve gelişmiş performans tahmin modellerinin klinik ve saha uygulamalarında daha yaygın biçimde kullanılabilmesi, metodolojik standartların güçlendirilmesi ve etik çerçevelerin netleştirilmesi ile mümkün olacaktır (Bhadane, 2025; Kandpal, 2022; Syversen vd., 2025; Zheng vd., 2025).

Kaynakça

- Alkhamis, M. (2025). Artificial intelligence-enabled wearable sensors for continuous health monitoring—An updated review for biomedical engineering. *Saudi Journal of Medicine and Public Health*, 2(2), 2871–2881. <https://doi.org/10.64483/202522489>
- Alva, D., Calvo, L., Crespo, N., ve Buhi, E. (2020). Use and perceptions of digital health wearables by college students: A survey research study. <https://doi.org/10.2196/preprints.17912>
- Ashwini, A., Santhiya, G., ve Balasubramaniam, S. (2025). The new frontier of digital twins in next-gen wearables for personalized health tracking. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-0538-7.ch004>
- Bajpai, A., Jilla, V., Tiwari, V. N., Venkatesan, S. M., ve Narayanan, R. (2015, August). Quantifiable fitness tracking using wearable devices. In 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) (pp. 1633–1637). IEEE.
- Bhadane, S. (2025). A systematic review of movement tracking for real-time monitoring of physical exercises in the gym. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 15(4). <https://doi.org/10.1002/widm.70057>
- Cao, Q., ve Yu, Q. (2024). Application analysis of artificial intelligence virtual reality technology in fitness training teaching. *International Journal of High Speed Electronics and Systems*, 34(2). <https://doi.org/10.1142/S0129156424400846>
- Dergaa, I., ve Chamari, K. (2024). Big data in sports medicine and exercise science: Integrating theory and practice for future innovations. *TJSSM*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.61838/kman.tjssm.2.1.1>
- Difa, F. D. M. (2023). Bibliometric analysis: The use of blockchain technology in smart city mapping concept. *E3S Web of Conferences*, 440, 07008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344007008>
- Diller, S., ve Passmore, J. (2023). Defining digital coaching: A qualitative inductive approach. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1148243>
- Dudek, S., Koziak, W., Makieła, M., Bętkowska, A., Kornacka, A., Dudek, W., . . . Byra, A. (2025). Revolutionizing sports: The role of wearable technology and AI in training and performance analysis. *Quality in Sport*, 39, 58456. <https://doi.org/10.12775/qs.2025.39.58456>
- Emmert-Streib, F. (2023). What is the role of AI for digital twins? *AI*, 4(3), 721–728.

- Fusca, M., Negrini, F., Perego, P., Magoni, L., Molteni, F., ve Andreoni, G. (2018). Validation of a wearable IMU system for gait analysis. *Applied Sciences*, 8(7), 1167. <https://doi.org/10.3390/app8071167>
- Giannini, P., Bassani, G., Avizzano, C., ve Filippeschi, A. (2020). Wearable sensor network for biomechanical overload assessment. *Sensors*, 20(14), 3877. <https://doi.org/10.3390/s20143877>
- Gumusgul, O., Acet, M., Senturk, A., Akin, S., Isik, U., & Gumusgul, C. (2025). The effect of exercise in virtual environment on psychological well-being and motivation for recreation participation. *Current Psychology*, 44(3), 1587-1597.
- Gunaratne, P., ve Tamura, H. (2025). An EMG-based GRU model for estimating foot pressure. *Sensors*, 25(11), 3558. <https://doi.org/10.3390/s25113558>
- Hedge, E., Hughson, R., ve Amelard, R. (2021). Deep learning models predict dynamic oxygen uptake responses. *The FASEB Journal*, 35(S1). <https://doi.org/10.1096/fasebj.2021.35.s1.02796>
- Iyer, H., ve Jeong, H. (2025). Electromyography and inertial measurement unit analysis for ergonomic risk. <https://doi.org/10.1177/10711813251358780>
- Jing, Z., Han, J., ve Zhang, J. (2023). Comparison of biomechanical analysis results using musculoskeletal models. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1217918>
- Ju, C., Kim, J., ve Lee, D. (2023). GolfMate: Enhanced golf swing analysis tool. *Applied Sciences*, 13(20), 11227. <https://doi.org/10.3390/app132011227>
- Kandpal, J. (2022). Exploring the potential of wearable electronics for healthcare monitoring and diagnosis. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, 71(2), 658–669. <https://doi.org/10.17762/msea.v71i2.2195>
- Katuk, N., Abdullah, W., Sugiharto, T., ve Ahmad, I. (2023). Smart technology ecosystem impacts and challenges. <https://doi.org/10.59400/issc.v1i1.63>
- Kızrak, M. A., ve Bölüt, B. (2018). Derin öğrenme ile kalabalık analizi üzerine detaylı bir araştırma. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 11(3), 263–286. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.419205>
- Komala, R., ve Febriani, W. (2025). VO₂max sebagai prediktor kebugaran kardiorespirasi: Studi literatur. *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*, 9(1), 67-73. <https://doi.org/10.23960/jkunila.v9i1.pp67-73>
- Kumar, M. (2024). AI-powered wearables for continuous patient monitoring. <https://doi.org/10.55041/isjem0234>
- Kumari, R., Prathiba, P., Meena, M., Bhole, K., Saini, P., Monteiro, R., ... Umar, M. (2025). Self-management approaches for diabetic patients in digital healthcare. <https://doi.org/10.18203/2394-6040.ijcmph20252878>

- Lee, J., Gao, Z., ve Xiong, L. (2024). AI-enabled service quality and fitness app usage. *Information Development*, 41(3), 705–727. <https://doi.org/10.1177/02666669241269666>
- Liopyris, K., Gregoriou, S., Dias, J., ve Stratigos, A. (2022). Artificial intelligence in dermatology. *Dermatology and Therapy*, 12(12), 2637–2651. <https://doi.org/10.1007/s13555-022-00833-8>
- Liu, Y., Herrin, J., Huang, C., Khera, R., Dhingra, L., Dong, W., ... Lu, Y. (2022). Non-exercise machine learning models for maximal oxygen uptake prediction in national population surveys. <https://doi.org/10.1101/2022.09.30.22280471>
- Liu, Z., Meng, Y., Tian, S., Liu, B., Xiao, Y., Lei, Z., ... Hu, Z. (2025). Cutting-edge applications of wearable technology in exercise monitoring: A brief literature review (Preprint). <https://doi.org/10.2196/preprints.82474>
- McDevitt, S., Hernandez, H., Hicks, J., Lowell, R., Bentahaikt, H., Burch, R., ... Anderson, B. (2022). Wearables for biomechanical performance optimization. *Bioengineering*, 9(1), 33. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9010033>
- Mitra, U. (2025). *Pulse of the mind*. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-5007-3.ch009>
- Ning, Y., Cai, J., Li, Y., Zhang, Z., ve Wang, C. (2022). Design and power-assistance analysis of a bending-over exoskeleton robot. <https://doi.org/10.1117/12.2655660>
- Nur, S. (2024). The role of digital health technologies and sensors in wearable monitoring systems. <https://doi.org/10.55524/ijircst.2024.12.6.10>
- Nurkadri, N., Akhmad, I., Suharta, A., Pujianto, D., Laksana, A. A. N. P., Siong, N. U., . . . Syafitra, V. (2024). The role of digital smart wearable technology in VO2MAX measurement to support athlete performance and public health [Retracted]. *Retos*, 61, 1534-1545.
- Olabanji, S. O., Marquis, Y. A., Adigwe, C. S., Ajayi, S. A., Oladoyinbo, T. O., ve Olaniyi, O. O. (2024). AI-driven cloud security: Examining the impact of user behavior analysis on threat detection. *Asian Journal of Research in Computer Science*, 17(3), 57–74. <https://doi.org/10.9734/ajrcos/2024/v17i3424>
- Pappala, S., Harikishan, V., ve Latha, T. (2025). Advanced wearable systems, biometric authentication, real-time health analytics, edge computing, and AI-driven applications. *International Scientific Journal of Engineering and Management*, 4(7), 1–9. <https://doi.org/10.55041/isjem04758>
- Park, C., Hwang, J., ve You, J. (2021). Comparative effectiveness of robot-interactive gait training. <https://doi.org/10.1142/s0219519421400352>

- Park, J. (2026). ACSM fitness trends and kinesiological implications. <https://doi.org/10.15758/ajk.2026.28.1.101>
- Radhakrishnan, P., Saravanan, B., Kumar, S. R., Vanitha, P., Akanksha, A., ve Vinayagam, S. (2025, October). Adaptive anomaly detection in IoT-connected healthcare wearables using a combined random forest and K-means model. In *2025 IEEE 6th Global Conference for Advancement in Technology (GCAT)* (pp. 1-6).
- Rahmani, M., Majedi, N., Hemmatinejad, M., ve Jamshidi, A. (2024). Application of artificial intelligence in the sports industry. <https://doi.org/10.61838/kman.aitech.2.2.4>
- Rony, M. K. K., Akter, K., Nesa, L., Islam, M. T., Johra, F. T., Akter, F., ... Parvin, M. R. (2024). Healthcare workers' knowledge and attitudes regarding artificial intelligence adoption in healthcare: A cross-sectional study. *Heliyon*, 10(23), e40775. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40775>
- Shafik, W. (2025). The next generation of health monitoring. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-0538-7.ch003>
- Shang, X. (2024). The current status and future trends of wearable devices. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/2025.18829>
- Simeone, O. (2018). A brief introduction to machine learning for engineers. <https://doi.org/10.1561/9781680834734>
- Simonetti, D., Hendriks, M., Koopman, H., Keijsers, N., ve Sartori, M. (2024). A wearable gait lab powered by sensor-driven digital twins. <https://doi.org/10.1017/wtc.2024.14>
- Smith, A., White, M. G. E., Bradley, E., Donovan, T., Hudson, J., Khalid, A., ... Strongman, C. (2026). The CASES resource on artificial intelligence. <https://doi.org/10.65650/9zxsx-n0hg>
- Solnik, S., Rider, P., Steinweg, K., DeVita, P., ve Hortobágyi, T. (2010). Teager–Kaiser energy operator improves EMG onset detection. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1521-8>
- Syversen, A., Dosis, A., Zhang, Z., Jayne, D., ve Wong, D. (2025). Remote prediction of cardiorespiratory fitness in a preoperative cohort: Exploring short and long-term heart rate variability. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7241961/v1>
- Trzasański, K., Oświeczyńska, K., Sowa, A., Kupisiak, S., ve Jędrzejewska-Rzezak, P. (2025). Wearable technologies and AI-driven analytics for circadian rhythm monitoring. [https://doi.org/10.31435/ijitss.3\(47\).2025.3847](https://doi.org/10.31435/ijitss.3(47).2025.3847)

- Ustalar, A., Şentürk, A. & Eler, N. (2023). Spor Bilimlerinde Yapay Zekâ Kullanım Alanları. S. Akın & M.S. Erzeybek (Ed.), *Küreselleşen Dünyada Spor Bilimleri II* (s. 20-37). Duvar Kitabevi.
- Wen, B. (2025). A multimodal transformer framework for injury prediction. <https://doi.org/10.1177/14727978251348632>
- Włoch, T., Kwiatkowski, M., Koziński, T., Donderska, M., Bochniak, P., Kołacz, J., ... Spaczyńska-Kwiatkowska, M. (2025). Modern technologies in sports training. <https://doi.org/10.12775/qs.2025.42.60523>
- Wu, W., Saul, K., ve Huang, H. (2021). Reinforcement learning to estimate human joint moments. <https://doi.org/10.1115/1.4049333>
- Wu, Z. (2026). Exercise and artificial intelligence. <https://doi.org/10.18122/ijpah.5.1.73.boisestate>
- Xu, X., Wang, Q., Cheng, P., ve Huang, Z. (2025). Intelligent sports service platform and physiological index evaluation. <https://doi.org/10.62617/mcb1004>
- Yang, Q. (2025). Biomechanical analysis of hand muscle activity during piano playing. <https://doi.org/10.62617/mcb1351>
- Yeo, S., ve Park, G. (2020). Accuracy verification of gait parameters using IMU. <https://doi.org/10.3390/s20051343>
- Yunus, M., Wahyudi, N. T., Aditya, R. S., Puriastuti, A. C., Alrazeeni, D. M., Sari, G. M., ... Manggolono, L. N. G. (2025). The synergistic effects of circuit training and diet on weight loss, body fat percentage, and BMI in obese Indonesian females: A randomized controlled trial. *Indonesian Journal of Research in Physical Education, Sport, and Health*, 3(1), 45–55.
- Yüksel, O., Şentürk, A. (2022). Mobil egzersiz uygulamaları. Ö. Özer & R. Soslu (Ed.), *INSAC Contemporary Trends in Sport Sciences* (s. 162-172). Duvar Kitabevi.
- Zhang, X., Shan, G., Wang, Y., Wan, B., ve Li, H. (2019). Wearables and biomechanical feedback. <https://doi.org/10.3390/app9020226>
- Zheng, X., Liu, Z., Liu, J., Hu, C., Du, Y., Li, J., ... Ding, K. (2025). Integrating AI with wearable devices for cardiovascular health. <https://doi.org/10.1021/acsami.4c22895>

Bölüm VIII

YUMUŞAK GÜCÜN YENİ BİÇİMLERİ: DİJİTAL DİPLOMASİ KÜLTÜRÜ VE YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ REKREASYON

Selin CENGİZ¹
Ali YILDIRIM²

¹ Öğr. Gör., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Ermenek Uysal ve Hasan Kalan Sağlık Hizmetleri MYO, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Karaman, Türkiye, e mail: selincengiz@kmu.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-1695-4330

² Öğr. Gör., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Ermenek Uysal ve Hasan Kalan Sağlık Hizmetleri MYO, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, Karaman, Türkiye, e-mail: ayildirim@kmu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1995-128X

Giriş

Devletler arası ilişkilerde güç kavramı ana hatlarıyla sert güç ve yumuşak güç kavramları üzerinden incelenmektedir. Diplomasi alanında sıklıkla başvuru alan yumuşak güç unsurları ise güncel formları ile dijital diplomasi ve yapay zekâ alanlarında hayat bulmaktadır. Rekreatif yönetim alanı ise söz konusu güncel gelişmeler ışığında yumuşak güç kavramının büyük oranda yapay zekâ destekli platformlarda somutlaştığı bir alan haline gelmektedir. 20. yüzyılda uluslararası arenada yumuşak güç ilişkileri çeşitli kültürel değişim programları, sinema, spor faaliyetleri, turizm vb. alanlar üzerinden kurulmaktayken 21. yüzyılda ise yumuşak güç ilişkileri dijital platformlar tarafından oluşturulan ekosistemler, oyunlaştırılmış sosyal alanlar, öneri mahiyetindeki algoritmalar, yapay zekâ içerikleri vb. alanlar üzerinden kurulmaya başlanmıştır. Bu minvalde dijital diplomasi alanı ve yapay zekâ destekli rekreatif alanı bireysel farkındalık kavramının dışına taşan davranış mimarisi alanları haline gelmiştir. 21. yüzyıl atmosferinde 20. yüzyıldan ziyade devletlerin toplumları ikna etme süreci yerini devletlerin toplumların alışkanlıklarını şekillendirme sürecine bırakmıştır.

Bu çalışmanın amacı uluslararası ilişkiler literatürü içerisinde geleneksel bir biçimde yer almakta olan kültürel diplomasi ile yumuşak güç kavramları bağlamında ele alınan rekreatif faaliyetlerin yapay zekâ destekli dijital sosyal medya platformları aracılığı ile yepyeni bir güç üretim alanına dönüşmesini analiz etmektir. Devletler eskiden olduğu gibi doğrudan bir biçimde propaganda yöntemleri üretmekten ziyade artık bireysel boş zaman tercihleri, kültürel yönelimler, tüketim alışkanlıkları vb. alanları algoritmik nitelikteki öneri sistemleri vasıtasıyla şekillendirebilmektedir. Böylelikle rekreatif alanlarda ikna temelindeki diplomatik etkileşimler yerini davranış tasarımı temelli yöntemlere bırakmaktadır.

Çalışmanın tartışma eksenleri ise yapay zekâ destekli rekreatif sosyal medya platformlarının devletlerin diplomatik etki üretim ve kültürel etki üretim biçimlerinin ikna süreci ve propaganda süreci haricinde davranış tasarımı temelindeki süreçlere dönüşümü üzerinden belirlenmiştir. Bu minvalde algoritmik öneri sistemlerinin bireysel kültürel yönelimleri ya da toplumsal kültürel yönelimleri nasıl şekillendirdiği, dijital boş zaman pratiklerinin bireysel kimlik ve ulusal kimlik üzerindeki etkileri, rekreatif alanların jeopolitik rekabetlerin yeni sahası haline gelip gelmediği ve dijital platformların yeni çağın de facto altyapı düzenleyicisi niteliğindeki diplomatik aktörleri haline gelip gelmediği incelenmektedir.

Çalışma uluslararası ilişkilerde yumuşak güç perspektifini rekreatif yönetim literatürü ile kesiştiren bütüncül bir çerçeve üzerine inşa edilmiştir. Uluslararası ilişkiler literatürü içerisinde yumuşak güç kavramı çoğunlukla

kültürel üretim ve temsil kavramları üzerinden açıklanmaktadır. Fakat söz konusu çalışmalar algoritmik yönlendirme, sosyal medya platformları mimarisi, veri temelinde davranış tahminleri vb. unsurları diplomatik güç kavramı içerisine net bir biçimde oturtulamamaktadır. Bu çalışma rekreatif alanları sadece birer kültürel üretim alanı olarak değil, bütüncül bir biçimde uluslararası nitelikte bir algoritmik yönetim alanı olarak ele almaktadır.

Bu çalışma rekreatif alanı salt bir boş zaman etkinliği olarak değil devletlerin bireysel davranış ve toplumsal davranış üzerindeki etki üretebilme kapasitelerinin temel unsurlarından biri olarak yeniden kavramsal hale getirmektedir. Böylelikle uluslararası ilişkiler literatürü içerisinde yer alan yumuşak güç kavramının içerisinde bulunduğumuz algoritmik yüzyıl içerisindeki değişim ve dönüşümüne temel oluşturabilecek teorik bir çerçeve sunulmaya çalışılmaktadır.

Çalışma yöntemsel açıdan değerlendirildiğinde nitel kavramsal analiz yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Çalışma kapsamında dijital yönetim, güç kuramları, kültürel diplomasi ve sosyal medya platformları literatürleri birlikte değerlendirilmiştir.

Bu kavramsal ve kuramsal çerçeve doğrultusunda rekreasyonun kültürel çerçevesi ve yumuşak güç kavramı, dijitalleşme trendi ve rekreatif platformlaşma, davranışsal yönlendirme ve yapay zekâ, dijital diplomasi ve dijital platformlardaki aktörler ile jeopolitik rekreasyon kavramı ele alınacaktır.

1. Rekreasyonun Kültürel Çerçevesi ve Yumuşak Güç Kavramı

Rekreasyon bir anlamda bir kültürel güç üretim aracıdır. Boş zaman pratikleri ise yalnızca bireysel dinlenme ve bireysel eğlenme etkinlikleri olarak değil toplumsal değerlerin, toplumsal kimliklerin ve kültürel öğelerin yeniden üretilmekte olduğu kamusal alanlar biçiminde işlev görmektedir. Bu kapsamda rekreasyon alanı halihazırda çeşitli kanallar doğrultusunda yumuşak güç kavramının taşıyıcılığını üstlenmektedir. Festivaller, kültürel etkinlikler, spor organizasyonları, turizm faaliyetleri vb. unsurlar uluslararası arenada devletlerin cazibe üretim kapasitelerini artıran unsurlardır. Rekreasyonun cazibe üretim kapasitesi, bireylerin serbest zamana yükledikleri anlam ile doğrudan ilişkilidir. Er, Koç, Demirel ve Çuhadar (2019) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, serbest zamana atfedilen anlamın bireylerin yaşam doyumu düzeyini pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu bulgu, rekreasyonun yumuşak güç aracı olarak işlevsellik kazanabilmesinin salt mekânsal veya organizasyonel düzenlemelerle sınırlı olmadığını; aynı zamanda bireylerin boş zaman deneyimlerine yükledikleri kültürel ve duygusal anlam katmanlarıyla da doğrudan bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla devletlerin rekreatif alanlar üzerinden cazibe

üretebilme kapasitesi, bireylerin serbest zamanı anlamlandırma biçimlerini şekillendirebilme gücüyle orantılı hale gelmektedir.

Nye tarafından tanımlandığı üzere yumuşak güç kavramı ise belirli bir aktörün diğer aktörlere maddi teşvikler sağlamaksızın ve diğer aktörleri zorlamaksızın yalnızca cazibe yolu ile istenilen sonuçları elde etme kapasitesidir (Nye, 2004). Bu minvalde dış politika uygulamalarının meşruiyeti, kültürel öğeler, siyasal değerler vb. unsurlar yumuşak güç kavramının temel dayanaklarını oluşturmaktadır. Rekreatif alanlar ise kültürel öğelerin ve siyasal değerlerin gündelik yaşantıdaki en somut tezahürlerinden birini oluşturmaktadır. Bu minvalde festivaller, fuarlar, kültürel etkinlikler, spor organizasyonları, turizm faaliyetleri yoluyla üretilen deneyimler toplumsal imaj inşası ile evrensel algının şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Kültürel diplomasi hakkındaki literatür ise benzer bir şekilde uluslararası arenada devletler arası ilişkiler içerisinde anlayış üretebilme ve güven üretebilme potansiyeline işaret etmektedir (Melissen, 2005; Cull, 2008). Rekreatif etkinlikler bu bağlamda değerlendirildiği takdirde sadece sosyal refahı artıran hizmetler bütünü olarak değil aynı zamanda sembolik bir sermaye üretimi ile uluslararası görünürlüğü sağlayan birer araç niteliğindedir. Daha önce de söz edilen uluslararası nitelikteki çeşitli kültürel etkinlikler vasıtasıyla hem ekonomik bir meşruiyet alanı hem de normatif bir meşruiyet alanı üretilmektedir. Bu husus rekreasyonel alanı diplomatik etkileşimler ile kesişmekte olan stratejik bir siyasi saha haline getirmektedir.

Rekreasyonun kimlik inşası süreci ile toplumsal bütünleşme sürecindeki rolü Rojek ve Storey tarafından vurgulanmaktadır (Rojek, 2010; Storey, 2018). Bu minvalde boş zaman pratiklerinin bireysel aidiyet hissinin artırarak, kolektif hafızayı güçlendiren ve kültürel temsilleri ise dolaşımsal hale getiren alanlar olduğu bilinmektedir. Küreselleşme süreçlerinde ise söz konusu pratiklerin sınırları aşarak nitelikleri daha da belirgin hale gelerek kültürel öğeler ve rekreatif etkinlikler uluslararası arenada dolaşıma açık bir hale gelmektedir. Böylelikle rekreasyonel faaliyetlerin salt yerel nitelikte toplumsal faaliyetlerden değil küresel bir etkileşim ağının parçalarından oluştuğu gözlemlenmektedir. Rekreasyonel faaliyetlerin küresel bir etkileşim ağının parçası haline gelmesi, aynı zamanda bu faaliyetlerin sosyal bağlılık üzerindeki etkisini de sınır ötesi bir boyuta taşımaktadır. Nitekim Demirel, Er, Çuhadar ve Aksu (2023) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, serbest zaman ilgileniminin bireylerin sosyal bağlılık düzeyini anlamlı biçimde artırdığı belirlenmiştir. Bu bulgu, rekreasyonun yalnızca yerel düzeyde bireysel bir deneyim olmadığını; aynı zamanda toplumsal bütünleşmeyi ve kolektif aidiyet duygusunu güçlendiren bir sosyal sermaye üretim mekanizması olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla rekreasyonun

yumuşak güç kavramı bağlamındaki taşıyıcılık kapasitesi, kültürel temsil üretiminin yanı sıra toplumsal bağların küresel ölçekte pekiştirilmesi yoluyla da işlevsellik kazanmaktadır.

Rekreasyon alanı ve yumuşak güç kavramı ilişkisi yumuşak güç kavramının klasik manada “cazibe” boyutunun somut hale geldiği rekreatif alanlardan oluşmaktadır. Fakat bu hususta önemli olan nokta klasik manadaki “cazibe” üretiminin genel itibariyle içerik üretimi ve temsil üretimi üzerinden inşa edilmekte olmasıdır. Buna örnek olarak film endüstrileri, kültürel miras öğeleri, sportif faaliyetlerde öne çıkan isimler ve turizm destinasyonları verilebilmektedir. Dolayısıyla rekreatif temeldeki yumuşak güç algısının büyük bir ölçüde kültürel anlatı ve sembolik temsil üretimine dayandığı söylenebilmektedir.

Dijitalleşme sürecinin anlatı ve temsil temelindeki etki modelinin de sınırlarını değiştirdiği hatta dönüştürdüğü gözlemlenmektedir. Rekreasyon alanları artık yalnızca içerik üretimi ve kültürel temsil yolu ile değil aynı zamanda bireysel tercihleri, gündelik olanlar da dahil olmak üzere, şekillendirmekte olan dijital platformlar mimarisi ve buna bağlı olarak algoritmik öneri sistemleri vasıtasıyla deneyimlenmektedir. Bu husus yumuşak güç kavramının cazibe temelindeki klasik manasından ziyade davranış yönlendirme ana temasında yepyeni bir etki modeline dönüştüğünü düşündürmektedir. Dolayısıyla rekreasyonun yumuşak güç kavramı bağlamında yeniden ele alınmış olması dijital çağın güç dinamiklerini analiz edebilmek adına kuramsal bir gereklilik haline gelmektedir.

2. Dijitalleşme Trendi ve Rekreatif Platformlaşma

Boş zaman kavramı mekân bazlı bir kavram olmaktan çıkarak dijital platformlar temelinde mekândan görece bağımsız bir kavram haline gelmiştir. Rekreasyon kavramı çağımızda salt fiziki kamusal alanı değil daha ziyade algoritmik platformlar mimarisi içerisinde deneyimlenen bir alanı da ifade eder hale gelmiştir. Böylelikle söz konusu kavram kamusal alanlar, kültür merkezleri, parklar, spor tesisleri ile sınırlı olmaksızın akış (*streaming*), çevrimiçi topluluklar, dijital oyun vb. ekosistemler ve sosyal medya platformlarına taşınmıştır.

Rekreasyonun fiziksel alanlardan taşınması, mekândan görece bağımsız hale gelme sürecindeki değişim ve dönüşümü akıllara Castells’in “ağ toplumu”nu getirmektedir. Yazara göre modern toplum bağlamında etkileşim ilişkileri ve güç ilişkileri “ağ yapıları” vasıtasıyla yeniden şekillenmektedir (Castells, 2010). Bu minvalde rekreasyon alanı da “ağ toplumu” ve “ağ yapıları” çerçevesinde değerlendirildiği takdirde bireylerin rekreatif faaliyetlerinin etkileşimler, içerik

tüketimleri ve üretimler bağlamında çoğunlukla dijital platformlar vasıtasıyla gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Sosyal medya platformları bu minvalde yalnızca içerik sunmakta olan görsel ve işitsel araçlar olarak değil aynı zamanda bireysel görünürlük düzeyini, bireysel katılım biçimlerini ve sosyal-toplumsal ilişkileri yeniden düzenleyen yapısal alanlar olarak rol oynamaya başlamıştır. Bu husus rekreasyonel deneyimin fizikselden algoritmaya aktarılmaya başladığının göstergesi niteliğindedir. Rekreasyonel deneyimin dijital platformlara taşınması, bireylerin gündelik yaşamlarında serbest zaman ile diğer sorumluluk alanları arasındaki dengeyi de yeniden yapılandırmaktadır. Er, Çuhadar, Demirel, Kaya ve Aksu (2021) tarafından üniversite öğrencileri üzerinde gerçekleştirilen araştırmada, akademik yaşam ile serbest zaman arasında anlamlı bir çatışmanın varlığı tespit edilmiş; bu çatışmanın bireylerin merak düzeyi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, dijital platformların dikkat ve zaman kaynakları üzerindeki rekabetini somutlaştırmaktadır. Algoritmik öneri sistemlerinin bireysel dikkat alanını sürekli biçimde rekreatif içeriğe yönlendirmesi, bireylerin zorunlu yaşam alanları ile serbest zaman arasındaki dengeyi bozarak platformlara bağımlı bir dikkat ekonomisi üretmektedir.

Sosyal medya platformlarının işleyiş yapısı bireysel kullanıcı etkileşimlerinden veri üretmek ve söz konusu verileri ekonomik bir değere dönüştürmek üzerine kurulmuştur. Bu ana işleyiş yapısının yanı sıra söz konusu dijital platformlar bireysel kullanıcı davranışlarını da yönlendirme amacı taşımaktadır. Nitekim ampirik düzeyde de sosyal medya kullanım alışkanlıklarının bireylerin boş zaman yönetim kapasitelerini doğrudan etkilediği ortaya konmuştur. Çuhadar, Er ve Demirel (2022) tarafından üniversite öğrencileri üzerinde gerçekleştirilen araştırmada, sosyal medya bağımlılık düzeyinin artmasıyla birlikte bireylerin serbest zamanlarını planlama, amaç belirleme ve değerlendirme becerilerinin zayıfladığı belirlenmiştir. Bu bulgu, dijital platformların yalnızca içerik sunan araçlar olmadığını; aynı zamanda bireysel boş zaman pratiklerini yapısal düzeyde yeniden biçimlendiren aktörler olduğunu destekler niteliktedir. Bu noktada Srnicek tarafından öne sürülen “platform kapitalizmi” yaklaşımı devreye girmektedir (Srnicek, 2017). Rekreasyonun yeni yapısal alanı haline gelen dijital platformlar yeni dijital rekreasyon alanı için iki önemli boyutu ortaya koymaktadır: ekonomik boyut ve yapısal boyut (Srnicek, 2017). Rekreatif faaliyetlerin hatırı sayılır bir kısmı söz konusu dijital platformlar çerçevesinde veri temelli altyapılar vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Sosyal medya platformları üzerinden takip edilen çevrimiçi kültürel etkinlikler, dijital ortamdaki konserler, e-spor organizasyonları vb. faaliyetler boş zaman kavramı ile sosyal medya platformlarının işbirliğini gözler

önüne sermektedir. Bu sayede rekreasyon yalnızca kültürel alanda sınırlı kalmayarak veri temelli bir üretimsel alan haline gelmektedir.

Sosyal medya platformlarının temel işleyiş prensiplerinin yanı sıra aynı zamanda bireysel davranışları şekillendirme boyutundan söz edilmişti. Bu noktada dijital platformların Gillespie tarafından da vurgulandığı üzere “tarafsız araçlar” rolü değişim ve dönüşüme uğrayarak içeriksel akışı düzenleyici ve görünürlüğü belirleyici “normatif araçlar” rolüne evrilmektedir (Gillespie, 2018). Böylelikle rekreatif alanlar bireysel kullanıcıların özgür iradeye bağlı tercihleri vasıtası ile şekillenmekte olan yatay bir alan olmaktan çıkarak belirlenmiş algoritmik önceliklendirmeler vasıtasıyla yapılandırılmakta olan dikey bir deneyim alanı haline gelmektedir. Öne çıkan içerikler, görünür hale gelen etkinlikler ve dolaşımdaki ürünler sosyal medya platformları tarafından şekillendirilmektedir. Bu husus rekreasyonel deneyimleri tamamıyla teknik altyapı bazında bir mesele olmaktan çıkarıp bir güç ilişkileri ve yönetim meselesi haline getirmektedir.

Söz konusu değişimler ve dönüşümler rekreasyonun mekân bazlı bir kamusal etkinlik kalıbının dışına çıkarak platform bazlı bir yönetim alanı haline geldiğini göstermektedir. Sosyal medya platformları boş zaman kavramı çerçevesinde etkileşim biçimlerini, görünürlük düzeylerini ve kültürel dolaşım öğelerini belirleyen yapısal aktörler haline gelmiştir. Dolayısıyla rekreatif platformlaşma klasik kültürel diplomasi ile yumuşak güç kavramı üzerindeki tartışmaların yeniden düşünülmesini gerektirmektedir. Çağımızda rekreasyon salt temsil edilmekte olan kültürel içerikler üzerinden değil platform mimarisi üzerinden kurulan bir yapısal etki alanı üretim sürecine hazırlanmaktadır. Bu minvalde bu platform mimarisinin davranışsal yönlendirme boyutunun çalışma prensibini ve yapay zekâ teknolojisinin bu süreçteki rolünü analiz etmek gerekli hale gelmektedir.

3. Davranışsal Yönlendirme ve Yapay Zeka

Yumuşak güç kavramı ‘ikna’ temelinden ‘davranış tasarımı’ temeline doğru bir anlam değişimi ve dönüşümüne sahne olmaktadır. Güç kavramı çağımızda bir temsil üretimi sağlamaktan ziyade bir tercihler alanı üretmektedir. Bir başka ifadeyle çağımızdaki güç ilişkileri bireylerin neyi düşündüğünden ziyade nasıl davranacaklarını ve neleri tercih edeceklerini şekillendirme hususları üzerinden işlemektedir.

Nye tarafından ortaya konulan yumuşak güç yaklaşımı çerçevesinde “cazibe” ve “ikna” kavramları vasıtasıyla değerler ve kültürler üzerinden rıza üretimi sağlandığı belirtilmişti (Nye, 2004). Fakat sosyal medya platformlarındaki süreç söz konusu cazibe ve ikna temelli modeli daha farklı bir düzeye taşımaktadır.

Yapay zekâ temelli önerisel sistemler bireysel kullanım tercihlerini analiz etmek suretiyle içerik akışı bölümünü kişisel hale getirerek bireysel olarak karşılaşılabilecek kültürel öge seçeneklerinin önceden filtrelenmesi sağlanmaktadır. Pariser tarafından ortaya konulan “filtre balonu” kavramı bu noktada önem arz etmektedir (Pariser, 2011). Yazar filtre balonu kavramını bireysel olarak maruz kalınan bilgi içerikleri ve kültürel öge içeriklerinin algoritmik bir biçimde sınıflandırılması anlamına karşılık gelecek biçimde kullanmaktadır (Pariser, 2011). Böylelikle etki üretim süreci yalnızca bireyin karşısına çıkabilecek mesajın içeriği üzerinden değil, aynı zamanda bireyin söz konusu mesaj ile karşılaşabilme olasılığının düzenlenmesi vasıtasıyla gerçekleşmektedir.

Yapay zekâ vasıtasıyla gerçekleşen davranışsal yönlendirme süreci daha ileri bir düzeye taşındığı takdirde Zuboff’un sözünü ettiği “gözetim kapitalizmi” kavramı bu sürecin radikalliğini yansıtan bir kavram olarak kullanılabilecektir (Zuboff, 2019). Yazara göre sosyal medya platformları bireysel kullanım deneyimlerini veri hammadresi olarak kullanarak söz konusu veriler vasıtasıyla davranış tahminlerinde bulunmaktadır (Zuboff, 2019). Çevrimiçi oyunlardaki davranışlar, izlenmekte olan içerikler ve katılım sağlanan etkinlikler gibi rekreatif tercihler ise yalnızca bireysel eğilimleri yansıtmamakta aynı zamanda tahmin edilebilir ve yönlendirilebilir nitelikte davranış kalıpları oluşturmaktadır. Bu kuramsal çerçeveyi destekleyen ampirik bulgular, dijital bağımlılığın bireylerin gündelik yaşam pratiklerini ve boş zaman yönetim becerilerini doğrudan etkilediğini göstermektedir. Demirel, Er, Kaya ve Çuhadar (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, dijital bağımlılık düzeyinin artmasıyla bireylerin boş zamanlarını bilinçli biçimde planlama ve değerlendirme kapasitelerinin anlamlı düzeyde azaldığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, Zuboff’un davranış tahmin ve yönlendirme mekanizmalarına ilişkin tezini rekreasyon alanında somutlaştırmakta; dijital platformların bireysel boş zaman pratiklerini yalnızca içerik düzeyinde değil, davranışsal düzeyde de yeniden yapılandırıldığını ortaya koymaktadır. Bu minvalde güç temsil üretimi ekseninden davranış öngörümü ve yönlendirmesi eksenine kaymaktadır.

Davranış yönlendirme hususu uluslararası ilişkiler literatürü ve rekreasyon yönetimi literatürüne sosyal psikoloji literatürünün de eklenmesi ile daha anlamlı bir hale gelebilecektir. Bu noktada Bandura tarafından ortaya konulan sosyal öğrenme kuramı önem taşımaktadır (Bandura, 2011). Yazarın ortaya koyduğu sosyal öğrenme kuramı bireysel davranışların gözlem yöntemi, model alma yöntemi ve pekiştirme süreci vasıtasıyla şekillendiğini varsaymaktadır (Bandura, 2011). Söz konusu kuram ve karşılıklı belirleyicilik ilkesi birlikte düşünüldüğü takdirde birey sadece çevresinden etkilenmemekte aynı zamanda maruz kalmakta

olduğu çevreyi, diğer bireyleri ve karşılaştığı içerikleri de aktif bir biçimde seçmektedir. Bireyin seçtiği her şey onun algısını şekillendirmektedir. Şekillenen bireysel algı bireysel davranış örüntülerini ardından bireysel değerleri ve netice itibarıyla bireysel kimliği şekillendirebilmektedir. Böylelikle dijital platformlar yapay zekâ desteği ile birlikte davranışsal yönlendirme üzerinde büyük oranda etkili olmaktadır.

Bireysel tercihlerin şekillendirilmesi tercih mimarisi kavramı üzerinden açıklanmaktadır. Bu noktada Thaler ve Sunstein tarafından öne sürülen “nudge” yaklaşımı önem taşımaktadır (Thaler ve Sunstein, 2008). “Nudge” yaklaşımı Türkçe’ye “dürtme” yaklaşımı olarak çevrilebilmektedir. Yazarlara göre özellikle söz konusu alanlarda bireysel tercihlerin sunum şekli bireysel karar alma sürecini belirgin bir şekilde etkilemektedir (Thaler ve Sunstein, 2008). Bu minvalde yapay zekâ destekli platformlar ise söz konusu tercihleri kişiselleştirmekle birlikte aynı zamanda bu tercihlere otomatik bir nitelik kazandırmaktadır. Bu husus güç kavramının belirgin bir propaganda malzemesi yerine gizli bir yönetim mekanizması biçiminde de kullanılabileceği fikrini destekler niteliktedir. Nitekim söz konusu gizli yönetim mekanizmasının bireysel düzeydeki etkileri ampirik bulgularla da desteklenmektedir. Çuhadar, Demirel, Er ve Serdar (2020) tarafından ergenler üzerinde gerçekleştirilen araştırmada, akıllı telefon bağımlılığı ile gelecek beklentisi arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Bu bulgu, dijital platformların yalnızca anlık boş zaman tercihlerini değil; aynı zamanda bireylerin uzun vadeli yaşam tasarımlarını ve gelecek algılarını da şekillendirme potansiyeli taşıdığını göstermekte olup tercih mimarisinin bireysel gelecek perspektifini de kapsayan yapısal bir yönlendirme mekanizmasına dönüştüğüne işaret etmektedir.

Söz konusu değişim ve dönüşüm süreci rekreasyonu birleştirdiği klasik kültürel diplomasi tanımından kopararak yapay zekâ odaklı davranış tasarım kalıplarının tam merkezine yerleştirmektedir. Böylelikle güç kavramı temsil üretimi sürecinden ziyade tercih alanı üretimi sürecinde kullanılan bir kavram haline gelmektedir. İkna süreci ise yerini davranış kalıplarının yapılandırılması sürecine bırakmaktadır. Bu noktada ise dijital rekreasyon alanı kavramı gündeme gelmektedir. Dijital rekreasyon alanı salt kültürel nitelikteki cazibe ve ikna yönteminin değil aynı zamanda davranışsal yönetim kavramının da somutlaştığı bir saha olarak öne çıkmaktadır.

4. Dijital Diplomasi ve Dijital Platformlardaki Aktörler

Yumuşak güç alanında devletlerin geleneksel nitelikteki konumları sosyal medya platformları şirketleri tarafından geliştirilen dijitalleşme süreci ile birlikte bir değişime ve dönüşüme gebedir. Küresel çapta kamu diplomasisi ve kültürel

diplomasi uygulama süreçleri uzun vadede resmi devlet kurumları tarafından ulusal kültürel politikalar vasıtasıyla yürütülmekle birlikte çağımızda dijital platformlar ve bu platformları yöneten şirketler söz konusu yönetim ağına ve yönetim alanına dahil olmuştur. Bu sayede sosyal medya platformlarının ve bu platformları yöneten şirketlerin de facto altyapı düzenleyicileri/yarı-diplomatik aktörler haline gelebilme ihtimalleri doğmuştur. Çünkü etkileşimsel altyapı, görünürlük düzeyleri ve kültürel dolaşım gün geçtikçe söz konusu platformlar eliyle şekillendirilmektedir.

Cull ve Melissen tarafından ortaya konulan çalışmalarda kamu diplomasisi literatürüne yapılan katkıdan söz edilmişti. Yazarlara göre diplomasi kavramı günümüzdeki manasıyla tek yönlü bir mesaj iletiminden ziyade ağ temelli ve çok aktörlü bir iletişim sürecini kapsamaktadır (Cull, 2008; Melissen, 2005). Bu minvalde dijitalleşme süreci söz konusu çok aktörlü yapıyı daha da derinleştiren bir unsur haline gelmiştir. Devletlerin sosyal medya platformları dahilindeki resmi hesapları, paylaştıkları kültürel öge içerikleri ve yürütmekte oldukları dijital kampanyalar da sosyal medya platformları tarafından şekillendirilen algoritmik düzenlemelere tabidir. Bu husus diplomasi alanında mesaj içeriğinden ziyade söz konusu mesajın görünürlük kapasitesi üzerinde duran platform mimarisinin stratejik önemini artıran bir unsur haline gelmiştir.

Küresel çapta gündeme gelen ağ altyapıları güç üretimi noktasında kullanılabilir. Farrell ve Newman tarafından ortaya konulan “araçsallaştırılmış ya da silahlaştırılmış karşılıklı bağımlılık (*weaponized interdependence*)” yaklaşımı ise küresel çaptaki ağ altyapılarının uluslararası arenada devletler tarafından stratejik birer baskı aracı olarak kullanılabileceği varsayımında bulunmaktadır (Farrell ve Newman, 2019). Bu minvalde dijital alandaki sosyal medya platformları sadece ekonomik güç değil aynı zamanda jeopolitik güç üretimi alanlarına dönüşme potansiyeli taşımaktadır.

Dijital platformlar hem ekonomik hem de jeopolitik altyapılar olarak işlev görme potansiyeli taşıırken dijital etkileşim, içerik akışı ve veri akışı belirli merkezlerde yoğunlaşmaktadır. Söz konusu merkezler ise küresel etki üretim sürecinde avantajlı hale gelmektedir. Diplomasi bu sayede hem devletlerin resmi söylemleri üzerinden hem de platformların ağ kontrol edebilme kapasitesi vasıtasıyla şekillenmektedir.

Dijital alanlarda yürütülmekte olan stratejik yönlendirme faaliyetlerinin analiz edildiği dijital diplomasi konulu bir çalışma örneği de Bjola tarafından ortaya konulmuştur (Bjola, 2016). Bu çalışmaya göre dijital diplomasi kavramı devletlerin sosyal medya platformlarını yepyeni bir diplomatik araç biçiminde kullanabilme kapasitesini vurgulamaktadır (Bjola, 2016). Bu minvalde devletler içerik üretmekle birlikte söz konusu içeriklerin kontrolü büyük bir ölçüde sosyal

medya platformlarını yöneten şirketlere aittir. Bu husus egemenlik kavramını da dijital bağlamda tartışılmalı hale getirmektedir.

Tüm bu gelişmeler göz önüne alındığı takdirde dijital platformlar klasik ve tam manada birer diplomatik aktör olmamakla birlikte diplomatik etki üretimi sürecinde birer yapısal düzenleyici rolü üstlenmektedir. Rekreasyon alanında üretilmekte olan çevrimiçi oyun, dijital etkinlik, kültürel trend, spor müsabakaları vb. içerikler sosyal medya platformları aracılığıyla küresel çapta dolaşıma girmektedir. Dolayısıyla sosyal medya platformlarının yönetici şirketleri salt birer iletişim aktörü olarak değil aynı zamanda davranış kalıpları belirleyicileri ve kültürel akış düzenleyicileri olarak da değerlendirilebilmektedir. Böylelikle rekreatif alanlar devlet odaklı yumuşak güç alanları olmaktan ziyade çok aktörlü ve platform bazlı birer diplomatik sahaya dönüşmektedir.

5. Jeopolitik Rekreasyon

Rekreasyon alanı güncel gelişmeler sonucunda bir küresel güç rekabeti alanına dönüşmektedir. Gelecekteki güç mücadelesi ise şimdiye kadar olduğu üzere eğitim, kültür yahut toplum alanında değil tamamen bireysel bazda bilhassa boş zaman, dikkat ve odak kavramları üzerinde yaşanabilecektir. Bu noktada ortaya çıkabilecek bir kavram olan jeopolitik rekreasyon kavramı ise uluslararası arenada devletlerin ve sosyal medya platformları kapsamındaki aktörlerin boş zaman kavramı pratikleri ile kültürel tüketimdeki alışkanlıkları şekillendirmek suretiyle kendileri için önceden belirlenmiş sınırları aşan bir etki üretme kapasitesine sahip olmasını açıklamak amacıyla kullanılabilecektir. Bu minvalde güncel güç ilişkileri yalnızca içerik üretim süreci yahut normatif temsiller üzerinden değil aynı zamanda bireysel gündelik tercihlerin düzenlendiği altyapılar üzerinden de işleyebilecektir. Bireysel gündelik tercihlerin yapısal düzenlenmesi, özellikle boş zaman yönetim becerisi düşük olan bireylerde daha belirgin bir etkiye sahip olabilmektedir. Er, Demirel ve Çuhadar (2020) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, boş zaman yönetim becerileri zayıf olan bireylerin serbest zamanda sıkılma algısının anlamlı düzeyde yükseldiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, jeopolitik rekreasyon perspektifinden değerlendirildiğinde, sıkılma algısı yüksek ve boş zamanını yönetme kapasitesi düşük bireylerin dijital platformların algoritmik yönlendirme mekanizmalarına daha açık bir hedef kitle oluşturduğuna işaret etmektedir. Dolayısıyla bireysel boş zaman yönetim becerisindeki açıklar, dijital platformlar aracılığıyla işleyen güç ilişkilerinin nüfuz alanını genişleten yapısal bir zafiyet olarak değerlendirilebilmektedir.

Dijital platformlar ile veri temelli ve yapay zekâ destekli sistemler rekreatif deneyimleri küresel çaptaki ağlara entegre hale getirerek kültürel dolaşım sürecini hızlandırmakla birlikte söz konusu dolaşımı belirli merkezler bazında

yoğun bir hale getirmektedir. Daha önce söz edilen Farrell ve Newman tarafından ortaya konulan “araçsallaştırılmış ya da silahlaştırılmış karşılıklı bağımlılık (*weaponized interdependence*)” yaklaşımı küresel çaptaki ağların merkezilik niteliklerinin stratejik birer avantaj haline getirilebileceğini vurgular niteliktedir (Farrell ve Newman, 2019). Bu minvalde dijital platformlar yalnızca birer ekonomik aktör olarak değil aynı zamanda kültürel akışların ve rekreatif etkileşimlerin birer jeopolitik düzenleyicisi haline gelmektedir.

Rekreasyon alanının salt kültürel cazibe temelli değil aynı zamanda veri temelindeki tahminler ve yönlendirmeler aracılığıyla işlemekte olduğunu daha önce de bahsedilen Zuboff’un ortaya koymuş olduğu “gözetim kapitalizmi” kavramı desteklemektedir (Zuboff, 2019). Davranışsal düzenleme hedefiyle gerçekleştirilen boş zaman etkinlikleri küresel çaptaki güç rekabeti çerçevesinde izlenebilir, ölçülebilir ve nihayetinde yönlendirilebilir boyutlarda incelenmektedir. Güç kavramı bu minvalde temsil üretiminden ziyade dikkat, odak ve tercih mimarileri üzerinden tanımlanabilir bir duruma gelmektedir.

Jeopolitik rekreasyon kavramı ise devletler ile küresel çaptaki sosyal medya platformları aktörlerinin boş zaman pratiklerini, dikkat ve odak alanlarını ve kültürel tüketim alışkanlıklarını şekillendirmek suretiyle sınırları aşan etki üretebilme kapasitesini yansıtabilmek adına önem arz etmektedir. Jeopolitik rekreasyon kavramı kültürel diplomasinin klasik tanımının ve temel araçlarının da ötesinde bireysel manada davranış yönlendirmesi ile küresel çaptaki güç üretimi arasındaki ilişkiyi tanımlayabilmek amacıyla ortaya çıkmıştır. Bu minvalde kavram boş zaman pratiklerinin günümüzde yalnızca bir kültürel etkileşim yahut sosyal refah alanı olmaktan çıkarak stratejik manada bir jeopolitik kaynak haline geldiğini varsaymaktadır.

Dolayısıyla gelecekteki güç mücadelelerinin sadece askeri alanlarda yahut ekonomik alanlarda değil dijital katılım alanında, dikkat ekonomisi ile odak ekonomisi alanlarında ve rekreatif tercihler alanında da sürdürülebileceği gözlemlenmektedir. Rekreatif alanlar da bu minvalde kamusal yönetim kavramı ile küresel çaptaki güç üretim süreci arasındaki kesişim kümesinde yer almakta olan yepyeni bir stratejik saha olarak değerlendirilebilmektedir.

Sonuç

Bu çalışma kapsamında yumuşak güç kavramının klasik manadan algoritmik manaya geçişi rekreasyon yönetimi alanı ile birlikte değerlendirilerek tartışılmıştır. 20. yüzyıl boyunca yumuşak gücün tanımı çoğunlukla cazibe üretimi, ikna, kültürel temsil ve ulusal imaj üzerinden yapılmaktayken 21. yüzyıl bağlamında söz konusu tanım dijital platformların altyapısal etkileri sebebiyle değişerek dönüşmüştür. Rekreasyon alanı söz konusu değişim ve dönüşümün en

somut yansımalarından biri olarak hem gündelik yaşam pratiklerinin hem de kültürel dolaşımın hızlandığı veri temelli sistemler vasıtasıyla yeniden şekillenen bir kesişim kümesi haline gelmiştir.

Çalışmanın temel bulgularından ilki rekreatif deneyimin mekân temelinde fiziksel bir kamusal faaliyet olmaktan çıkarak platform temelindeki bir ekosistem içerisinde yaşanır hale gelmesi hususudur. Bu minvalde Castells'in "ağ toplumu" yaklaşımı rekreatif pratiklerin küresel çaptaki ağlar tarafından yeniden şekillendirildiğini gösterirken Srnicek'in "platform kapitalizmi" yaklaşımı ise söz konusu pratiklerin ekonomik değer ve veri üretimi üzerinden yeniden yapılandırıldığını ortaya koymaktadır. Gillespie tarafından platformların "normatif aracı" rollerine yapılan vurgu ise rekreasyonun salt bir kültürel üretim alanı olmaktan çıkıp görünürlük düzeyleri ve içeriksel akışların düzenlendiği yapısal bir yönetim alanı olarak değerlendirildiğini işaret etmektedir.

Temel bulgulardan bir diğeri ise yumuşak gücün "ikna" temelinden "davranış tasarımı" temeline kaydığı tespittir. Yapay zekâ temelindeki öneri sistemleri bireysel kullanıcıların karşılaşabileceği içerik alanını filtrelemek suretiyle kişiselleştirerek etki üretim sürecini sadece mesajın içeriği noktasında değil mesaj ile karşılaşma olasılığı ve seçenekler setinin düzenlenmesine bağlamaktadır. Zuboff'un "gözetim kapitalizmi" yaklaşımı da söz konusu dönüşümün davranış tahminleri ve yönlendirmeleri üzerinden işlemekte olan farklı bir yüzeye taşındığını işaret etmektedir. Bandura'nın "sosyal öğrenme kuramı" ise bu noktada davranışların gözlem, model alma ve pekiştirme yolları ile şekillendiğini vurgulamaktadır. Bu minvalde dijital platformların yalnızca teknik birer araç değil kimlik oluşumu ve öğrenme süreçlerine nüfuz edebilen sosyo-psikolojik alanlar haline geldiği düşünülmektedir. Bu doğrultuda güç kavramı ise temsil üretiminden ziyade tercih alanı üretimi kapasitesi olarak görünür bir hale gelmektedir.

Çalışmanın temel bulgularından bir diğeri ise dijital diplomasi alanındaki aktörleşme sürecinin ağ temelinde çok aktörlü bir biçime evrilmesidir. Kamu diplomasisi kavramının tek yönlü mesaj aktarım sürecinden daha ziyade ağ temelli ve etkileşimsel bir sürece evrilmesi ise platformların diplomatik etki üretimi rolünü artırmaktadır. Devletler tarafından üretilen dijital kampanyalar ve kültürel içerikler sosyal medya platformlarının algoritmik düzenlemelerine ve görünürlük düzeylerine tabidir. Farrell ve Newman tarafından öne sürülen "araçsallaştırılmış yahut silahlaştırılmış karşılıklı bağımlılık" yaklaşımı ağ altyapılarındaki merkezilik niteliğinin stratejik avantajlar üretebileceğine değinmektedir. Bu minvalde dijital platformların sadece ekonomik altyapılar olarak değil aynı zamanda jeopolitik altyapılar olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Böylelikle dijital platform şirketleri ise klasik manada birer devlet

rolünde olmamakla birlikte diplomatik etki üretim kapasiteleri boyutunda yapısal düzenleyici bir rol oynamaktadır. Bu rol gün geçtikçe yarı-aktör/de facto altyapı düzenleyicisi niteliğine yaklaşmaktadır.

Sonuç itibariyle dijital diplomatik kültür ve yapay zekâ temelli rekreatif ekosistemler güç ilişkileri içerisinde mikro düzeyde dikkat, odak ve tercih mimarileri vasıtasıyla yeniden kurulmakta olan bir bağlam üretimi sürecindedir. Bu husus yumuşak güç kavramının geleceğine dair tartışmaların salt kültürel içerik üretimi ve temsil üretimi boyutları ile sınırlı kalamayacağına işaret etmektedir. Güncel gelişmeler ışığında yumuşak güç kavramının içeriği davranışsal yönlendirme kapasitesi, platform mimarisi, veri yönetimi vb. unsurlar dahil edilmek suretiyle genişletilmektedir. Gelecekteki çalışmalar boyutunda ise “jeopolitik rekreasyon” kavramının çeşitli platform örnekleri ve ülkesel stratejiler üzerinden karşılaştırmalı bir biçimde test edilmesi ayrıca dijital eşitsizlik, dijital etik ve dijital mahremiyet kavramlarının diplomatik stratejiler çerçevesinde ve rekreatif boyutta değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Bandura, A. (2011). The social and policy impact of social cognitive theory. In M. M. Mark, S. I. Donaldson, ve B. Campbell (Eds.), *Social psychology and evaluation* (pp. 33-70). Guilford Press.
- Bjola, C. (2016). Digital diplomacy: The state of the art. *Global Affairs*, 2(3), 297-299. <https://doi.org/10.1080/23340460.2016.1239372>
- Castells, M. (2010). *The rise of the network society* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Cull, N. J. (2008). Public diplomacy: Taxonomies and histories. *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science*, 616(1), 31-54. <https://doi.org/10.1177/0002716207311952>
- Çuhadar, A., Demirel, M., Er, Y., ve Serdar, E. (2020). Ergenlerde akıllı telefon bağımlılığı ve gelecek beklentisi ilişkisinin incelenmesi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 15(24), 2528-2544.
- Çuhadar, A., Er, Y. ve Demirel, M. (2022). Relación del uso de redes sociales y gestión del ocio en estudiantes universitarios. *Apuntes Universitarios*, 12(4), 79-97.
- Demirel, M., Er, Y., Çuhadar, A. ve Aksu, H. S. (2023). An evaluation of leisure involvement and social connectedness from the perspective of undergraduate students. *Journal of Sport Sciences Research*, 8(1), 29-42.
- Demirel, M., Er, Y., Kaya, A. ve Çuhadar, A. (2022). Dijital bağımlılık ve boş zaman yönetiminin günlük hayata etkisinin incelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(3), 1292-1306.
- Er, Y., Çuhadar, A., Demirel, M., Kaya, A. ve Aksu, H. S. (2021). Examination of the relationship between the university students' course-leisure conflict and curiosity. *PJMHS*, 15(3), 929-934.
- Er, Y., Demirel, M. ve Çuhadar, A. (2020). Investigation of leisure management skills and leisure boredom in university students in terms of different variables. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 9(6), 49-54.
- Er, Y., Koç, M. C., Demirel, M. ve Çuhadar, A. (2019). The meaning of leisure and life satisfaction: The sample of university students. *International Journal of Culture and History*.
- Farrell, H., ve Newman, A. L. (2019). Weaponized interdependence: How global economic networks shape state coercion. *International Security*, 44(1), 42-79. https://doi.org/10.1162/isec_a_00351
- Gillespie, T. (2018). Custodians of the internet: *Platforms, content moderation, and the hidden decisions that shape social media*. Yale University Press.
- Melissen, J. (Ed.). (2005). *The new public diplomacy: Soft power in international relations*. Palgrave Macmillan.

- Nye, J. S., Jr. (2004). *Soft power: The means to success in world politics*. PublicAffairs.
- Pariser, E. (2011). *The filter bubble: What the internet is hiding from you*. Penguin Press.
- Rojek, C. (2010). *The labour of leisure: The culture of free time*. SAGE Publications.
- Srnicek, N. (2017). *Platform capitalism*. Polity Press.
- Storey, J. (2018). *Cultural theory and popular culture: An introduction* (8th ed.). Routledge.
- Thaler, R. H., ve Sunstein, C. R. (2008). *Nudge: Improving decisions about health, wealth and happiness*. Yale University Press.
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for a human future at the new frontier of power*. PublicAffairs.