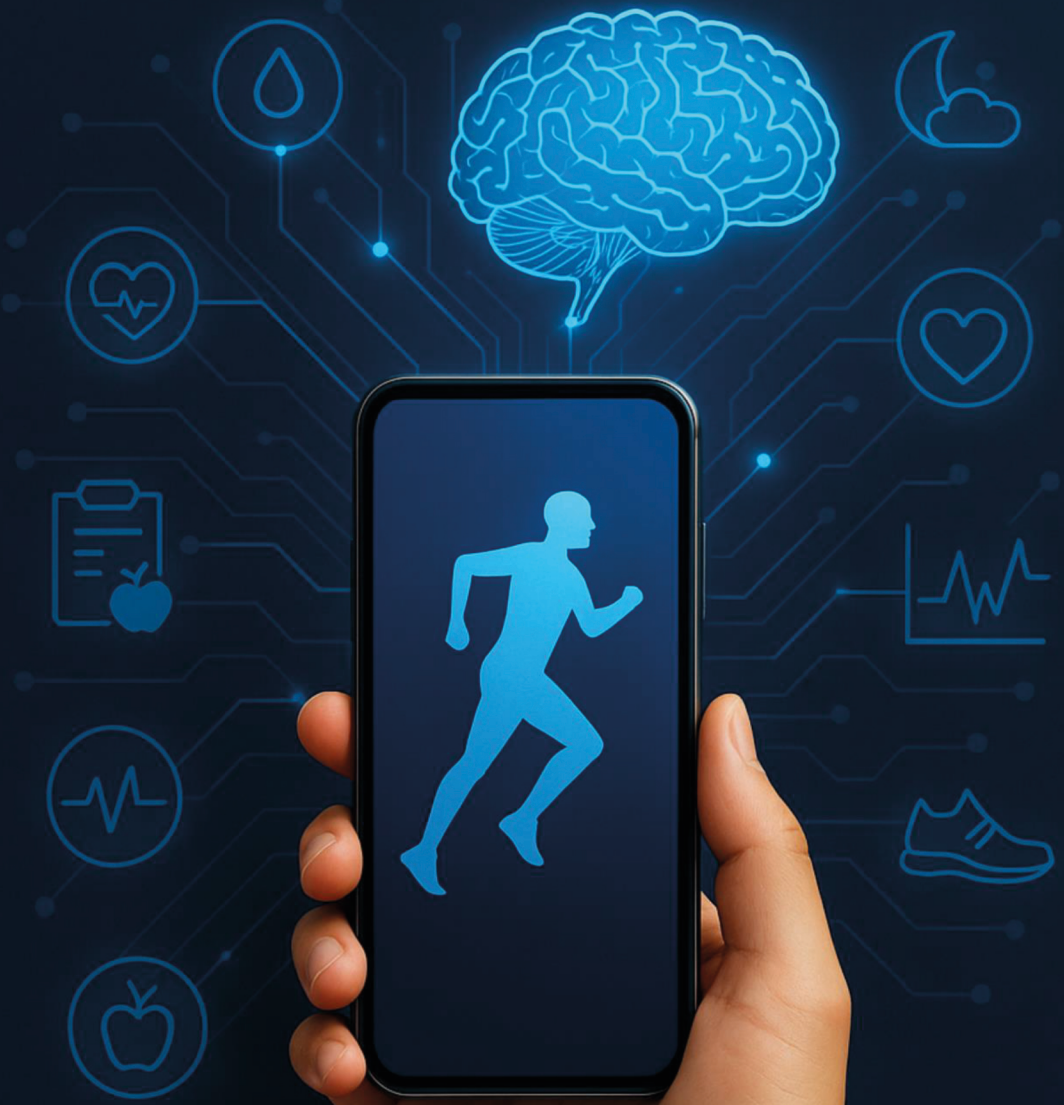


# CEP TELEFONU LABORATUVARI: MOBİL UYGULAMALAR VE YAPAY ZEKA İLE SPOR BİLİMLERİNİN GELECEĞİ - II



Editörler:

Prof. Dr. Serhat ÖZBAY

Doç. Dr. Selim ASAN

Doç. Dr. Muhammet MAVİBAŞ



# CEP TELEFONU LABORATUVARI: MOBİL UYGULAMALAR VE YAPAY ZEKÂ İLE SPOR BİLİMLERİNİN GELECEĞİ -II

## Editörler:

Prof. Dr. Serhat ÖZBAY

Doç. Dr. Selim ASAN

Doç. Dr. Muhammet MAVİBAŞ





***Cep Telefonu Laboratuvarı:***

***Mobil Uygulamalar ve Yapay Zekâ ile Spor Bilimlerinin Geleceği - II***

***Editörler: PProf. Dr. Serhat ÖZBAY, Doç. Dr. Selim ASAN***

***Doç. Dr. Muhammet MAVİBAŞ***

**Genel Yayın Yönetmeni:** Berkan Balpetek

**Baskı:** Aralık 2025

**Yayıncı Sertifika No:** 49837

**ISBN:** 978-625-8698-07-7

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

[www.duvar yayinlari.com](http://www.duvar yayinlari.com)

[duvarkitabevi@gmail.com](mailto:duvarkitabevi@gmail.com)

## ÖNSÖZ

Spor bilimlerinde dijitalleşme, yalnızca ölçüm teknolojilerinin gelişmesiyle sınırlı kalmamış; sporcu sağlığı, psikolojik izleme, eğitim, yönetim ve karar alma süreçlerini kapsayan çok boyutlu bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Bu dönüşümün ikinci ve daha ileri aşaması, mobil teknolojiler ve yapay zekâ temelli sistemlerin uygulamaya, yönetime ve stratejik karar mekanizmalarına entegrasyonudur. Elinizdeki bu ikinci cilt, bu süreci merkezine almaktadır.

Kitap II, mobil ölçüm ve dijital sistemlerin nasıl çalıştığından ziyade, nasıl kullanıldığı, hangi alanlarda değer ürettiği ve hangi etik ve yönetsel sorumlulukları beraberinde getirdiği sorularına odaklanmaktadır. Bu kapsamda eser; sakatlık önleme ve rehabilitasyon izleme, spor psikolojisi ve bilişsel performans takibi, spor eğitiminin bireyselleştirilmesi, takım ve tesis yönetimi, finansal analizler ile veri güvenliği ve etik yönetim başlıklarını disiplinlerarası bir yaklaşımla ele almaktadır.

Bu ciltte yer alan bölümler, mobil sensörler ve yapay zekâ tabanlı sistemlerin sahadaki karar destek rolünü ön plana çıkarmaktadır. Erken uyarı sistemleri, sürekli izleme yaklaşımları ve büyük veri temelli analizler, sporcu sağlığı yönetiminden takım stratejilerine kadar uzanan geniş bir uygulama alanı sunmaktadır. Böylece teknoloji, yalnızca veri üreten bir araç olmaktan çıkarak, planlama ve risk yönetiminde aktif bir bileşen hâline gelmektedir.

Kitap II'nin ayırt edici yönlerinden biri, dijitalleşmenin beraberinde getirdiği etik ve hukuki sorumlulukları açık biçimde tartışmasıdır. Sporcu verilerinin gizliliği, algoritmik kararların şeffaflığı ve insan merkezli kullanım ilkeleri, uygulamaya dönük bir çerçevede ele alınmaktadır. Ayrıca bu cilt, dijital ikizler ve adaptif yapay zekâ sistemleri gibi geleceğe yön veren yaklaşımları değerlendirerek spor bilimlerinin önümüzdeki dönemdeki yönelimlerine ışık tutmayı amaçlamaktadır.

Bu ikinci cildin; araştırmacılar, antrenörler, spor yöneticileri ve sağlık profesyonelleri için mobil teknolojiler ve yapay zekânın uygulama ve yönetim boyutlarını anlamada bütüncül bir kaynak olmasını temenni ediyoruz. Kitap I ile birlikte değerlendirildiğinde, iki cildin spor bilimlerinde dijital dönüşümün teorik ve pratik boyutlarını tamamlayıcı bir yapı sunduğuna inanıyoruz.

Teknolojinin yalnızca ölçen değil, doğru karar almayı mümkün kılan bir araç hâline geldiği bu yeni dönemde...

*Prof. Dr. Serhat ÖZBAY*

*Doç. Dr. Selim ASAN*

*Doç. Dr. Muhammet MAVİBAŞ*

|                                                                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>BÖLÜM 1:</b> Sakatlık Önleme ve Rehabilitasyon Takibi .....                                                                                              | 1   |
| <b>Arş. Gör. Muhammet Raşit İNAÇ, Volkan ERİM</b>                                                                                                           |     |
| <b>BÖLÜM 2:</b> Spor Psikolojisi ve Duygu Durumu İzleme .....                                                                                               | 20  |
| <b>Dr. Öğr. Üye. Burak KARABABA</b>                                                                                                                         |     |
| <b>BÖLÜM 3:</b> Bilişsel Performans ve Odaklanma .....                                                                                                      | 43  |
| <b>Arş. Gör. Ferhat CANYURT</b>                                                                                                                             |     |
| <b>BÖLÜM 4:</b> Mobil Araçlar ile Spor Eğitimi: Bireyselleştirme ve Geri Bildirim Sistemleri .....                                                          | 63  |
| <b>Arş. Gör. Furkan ÖGET</b>                                                                                                                                |     |
| <b>BÖLÜM 5:</b> Spor Yönetimi ve Analitik Karar Alma; Mobil Verilerle Takim Dinamikleri, Oyuncu Değerlendirmesi ve Maç Stratejilerinin Geliştirilmesi ..... | 87  |
| <b>Doç. Dr. Buğra Çağatay SAVAŞ</b>                                                                                                                         |     |
| <b>BÖLÜM 6:</b> Tesis ve Etkinlik Yönetimi.....                                                                                                             | 124 |
| <b>Doç. Dr. Muhammet MAVİBAŞ</b>                                                                                                                            |     |
| <b>BÖLÜM 7:</b> Sporda Finansal Yönetim ve Pazarlama.....                                                                                                   | 142 |
| <b>Doç. Dr. Murat AYGÜN</b>                                                                                                                                 |     |
| <b>BÖLÜM 8:</b> Adaptif Yapay Zekâ ve Mobil Uygulamalar ile Antrenman Programlama.....                                                                      | 158 |
| <b>Dr. Öğr. Üyesi Buket ŞERAN</b>                                                                                                                           |     |
| <b>BÖLÜM 9:</b> Sporcu Verilerinin Güvenliği ve Etik Yönetimi: Teknolojik Gelişmeler, Gizlilik İhlalleri ve Hukuki Düzenlemeler.....                        | 179 |
| <b>Doç. Dr. Deniz BEDİR</b>                                                                                                                                 |     |
| <b>BÖLÜM 10:</b> Gelecek 10 Yıl: Mobil Yapay Zekâ ile Spor Sektörünün ve Eğitimin Ufku.....                                                                 | 208 |
| <b>Arş. Gör. Fatih ATEŞ</b>                                                                                                                                 |     |

## BÖLÜM 1:

### Sakatlık Önleme ve Rehabilitasyon Takibi

Muhammet Raşit İNAÇ<sup>1</sup>, Volkan ERİM<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

<sup>2</sup>Erzurum İl Millîği Eğitim Müdürlüğü.

#### Özet

Bu bölüm, spor bilimleri alanında sakatlık önleme ve rehabilitasyon izlemesine yönelik çağdaş yaklaşımları ele almaktadır. Alanyazın, sporcu sakatlıklarının çok faktörlü bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymakta; yüklenme–toparlanma dengesi, içsel ve dışsal yük etkileşimleri ile hareket kalitesindeki dalgalanmaların sakatlık riskinin belirlenmesinde kritik rol oynadığını göstermektedir. Mobil teknolojiler, sporcuların gerçek antrenman ve müsabaka koşulları altında sürekli olarak izlenmesine olanak tanıyarak mikro düzeydeki anomalilerin erken saptanmasını mümkün kılmakta; yapay zekâ temelli modeller ise bu verileri bireyselleştirilmiş risk skorlarına dönüştürmektedir. Klinik karar destek sistemleriyle entegre edilen bu yaklaşımlar, hem koruyucu hem de rehabilitasyona yönelik stratejilerin etkinliğini artırmaktadır. Bununla birlikte, veri gizliliğinin korunması, sporcu psikolojisinin gözetilmesi ve kişisel bütünlüğün sağlanması gibi etik boyutlar bu süreçte merkezi bir önem taşımaktadır. Geleceğe yönelik olarak, dijital ikiz uygulamaları, artırılmış ve sanal gerçeklik tabanlı rehabilitasyon sistemleri ile takım düzeyinde büyük veri analitiğinin sporcu sağlığı yönetiminde yeni standartlar oluşturması beklenmektedir. Bu doğrultuda, sakatlık önleme ve rehabilitasyon izleme süreçlerinin pasif uygulamalardan çıkarak, aktif, veri temelli ve bireyselleştirilmiş stratejilere dönüşeceği öngörülmektedir.

## Giriş

Spor bilimleri alanında sakatlık, performans sürekliliğini tehdit eden ve bir sporcunun kariyer seyrini köklü biçimde değiştirebilen en kritik faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Güncel literatür, sakatlığın çoğu zaman tekil bir “olay” olmaktan ziyade; ardışık mikro düzeyde bozulmaların, yetersiz toparlanmanın, içsel stres dalgalanmalarının ve hareket kalitesindeki ince fakat süreklilik gösteren azalmaların kümülatif bir sonucu olarak ortaya çıktığını göstermektedir (Eckart et al., 2024; Khosravi, 2025). Bu süreçler belirli bir eşiği aştığında klinik sakatlık tablosu belirgin hâle gelmektedir. Bu nedenle sakatlık önleme ve rehabilitasyon izleme yaklaşımlarının, yalnızca gözleme dayalı reflekslerle sınırlı kalmaması; yüklenme ve toparlanma dinamiklerini gerçek zamanlı olarak takip edebilen sürekli bir veri ekosistemine dayanması gerektiği vurgulanmaktadır (Seshadri et al., 2021).

Mobil teknolojilerin yaygınlaşması, bu veri ekosisteminin sporcuların günlük yaşamlarına entegre edilmesini mümkün kılarak laboratuvar ve saha ortamları arasındaki boşluğu önemli ölçüde azaltmıştır (Rebelo et al., 2023). Bununla birlikte geleneksel yaklaşımlar hâlen değerini korumakla beraber, çoğunlukla “anlık” değerlendirmelere dayanması nedeniyle sınırlıdır. Sezon öncesi testler, periyodik klinik muayeneler ve antrenör gözlemleri, sakatlıkla ilişkili süreçleri çoğu zaman ancak ilerledikten sonra yakalayabilmektedir. Örneğin, koşu mekaniğinde milisaniyelik bir asimetri ya da iniş sırasında eksantrik kontrolün hafif düzeyde azalması çıplak gözle fark edilemeyebilir; ancak bu tür mikro sapmaların binlerce kez tekrarlanması, tendonlar ve bağlar üzerinde aşırı stres birikimine yol açabilmektedir (Weart et al., 2025; Iqbal & Chow, 2025). Bu bağlamda asıl ihtiyaç, yalnızca laboratuvar ortamında değil, performansın doğal “akışı” içinde, gerçek antrenman ve müsabaka koşulları altında sürekli izleme yapılabilmesidir.

Mobil odaklı bu paradigma; ivmeölçerler ve jiroskoplar ile donatılmış giyilebilir cihazlar, akıllı telefonlar, bilgisayarlı görü sistemleri ve zaman serisi analizlerinin bir araya getirilmesiyle hareketin üç boyutlu yapısının gerçek zamanlı ve doğal bağlamı içinde yakalanmasını sağlamaktadır (Rebelo et al., 2023; Seshadri et al., 2021). Bu yaklaşım sayesinde adım senkronizasyonu, eklem açısal hızları, sıçrama–iniş asimetrisi ve segmentler arası faz ilişkileri sürekli olarak kaydedilebilmektedir. Bu biyomekanik sinyaller; kalp atım hızı değişkenliği, yük toleransı ve toparlanma göstergeleri gibi fizyolojik parametrelerle bütünleştirildiğinde, sakatlık riski tek bir değişken olarak değil, çok boyutlu bir ağ yapısı içinde modellenilebilmektedir (Wang et al., 2026).

Veri temelli yaklaşımların temel gücü, küçük değişimlerin bağlam içinde yeniden anlamlandırılabilmesine olanak tanınmasında yatmaktadır. Tek başına anormal bir değer alarm oluşturmaz; ancak tekrarlayan mikro anomalilerin, eş zamanlı olarak fizyolojik stres göstergeleriyle birlikte görülmesi, yaklaşan bir fonksiyonel bozulmanın önceden öngörülmesini mümkün kılabilir (Eckart et al., 2024; Khosravi, 2025). Bu durum, sakatlık önleme süreçlerinin doğasını köklü biçimde değiştirme potansiyeline sahiptir; müdahaleler, olay gerçekleştikten sonra değil, öncesinde devreye sokulabilmektedir.

Bu bölümün temel savı, biyomekanik ve fizyolojik sinyallerin entegre edilmesinin sakatlık tahmin doğruluğunu anlamlı düzeyde artırdığıdır. Hareket kalitesindeki dalgalanmalar, içsel ve dışsal yükler arasındaki denge ve toparlanma ritimleri; tekil ölçümler olarak değil, etkileşim hâlindeki bir sistemin bileşenleri olarak ele alındığında sakatlık riskinin daha tutarlı biçimde modellenmesi mümkün hâle gelmektedir (Wang et al., 2026; Rebelo et al., 2023). Bu çerçevede yapay zekâ, yalnızca bir “analiz motoru” değil, aynı zamanda örüntüleri tanıyabilen ve mikro anomalileri görünür kılan bir erken uyarı katmanı işlevi görmektedir. Zaman içinde öğrenen ve bireysel kalibrasyona dayalı modeller, yalancı pozitifleri azaltmakta, sporcular arasındaki heterojen profilleri

dikkate almakta ve klinik uygulanabilirliği artırmaktadır (Lacey et al., 2022; Seshadri et al., 2021).

## Literatürde Veri Odaklı Sakatlık Modellerinin Konumu

Son yıllarda spor bilimleri literatüründe, sakatlık riskinin öngörülmesine yönelik yaklaşımlarda belirgin bir paradigma değişimi gözlenmektedir. Geleneksel yöntemler çoğunlukla tekil biyomekanik ya da fizyolojik göstergelere dayanırken, güncel çalışmalar sakatlık riskinin çok boyutlu ve etkileşimsel bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır. Özellikle yapay zekâ temelli modellerin gelişimi, biyomekanik, fizyolojik ve klinik verilerin bütüncül biçimde ele alınmasına olanak tanımış; sakatlık riskinin statik bir olgudan ziyade dinamik bir süreç olarak değerlendirilmesini sağlamıştır (Wang et al., 2026; Souaifi et al., 2025).

Giyilebilir teknolojilerdeki ilerlemeler, bu dönüşümün temel itici güçlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. İvmeölçerler, jiroskoplar ve atalet ölçüm birimleri (IMU) gibi sensörler aracılığıyla elde edilen sürekli hareket verileri hem sakatlık öngörüsü hem de rehabilitasyon izlemi açısından yeni olanaklar sunmaktadır. Bu teknolojilerin motor rehabilitasyon, performans izleme ve sakatlık risk tahmini alanlarında giderek daha yaygın biçimde kullanıldığı, kapsamlı derleme çalışmalarında açık biçimde rapor edilmiştir (Lobo et al., 2024).

Biyomekanik verilerin yapay zekâ algoritmalarıyla işlenmesi, özellikle saha koşullarında sakatlıkla ilişkili hareket paternlerinin belirlenmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Makine öğrenmesi temelli yaklaşımlar, ön çapraz bağ yaralanmaları gibi spesifik sakatlıklara özgü yürüyüş ve koşu paternlerini gerçek antrenman ve müsabaka ortamlarında ayırt edebilmekte; böylece klinik değerlendirmelerin ötesine geçen nesnel analizler sunmaktadır (Tedesco et al., 2020). Bu tür çalışmalar, mikro düzeydeki hareket sapmalarının sakatlık riskinin erken göstergeleri olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Güncel literatürde dikkat çeken bir diğer eğilim ise çok m odlu veri entegrasyonudur. Biyomekanik ölçümler, tıbbi görüntüleme verileri ve klinik göstergelerin aynı model içinde birleştirilmesi, sakatlık risk tahmininin doğruluğunu artırmaktadır. Bu yaklaşım, sakatlık mekanizmalarının yalnızca hareket verileriyle değil, doku düzeyindeki yapısal bilgilerle birlikte değerlendirilmesini mümkün kılmakta ve daha kapsamlı öngörü modellerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Cai et al., 2024; Wang et al., 2026).

Yapay zekânın spor biyomekaniği alanındaki bu yükselişi, yalnızca teknik bir ilerleme değil, aynı zamanda metodolojik bir dönüşüm olarak değerlendirilmektedir. Derleme çalışmalar, yapay zekâ temelli sistemlerin sakatlık önleme ve rehabilitasyon süreçlerinde giderek daha merkezi bir rol üstlendiğini; özellikle bireyselleştirilmiş risk modellemesi ve karar destek sistemleri açısından önemli avantajlar sunduğunu vurgulamaktadır (Souaifi et al., 2025). Bu bağlamda veri odaklı sakatlık modelleri, sporcu sağlığı yönetiminde indirgemeci yaklaşımların ötesine geçerek, dinamik, öğrenen ve kişiselleştirilmiş sistemler olarak literatürde konumlanmaktadır.

## Güncel Eğitimler: Sensör Füzyonu, Yapay Zekâ ve Mikro-Anomali Analitiği

Son yıllarda spor bilimleri alanındaki en dikkat çekici gelişmelerden biri, çoklu sensörlerden elde edilen verilerin birleştirilmesi ve bu verilerin gelişmiş analitik yöntemler aracılığıyla işlenmesidir. İvmeölçerler, jiroskoplar, GPS cihazları ve kalp atım hızı monitörleri gibi giyilebilir teknolojiler; biyomekanik ve fizyolojik değişkenlerin eş zamanlı olarak kaydedilmesine olanak tanımakta, bu farklı veri akışlarının bütünleştirilmesi ise sporcu izleme ve sakatlık riskinin daha doğru biçimde değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır (Rana & Mittal, 2020; Seçkin et al., 2023). Sensör füzyonu yaklaşımı, tekil cihazların sınırlılıklarını aşarak farklı kaynaklardan gelen bilgilerin birlikte değerlendirilmesini sağlamaktadır. Örneğin GPS verileri koşu mesafesi ve hız hakkında bilgi sunarken, ivmeölçer ve

jiroskop verileri ani yön değişimleri ile ivmelenme örüntülerini yakalayabilmektedir. Bu sinyallerin bütüncül olarak ele alınması, hareket kalitesindeki mikro anomalilerin daha güvenilir biçimde tespit edilmesine olanak tanımaktadır (Waqar et al., 2021).

Çok seviyeli veri füzyonu yaklaşımları, özellikle takım sporlarında sporcular arası etkileşimlerin ve kolektif dinamiklerin analiz edilmesinde yeni olanaklar sunmaktadır. Giyilebilir sensör ağıları üzerinden elde edilen çok katmanlı veriler, yalnızca bireysel performans göstergelerini değil, aynı zamanda takım içi koordinasyon ve senkronizasyon örüntülerini de ortaya koyabilmektedir (Wang et al., 2025). Bu yönüyle sensör füzyonu, sporcu sağlığı ve performans analizinde bireysel değerlendirmelerin ötesine geçen daha kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

Bu analitik sürecin merkezinde, akıllı ve bağlama duyarlı sistemlerin geliştirilmesine olanak tanıyan yapay zekâ tabanlı yaklaşımlar yer almaktadır. Akıllı giyilebilir sistemler, sensörlerden gelen büyük hacimli verileri işleyerek sporcunun hareket davranışlarını gerçek zamanlı olarak analiz edebilmekte ve potansiyel risk durumlarını erken aşamada belirleyebilmektedir. Bu sistemlerin spor ve sağlık alanlarında sunduğu fırsatlar kadar, veri yönetimi ve sistem karmaşıklığına ilişkin zorluklar da kapsamlı derlemelerde vurgulanmaktadır (Yang et al., 2024).

Zaman serisi analizi ve örüntü tanıma temelli yaklaşımlar, hareket verilerindeki kısa süreli ve düşük genlikli sapmaların ortaya çıkarılmasında kritik rol oynamaktadır. Ubiquitous computing (her yerde bilişim) paradigması çerçevesinde geliştirilen bu sistemler, sporcuların doğal performans ortamlarında sürekli izlenmesini mümkün kılarak mikro düzeydeki hareket bozulmalarının görünür hâle gelmesini sağlamaktadır (Baca et al., 2022). Bu mikro anomaliler, tek başına klinik olarak anlamlı görünmeyebilir; ancak zaman içinde birikerek sakatlık riskinin artmasına zemin hazırlayabilmektedir.

Bu eğilimler, yalnızca kuramsal düzeyde kalmamakta, uygulama alanında da giderek daha fazla benimsenmektedir. Profesyonel spor ortamlarında sensör füzyonu temelli giyilebilir sistemlerin kullanımı, antrenman planlaması ve yük yönetimi süreçlerini daha veri temelli hâle getirmektedir. Böylece sakatlık önleme yaklaşımları, pasif izleme anlayışından çıkarak sürekli ölçüm, erken uyarı ve bireyselleştirilmiş müdahalelere dayanan aktif stratejilere dönüşmektedir (Seçkin et al., 2023; Waqar et al., 2021). Giyilebilir teknolojiler, gelişmiş analitik yöntemler ve mikro-anomali tespitinin bir araya gelmesi, sporcu sağlığı yönetiminde paradigmatik bir dönüşümü temsil etmektedir.

### Veri Entegrasyonu ve Yapay Zekâ Destekli Sakatlık Risk Modellemesi

Biyomekanik ve fizyolojik verilerin tek bir model içerisinde bütünleştirilmesi, sakatlık riskinin analizinde doğruluğu anlamlı ölçüde artırmaktadır. Geleneksel yaklaşımlar bu sinyalleri çoğu zaman birbirinden bağımsız olarak değerlendirirken, güncel literatür yapay zekâ temelli sistemlerin çok boyutlu veri füzyonuna olanak tanıdığını ortaya koymaktadır. Özellikle uzunlamasına izleme çalışmalarında biyomekanik yüklenmeler ile fizyolojik ve psikolojik stres göstergelerinin birlikte ele alınması, sakatlık duyarlılığının daha kapsamlı biçimde anlaşılmasını mümkün kılmaktadır (Keogh, 2023). Bu bağlamda, adım uzunluğundaki dalgalanmaların kalp atım hızı değişkenliği gibi fizyolojik göstergelerle birlikte analiz edilmesi, yalnızca mekanik düzensizlikleri değil, aynı zamanda altta yatan stres ve yorgunluk durumlarını da ortaya koyabilmektedir. Bu tür bütüncül analizler, sakatlık riskinin daha erken ve daha güvenilir biçimde öngörülmesine katkı sağlamaktadır (Bi et al., 2025).

Veri füzyonu sürecinde farklı algoritmik yaklaşımlar kullanılmaktadır. Zaman serisi analizleri performans verilerindeki eğilimleri ve ani değişimleri yakalarken, kümeleme temelli yöntemler benzer risk profillerine sahip sporcuların gruplandırılmasına olanak tanıyarak takım düzeyinde sakatlık yönetimini desteklemektedir. Karar ağaçları ve diğer makine öğrenmesi tabanlı modeller,

çoklu parametreler arasındaki etkileşimlerin açıklanmasında yorumlanabilir bir yapı sunmaktadır. Derin öğrenme temelli anomali tespit yaklaşımları ise mikro düzeydeki bozulmaları belirlemede özellikle güçlüdür; hareket içindeki milisaniyelik sapmaları izole ederek bunları nicel risk göstergelerine dönüştürebilmektedir (Souaifi et al., 2025; Min et al., 2024). Bu çerçevede, alanyazında giderek daha fazla dikkat çeken “erken uyarı sistemleri” yaklaşımı öne çıkmakta; makine öğrenmesi tabanlı modellerin sakatlık öncüllerini klinik olarak belirgin hâle gelmeden önce yakalayabildiği bildirilmektedir (Bi et al., 2025).

Bu tür modellerin güvenilirliği, uzun dönemli veri toplama süreçlerine ve olaya dayalı sakatlık kayıtlarının entegrasyonuna bağlıdır. Sezon boyunca elde edilen veri setleri, model performansının değerlendirilmesine olanak tanırken; bireyselleştirilmiş kalibrasyon yaklaşımları, her sporcunun biyomekanik ve fizyolojik farklılıklarının modele yansıtılmasını sağlamaktadır. Bu sayede yapay zekâ tabanlı sistemler, genelleştirilmiş tahmin araçlarının ötesine geçerek kişiselleştirilmiş bir risk yönetim mekanizmasına dönüşmektedir (Kenjayeva et al., 2024).

Yapay zekâ temelli modellerin bir diğer önemli avantajı, giyilebilir sensör teknolojileriyle entegrasyonudur. Özellikle atalet ölçüm birimlerine (IMU) dayalı sistemler, saha koşullarında eklem hareketleri, yüklenme örüntüleri ve hareket asimetritlerinin yüksek doğrulukla izlenmesine olanak tanımaktadır. Bu sensörlerden elde edilen verilerin yapay zekâ algoritmalarıyla işlenmesi, rehabilitasyon ve sakatlık önleme süreçlerinde gerçek zamanlı geri bildirim sağlanmasını mümkün kılmaktadır (Zhu et al., 2025). Bu yaklaşım, klinik karar destek süreçlerini güçlendirerek daha hedefe yönelik müdahalelerin planlanmasına katkı sunmaktadır.

Bu gelişmeler yalnızca kuramsal düzeyde kalmamakta, uygulama alanında da giderek daha yaygın biçimde benimsenmektedir. Üniversite ve profesyonel spor

ortamlarında makine öğrenmesi temelli sakatlık risk modellerinin kullanımı, antrenman yüklerinin optimize edilmesine ve sakatlık insidansının azaltılmasına yönelik proaktif stratejilerin geliştirilmesini desteklemektedir (Min et al., 2024; Kenjayeve et al., 2024). Bu metodolojik dönüşüm, yapay zekânın sporcu sağlığı yönetiminde yalnızca bir analiz aracı değil, aynı zamanda mikro anomalileri görünür ve müdahale edilebilir kılan bir erken uyarı sistemi olarak giderek artan rolünü açık biçimde ortaya koymaktadır (Souaifi et al., 2025).

## Mobil Rehabilitasyon İzleme ve Dijital Fizik Tedavi

Rehabilitasyon süreci, sakatlık sonrası spora dönüş yolculuğunda sporcular için en kritik evrelerden birini oluşturmaktadır. Bu dönemde mobil sensörler ve giyilebilir teknolojiler; eklem açıları, yük dağılımı, yürüme paternleri ve kuvvet üretimi gibi parametrelerin izlenmesinde merkezi bir rol üstlenerek klinisyenlerin iyileşme sürecinin uygun biçimde ilerleyip ilerlemediğini değerlendirmelerine olanak tanımaktadır. Özellikle diz yaralanmaları sonrasında geliştirilen tele-izleme tabanlı rehabilitasyon sistemleri, mobil sensörler aracılığıyla fonksiyonel iyileşmenin erken dönemde nesnel olarak değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır (Al-Omri et al., 2020). Bu yaklaşım, tedavi protokollerinin zamanında revize edilmesine katkı sağlamaktadır.

Mobil uygulamalar, oyunlaştırma tekniklerini içermesi sayesinde rehabilitasyona uyumu da önemli ölçüde artırmaktadır. Dijital rehabilitasyon platformları; görsel geri bildirim, ilerleme takibi ve etkileşimli egzersiz modülleri aracılığıyla kullanıcı katılımını desteklemekte ve bireylerin tedaviye bağlılığını güçlendirmektedir. Gelişen rehabilitasyon teknolojilerinin, hassasiyet ve erişilebilirlik açısından sunduğu bu avantajlar, farklı kullanıcı gruplarında rehabilitasyon kalitesini artıran önemli bir unsur olarak değerlendirilmektedir (Willingham et al., 2024).

Gerçek zamanlı geri bildirim sağlayan mobil sistemler, sporcuların ve hastaların hareketleri doğru biçimde uygulayıp uygulamadıklarını anında değerlendirmelerine imkân tanımaktadır. Erken dönem akıllı telefon ve kablosuz sensör tabanlı izleme sistemleri, fizyolojik ve hareketle ilişkili parametrelerin eş zamanlı olarak değerlendirilmesine olanak tanıyarak, uzaktan rehabilitasyon uygulamalarının temelini oluşturmuştur (Leijdekkers et al., 2009a; Leijdekkers et al., 2009b). Bu tür sistemler, özellikle ev temelli rehabilitasyon programlarında klinik gözetimin sınırlı olduğu durumlarda önemli bir katma değer sunmaktadır.

Mobil rehabilitasyon platformlarının bir diğer önemli avantajı, klinisyenler, sporcular ve antrenörler arasında kesintisiz bir veri akışı sağlamasıdır. Durum farkındalığına dayalı hasta izleme çerçeveleri, toplanan verilerin bağlamsal olarak değerlendirilmesine olanak tanıyarak risk analizlerinin ve klinik karar süreçlerinin desteklenmesini sağlamaktadır (Don et al., 2011). Bu dijital altyapı, fizyoterapistler, hekimler ve diğer paydaşlar arasında koordineli ve şeffaf bir rehabilitasyon sürecinin yürütülmesine katkı sunmaktadır.

Mobil rehabilitasyon sistemleri, aynı zamanda nesnel dokümantasyon avantajı da sağlamaktadır. Geleneksel yöntemler çoğu zaman gözleme dayalı değerlendirmelere dayanırken, sensör temelli izleme sistemleri hareket kalitesi ve fizyolojik yanıtlar hakkında nicel veriler üretmektedir. Akıllı telefonlar ve kablosuz sensörler kullanılarak geliştirilen erken dönem tele-sağlık uygulamaları, klinik kararların ölçülebilir verilere dayandırılabilceğini göstermiştir (Leijdekkers et al., 2009a).

Bu eğilimler, rehabilitasyonun geleceğinin giderek daha fazla dijitalleşme yönünde şekillendiğini ortaya koymaktadır. Mobil ve uzaktan izleme teknolojileri, rehabilitasyon süreçlerini klinik ortamın ötesine taşıyarak bireylerin günlük yaşamları içinde sürdürülebilir hâle getirmekte; böylece rehabilitasyon, pasif bir iyileşme sürecinden çıkarak aktif, veri temelli ve bireyselleştirilmiş bir stratejiye doğru evrilmektedir (Willingham et al., 2024).

## 1. Klinik ve Etik Boyutlar

Mobil sensörler ve yapay zekâ temelli sistemler, sporcu sağlığı yönetiminde önemli avantajlar sunmakla birlikte, klinik entegrasyon ve etik sorumluluklar açısından dikkatle ele alınmalıdır. Klinik açıdan bakıldığında, bu teknolojilerin spor hekimliği ve fizyoterapi protokollerine dâhil edilmesi, tedavi planlarının yalnızca gözleme değil, veriye dayalı olarak yönlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle giyilebilir IoT tabanlı rehabilitasyon sistemleri, bireysel biyomekanik ve fizyolojik profilleri dikkate alarak kişiselleştirilmiş tedavi yaklaşımlarının geliştirilmesine olanak tanımakta ve hassas tıp (precision medicine) uygulamalarını desteklemektedir (Aziz et al., 2024; Misir & Yuce, 2025). Rehabilitasyon sürecinde mobil sensörlerden elde edilen veriler, klinisyenlere hareket kalitesi ve yük dağılımı hakkında nesnel bilgiler sunarak tedavi stratejilerinin bireyselleştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu yaklaşım, klinik kararların yalnızca öznel değerlendirmelere değil, aynı zamanda nicel ve ölçülebilir kanıtlara dayanmasını güvence altına almaktadır.

Etik açıdan en kritik konulardan biri veri gizliliği ve veri yönetimidir. Sporculardan toplanan biyometrik ve klinik veriler kişisel sağlık verisi niteliği taşımakta ve bu nedenle güvenli biçimde saklanmalı, yönetilmeli ve yetkisiz erişime karşı korunmalıdır. Yapay zekâ, giyilebilir teknolojiler ve dağıtık veri mimarilerinin (örneğin blokzincir tabanlı sistemler) birlikte kullanılması, veri bütünlüğü ve şeffaflığı açısından yeni fırsatlar sunarken, aynı zamanda etik yönetim gereksinimlerini de artırmaktadır (Xie et al., 2021). Etik uygulamalar, bu tür verilerin yalnızca sağlık ve rehabilitasyon amaçları doğrultusunda kullanılmasını, anonimleştirilmesini ve üçüncü taraflarla kontrolsüz biçimde paylaşılmamasını zorunlu kılmaktadır.

Bir diğer önemli etik boyut, sporcuların ve hastaların psikolojik iyi oluşudur. Sürekli izleme ve performansın ya da fonksiyonel kapasitenin devamlı olarak ölçülmesi, bazı bireylerde baskı algısını artırarak kaygı düzeylerinin

yükselmesine neden olabilmektedir. Bu bağlamda, rehabilitasyon süreçlerinde kullanılan dijital platformların motivasyonu destekleyici biçimde tasarlanması önem taşımaktadır. Oyunlaştırma yaklaşımlarının ve veri madenciliği tekniklerinin birlikte kullanıldığı rehabilitasyon sistemlerinin, tedaviye uyumu artırırken psikolojik yükü dengeleyebileceği sistematik derlemelerde vurgulanmaktadır (Tuah et al., 2023). Dolayısıyla teknolojinin amacı, bireyleri sürekli denetim altında tutmak değil, onları sürecin aktif ve motive bir paydaşı hâline getirmek olmalıdır.

Klinik ve etik boyutların kesişim noktası, insan ve sporcu merkezli bir yaklaşımın benimsenmesinde ortaya çıkmaktadır. Yapay zekâ tabanlı ortopedik ve rehabilitasyon uygulamaları, klinik karar destek süreçlerini güçlendirirken aynı zamanda şeffaf, yorumlanabilir ve güvenilir olmalıdır (Misir & Yuce, 2025). Hareket temelli sınıflandırma ve rehabilitasyon sistemleri gibi yeni nesil yaklaşımlar, bireyin fonksiyonel durumuna özgü geri bildirim sunarak tedavi etkinliğini artırmakta; ancak bu sistemlerin etik çerçevede uygulanması, kullanıcı güvenli açısından kritik önem taşımaktadır (Tolba et al., 2025).

Sonuç olarak, mobil rehabilitasyon ve yapay zekâ temelli klinik uygulamaların sürdürülebilir biçimde hayata geçirilebilmesi, teknolojik yeniliklerin etik ilkelerle dengelenmesine bağlıdır. Sporcu ve hasta merkezli bir bakış açısı, hem klinik etkinliği hem de etik sorumluluğu bir arada gözeterek bu sistemlerin güvenilir ve uzun vadeli kullanımını mümkün kılmaktadır (Aziz et al., 2024; Xie et al., 2021).

## 2. Gelecek Perspektif

Sporcu sağlığı yönetiminde geleceğe dönük en önemli eğilimlerden biri, dijital ikiz (digital twin) teknolojisidir. Dijital ikiz, sporcunun biyomekanik ve fizyolojik verilerinden oluşturulan sanal bir modeldir. Bu model, farklı antrenman yüklerinin simülasyonunu yaparak sakatlık riskini önceden tahmin

edebilir. Böylece kişiselleştirilmiş yüklenme reçeteleri otomatik olarak üretilabilir ve antrenman planlaması daha bilimsel temellere dayandırılabilir.

Bir diğer gelişim alanı, artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) tabanlı rehabilitasyon uygulamalarıdır. Bu teknolojiler, sporcuların hareket geri bildirimini daha etkili biçimde almasını sağlar. Örneğin VR gözlüğü aracılığıyla sporcu, doğru hareket paternini görsel olarak deneyimleyebilir ve kendi hareketini bu modele göre düzeltebilir. Literatürde VR tabanlı rehabilitasyonun motivasyonu artırdığı ve tedaviye bağlılığı güçlendirdiği gösterilmiştir.

Takım seviyesinde büyük veri analitiği de geleceğin önemli yönelimlerinden biridir. Bir futbol takımında tüm oyuncuların biyomekanik ve fizyolojik verilerinin toplanması, kolektif sakatlık risk haritalarının çıkarılmasına olanak tanır. Bu haritalar, antrenman planlamasında ve maç stratejilerinde kullanılabilecek değerli bilgiler sunar. Böylece sakatlık önleme yalnızca bireysel düzeyde değil, takım düzeyinde de sistematik hale gelir.

Son olarak, yapay zekâ destekli sistemlerin sporcuların sağlık durumunu gerçek zamanlı olarak izleyip sakatlık riskini anlık tahmin edebilmesi, spor bilimlerinde devrim niteliğinde bir gelişme olacaktır. Bu sayede antrenörler ve sağlık ekipleri, sakatlık riskini daha ortaya çıkmadan önleyebilecek ve sporcuların kariyer sürekliliğini güvence altına alabilecektir.

Bu perspektifler, spor bilimlerinde yalnızca teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda metodolojik bir dönüşüm anlamına gelmektedir. Gelecekte sakatlık önleme ve rehabilitasyon takibi, dijital ikizler, AR/VR tabanlı geri bildirim sistemleri ve takım düzeyinde büyük veri analitiği ile daha bütüncül bir yapıya kavuşacaktır.

### 3. Sonuç

Bu bölümde tartışılan bulgular, spor bilimlerinde sakatlık önleme ve rehabilitasyon takibinin artık tekil parametrelerle açıklanamayacağını, bunun yerine çok-boyutlu ve veri odaklı bir yaklaşım gerektirdiğini göstermektedir. Biyomekanik verilerden elde edilen mikro-anomaliler, fizyolojik stres göstergeleriyle birleştirildiğinde sakatlık riskinin daha güvenilir biçimde öngörülebileceği ortaya konmuştur.

Mobil sensörler ve giyilebilir teknolojiler, sporcuların yalnızca laboratuvar ortamında değil, gerçek antrenman ve müsabaka koşullarında da izlenmesini mümkün kılmaktadır. Bu durum, sakatlık riskinin dinamik ve bağlama özgü biçimde modellenmesini sağlar. Yapay zekâ algoritmaları ise bu çok-boyutlu verileri işleyerek kişiye özgü risk skorları üretmekte ve klinik karar destek sistemleriyle entegre edildiğinde hem önleme hem de rehabilitasyon süreçlerine doğrudan katkı sunmaktadır.

Etik boyut, bu teknolojilerin sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Veri gizliliği, sporcu psikolojisi ve mahremiyetin korunması, mobil rehabilitasyon ve yapay zekâ tabanlı risk modellemesinin güvenilir biçimde uygulanabilmesi için temel koşullardır. Klinik entegrasyon ise bu teknolojilerin yalnızca teorik bir tartışma olmaktan çıkıp pratik uygulamalara dönüşmesini sağlar.

Gelecek perspektifinde dijital ikizler, AR/VR tabanlı rehabilitasyon sistemleri ve takım düzeyinde büyük veri analitiği, sporcu sağlığı yönetiminde yeni standartlar oluşturacaktır. Bu teknolojiler, sakatlık riskini gerçek zamanlı olarak tahmin edebilme kapasitesiyle spor bilimlerinde devrim niteliğinde bir dönüşüm yaratacaktır.

Sonuç olarak, sakatlık nleme ve rehabilitasyon takibi artık pasif bir süreç değil, aktif, veri odaklı ve kişiselleştirilmiş bir stratejiye dönüşmektedir. Bu yaklaşım, sporcuların kariyer sürekliliğini güvence altına alırken, spor bilimlerinde metodolojik bir paradigma değişimini de beraberinde getirmektedir.

## Kaynakça

- Al-Omri, M. M. M., Alduais, N. A. M., Adon, M. N., Saad, A. M. H., Abdul-Qawy, A. S. H., & Sutikno, T. (2020). Internet of things-based telemonitoring rehabilitation system for knee injuries. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(6), 2658–2666. <https://doi.org/10.11591/eei.v9i6.2555>
- Aziz, R., Jawed, F., Khan, S. A., & Sundus, H. (2024). Wearable IoT devices in rehabilitation: Enabling personalized precision medicine. In *Medical robotics and AI-assisted diagnostics for a high-tech healthcare industry* (pp. 281–308). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-9471-9.ch014>
- Baca, A., Dabnichki, P., Hu, C. W., Kornfeind, P., & Exel, J. (2022). Ubiquitous computing in sports and physical activity—Recent trends and developments. *Sensors*, 22(21), 8370. <https://doi.org/10.3390/s22218370>
- Bi, W., Zhao, Y., & Zhao, H. (2025). Predicting sports injuries using machine learning: Risk factors and early warning systems. *Molecular & Cellular Biomechanics*, 22(3).
- Cai, W., Zhu, J., & Zhuang, X. (2024). Combining medical images and biomechanical data in sports injury prediction models.
- Don, S., Choi, E., & Min, D. (2011). A situation aware framework for activity-based risk analysis of patient monitoring systems. In *2011 3rd International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST)* (pp. 15–19). IEEE. <https://doi.org/10.1109/iCAST.2011.6077870>
- Eckart, A. C., Ghimire, P. S., & Stavitz, J. (2024). Predictive validity of multifactorial injury risk models and associated clinical measures in the US population. *Sports*, 12(5), 123. <https://doi.org/10.3390/sports12050123>
- Iqbal, Z. A., & Chow, D. H. K. (2025). Exploring the relations between running variability and injury susceptibility: A scoping review. *Sports*, 13(2), 55. <https://doi.org/10.3390/sports13020055>
- Kenjayeva, B., Kizdarbekova, M., & Murzabekov, M. (2024). Forecasting sports-related injuries using wearable devices and data analysis methods. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (58), 1125–1133.
- Keogh, J. A. (2023). Longitudinal monitoring of biomechanical and psychological stress in collegiate female basketball athletes: Implications to sports performance and injury susceptibility (Doctoral dissertation).

- Khosravi, M. R. (2025). Sports injuries: Biomechanical data analysis and prevention. *Advanced Journal of Management, Humanity and Social Science*, 1(9), 559–578.
- Lacey, A., Whyte, E., O’Keeffe, S., O’Connor, S., & Moran, K. (2022). A qualitative examination of the factors affecting the adoption of injury-focused wearable technologies in recreational runners. *PLOS ONE*, 17(7), e0265475. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265475>
- Leijdekkers, P., Gay, V., & Barin, E. (2009a). Trial results of a novel cardiac rhythm management system using smart phones and wireless ECG sensors. In *International Conference on Smart Homes and Health Telematics* (pp. 32–39). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-02868-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02868-7_5)
- Leijdekkers, P., Gay, V. C., & Barin, E. (2009b). Feasibility study of a non-invasive cardiac rhythm management system. *International Journal of Assistive Robotics and Systems*.
- Lobo, P., Morais, P., Murray, P., & Vilaça, J. L. (2024). Trends and innovations in wearable technology for motor rehabilitation, prediction, and monitoring: A comprehensive review. *Sensors*, 24(24), 7973. <https://doi.org/10.3390/s24247973>
- Min, L., Li, N., Bi, P., & Gao, B. (2024). Machine learning-based prediction model for sports injury risk in biomechanics: A case study of joint injuries in basketball. *Molecular & Cellular Biomechanics*, 21(4).
- Misir, A., & Yuce, A. (2025). AI in orthopedic research: A comprehensive review. *Journal of Orthopaedic Research*. <https://doi.org/10.1002/jor.25789>
- Rana, M., & Mittal, V. (2020). Wearable sensors for real-time kinematics analysis in sports: A review. *IEEE Sensors Journal*, 21(2), 1187–1207. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.3018128>
- Rebelo, A., Martinho, D. V., Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., & Teixeira, D. S. (2023). From data to action: A scoping review of wearable technologies and biomechanical assessments informing injury prevention strategies in sport. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 15(1), 169. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00696-6>
- Seçkin, A. Ç., Ateş, B., & Seçkin, M. (2023). Review on wearable technology in sports: Concepts, challenges, and opportunities. *Applied Sciences*, 13(18), 10399. <https://doi.org/10.3390/app131810399>
- Seshadri, D. R., Thom, M. L., Harlow, E. R., Gabbett, T. J., Geletka, B. J., Hsu, J. J., ... Voos, J. E. (2021). Wearable technology and analytics as a complementary toolkit to optimize workload and reduce injury burden.

- Frontiers in Sports and Active Living, 2, 630576.  
<https://doi.org/10.3389/fspor.2020.630576>
- Souaifi, M., Dhahbi, W., Jebabli, N., Ceylan, H. İ., Boujabli, M., Muntean, R. I., & Dergaa, I. (2025). Artificial intelligence in sports biomechanics: A scoping review on wearable technology, motion analysis, and injury prevention. *Bioengineering*, 12(8), 887.  
<https://doi.org/10.3390/bioengineering12080887>
- Tedesco, S., Crowe, C., Ryan, A., Sica, M., Scheurer, S., Clifford, A. M., ... O'Flynn, B. (2020). Motion sensors-based machine learning approach for identifying ACL gait patterns in rugby players. *Sensors*, 20(11), 3029.  
<https://doi.org/10.3390/s20113029>
- Tolba, S., Raafat, H., & Tolba, A. S. (2025). Gesture-based physical stability classification and rehabilitation system. *Sensors*, 25(19), 6098.  
<https://doi.org/10.3390/s25196098>
- Tuah, N. M., Goh, D. L., Nasirin, S., Ahmedy, F., & Hossin, M. (2023). Mapping data mining techniques and gamification approaches in post-stroke rehabilitation training: A systematic review. *IEEE Access*, 11, 31323–31340. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3261275>
- Waqar, A., Ahmad, I., Habibi, D., Hart, N., & Phung, Q. V. (2021). Enhancing athlete tracking using data fusion in wearable technologies. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 70, 1–13.  
<https://doi.org/10.1109/TIM.2021.3059232>
- Wang, P., Wang, A., & Wang, S. (2026). Integrating multimodal AI technologies for sports injury prediction and rehabilitation: A systematic review. *Journal of Human Sport and Exercise*, 21(1), 22–37.
- Wang, Z. Z., Xia, X., & Chen, Q. (2025). Multi-level data fusion enables collaborative dynamics analysis in team sports using wearable sensor networks. *Scientific Reports*, 15(1), 28210.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-28210-7>
- Willingham, T. B., Stowell, J., Collier, G., & Backus, D. (2024). Leveraging emerging technologies to expand accessibility and improve precision in rehabilitation and exercise for people with disabilities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21(1), 79.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph21010079>
- Xie, Y., Lu, L., Gao, F., He, S. J., Zhao, H. J., Fang, Y., ... Dong, Z. (2021). Integration of artificial intelligence, blockchain, and wearable technology for chronic disease management: A new paradigm in smart healthcare. *Current Medical Science*, 41(6), 1123–1133.  
<https://doi.org/10.1007/s11596-021-2456-7>

Zhu, J., Ye, Z., Liu, R., & Liu, J. (2025). Inertial measurement units (IMUs) for biomechanical analysis in sport: Applications, challenges, and future directions. *Sensor Review*.

## BÖLÜM 2:

### Spor Psikolojisi ve Duygu Durumu İzleme

Dr. Burak KARABABA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

#### Özet

Mobil sensörler, giyilebilir teknolojiler ve mobil sağlık uygulamaları, stres, kaygı ve ilişkili ruhsal belirtilerin izlenmesi ve yönetiminde dönüştürücü bir rol üstlenmektedir. Akıllı telefonlar, giyilebilir cihazlar ve IoT tabanlı sistemler aracılığıyla kalp hızı değişkenliği, elektrodermal aktivite, EEG, mobilite ve sosyal etkileşim örüntüleri gibi biyolojik ve davranışsal göstergeler sürekli olarak izlenebilmekte; bu veriler makine öğrenimi ve yapay zekâ modelleriyle işlenerek dijital fenotipleme ve erken risk tespiti mümkün hale gelmektedir. Literatürde, bu tür sistemlerin depresyon, anksiyete ve stres semptomlarında anlamlı azalmalar sağladığı, egzersiz ve dijital müdahalelerle birlikte kullanıldığında ise transdiagnostik bir müdahale çerçevesi sunduğu gösterilmektedir. Bununla birlikte veri gizliliği, algoritmik şeffaflık, sensör doğruluğu ve kullanıcı yükü gibi etik ve teknik kısıtlılıklar sürmektedir. Geleceğe yönelik olarak çok modlu sensör verilerinin, kişiselleştirilmiş ve öngörücü ruh sağlığı hizmetleriyle entegrasyonu; özellikle yüksek performans ve baskı altında çalışan sporcuların duygu durumunun anlık, objektif ve bağlama duyarlı biçimde izlenmesine olanak tanıyarak, tükenmişlik ve yaralanma risklerinin azaltılmasına ve psikolojik dayanıklılığın güçlendirilmesine önemli katkılar sunacaktır.

## Giriş

Yüksek performans sporları, yalnızca fiziksel kapasitenin değil, aynı zamanda psikolojik dayanıklılık, duygu düzenleme becerileri ve stresle başa çıkma stratejilerinin de belirleyici olduğu karmaşık bir yapıya sahiptir. Özellikle elit düzeyde rekabet eden sporcular, yoğun antrenman yükleri, sakatlık riski, performans baskısı, seçilme kaygısı ve medya görünürlüğü gibi çok boyutlu stresörlere maruz kalmaktadır. Bu bağlamda, spor psikolojisi alanında duygu durumu, stres, kaygı ve tükenmişlik gibi değişkenlerin düzenli ve güvenilir biçimde izlenmesi hem performansın sürdürülebilirliği hem de ruh sağlığının korunması açısından kritik bir öneme sahiptir. Geleneksel öz bildirim ölçekleri ve dönemsel psikolojik değerlendirmeler, bu gereksinime kısmen yanıt verebilse de çoğunlukla kesitsel, hataya açık ve bağlam bilgisinden yoksun ölçümler sunmaktadır. Spor ortamının dinamik ve dalgalı doğası ise daha sürekli, nesnel ve bağlama duyarlı izleme yaklaşımlarına ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı ilerleme, bu ihtiyaca güçlü bir çözüm potansiyeli sunmaktadır. Akıllı telefonlar, giyilebilir cihazlar, akıllı tekstiller ve Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı sistemler, sporcuların fizyolojik ve davranışsal göstergelerini gerçek zamanlı ve çoğu durumda pasif biçimde toplayabilen platformlar haline gelmiştir. Kalp hızı değişkenliği, elektrodermal aktivite, EEG, solunum, hareket paternleri, uyku-uyanıklık döngüsü, mobilite ve sosyal etkileşim örüntüleri gibi çok çeşitli biyolojik ve davranışsal veriler, artık laboratuvar dışı doğal ortamlarda, günler ve haftalar boyunca kesintisiz olarak izlenebilmektedir. Bu dönüşüm, spor psikolojisi açısından, duygu durumunun yalnızca “sorulduğu zaman” değil, sporcunun gerçek yaşam akışı içinde, anlık ve bağlama gömülü biçimde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Son yıllarda literatürde “dijital fenotipleme” ve “pasif izleme” kavramları etrafında şekillenen çalışmalar, bu verilerin makine öğrenimi ve yapay zekâ modelleriyle işlenmesiyle stres, kaygı, depresif belirtiler ve genel iyi oluş

düzeyinin yüksek doğrulukla tahmin edilebildiğini göstermektedir. Mobil sensörler ve giyilebilir teknolojiler aracılığıyla elde edilen çok modlu verilerin, dijital fenotipler yoluyla sporcunun psikolojik profiline dönüştürülmesi; erken risk tespiti, nüks dönemlerinin öngörülmesi ve kişiselleştirilmiş müdahale pencerelerinin belirlenmesi için yeni olanaklar sunmaktadır. Böylece spor psikolojisi uygulamaları, yalnızca sorun ortaya çıktıktan sonra devreye giren reaktif bir yapıdan, risk ortaya çıkmadan önce uyarı veren proaktif ve öngörücü bir modele doğru evrilme potansiyeline sahiptir.

Bununla birlikte bu hızlı teknolojik gelişimin, spor bağlamına aktarımı henüz tam anlamıyla kurumsallaşmış değildir. Birçok çalışma, genel popülasyon, klinik örneklemeler veya öğrenciler üzerinde yürütülmüş olup, sporcuların özgül stresörleri, antrenman yüklenmeleri, müsabaka döngüleri ve takım içi/sosyal dinamikleri yeterince dikkate alınmamıştır. Ayrıca veri gizliliği, algoritmik şeffaflık, sensör doğruluğu, cihazların sporcuya getirdiği ek yük ve sürekli izlenme hissinin oluşturabileceği psikolojik baskı gibi etik ve pratik sorunlar, spor ortamında bu teknolojilerin yaygınlaştırılmasında kritik tartışma alanları olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla mobil sensör temelli duygu durumu izlemenin, spor bilimleri ve spor psikolojisi perspektifiyle yeniden kavramsallaştırılması ve bağlama duyarlı çerçeveler içinde ele alınması gerekmektedir.

Bu bölümün temel amacı, mobil sensörler, giyilebilir teknolojiler ve mobil sağlık uygulamalarının spor psikolojisi bağlamında duygu durumu izlemede sunduğu olanakları, sınırlılıkları ve gelecek perspektiflerini bütüncül bir bakış açısıyla ortaya koymaktır. Bu doğrultuda ilk olarak mobil sensörler ile stres ve kaygı seviyelerinin izlenmesine yönelik güncel uygulamalar ve bulgular özetlenecek; ardından sensör verilerinin analizi, makine öğrenimi tabanlı modeller ve ruhsal belirti tespitinde kullanılan veri işleme yaklaşımları ele alınacaktır. Devamında, mobil teknolojilerin psikolojik iyileşme süreçlerine (örneğin stres yönetimi,

anksiyete ve depresyonun azaltılması, mindfulness ve dijital terapiler) katkıları tartışılacak; son olarak da gelecekte mobil sensörlerle psikolojik izlemenin alabileceği yön, özellikle elit ve performans sporcuları açısından değerlendirilecektir.

Bu bölümün, spor bilimleri alanında çalışan araştırmacı ve uygulayıcılara, mobil sensör temelli duygu durumu izlemenin kuramsal temelleri, metodolojik araçları ve pratik yansımaları hakkında yapılandırılmış bir çerçeve sunması hedeflenmektedir. Aynı zamanda spor psikologları, antrenörler, performans analistleri ve sağlık profesyonelleri için, sporcuların duygu durumunun daha objektif, sürekli ve bağlama duyarlı biçimde izlenmesine yönelik dijital çözümlerin hangi koşullarda, hangi sınırlılıklarla ve nasıl entegre edilebileceğine dair yol gösterici bir zemin oluşturması amaçlanmaktadır. Bu sayede, tükenmişlik ve yaralanma risklerinin azaltılması, psikolojik dayanıklılığın güçlendirilmesi ve performansın sürdürülebilir biçimde desteklenmesi için mobil psikolojik izlemenin sunduğu fırsatlar daha görünür hale gelecektir.

## Mobil Sensörler ile Stres ve Kaygı Seviyelerinin İzlenmesi

Günümüzde mobil sensörler ve giyilebilir teknolojiler, stres ve kaygı seviyelerinin izlenmesinde devrim oluşturmakta ve mental sağlık takibi için önemli bir araç haline gelmektedir. Özellikle mobil sağlık (mHealth) uygulamaları ve giyilebilir sensörler, bireylerin stres düzeylerini izlemek ve erken tespit yapmak için erişilebilir ve sürekli bir çözüm sunmaktadır. Stresin tespiti ve yönetimi, mental sağlık bozukluklarıyla mücadelede önemli bir adımdır. Bu bağlamda, mobil cihazlar ve giyilebilir sensörler, bireylerin stres seviyelerini sürekli olarak izleyebilen ve bu verilere dayalı müdahaleler geliştirebilen güçlü araçlardır. Winslow ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, askeri personel üzerinde giyilebilir sensörler ve mHealth uygulamalarının stres tespiti ve yönetimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma, mobil uygulama ve sensörler ile stres izleme ve azaltma tekniklerini

kullanan katılımcıların, bilişsel davranışçı terapi (BDT) alan kontrol grubuna kıyasla depresyon, anksiyete ve stres semptomlarında önemli bir azalma yaşadığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, giyilebilir sensörler ve mobil uygulamaların, stres izleme ve mental sağlık yönetimi konusunda önemli bir potansiyel taşıdığını göstermektedir (Winslow ve ark., 2022). Bu tür teknolojiler, terapiye uyumu artırarak askeri personel gibi stresli ortamlarda bile mental sağlık sonuçlarını iyileştirebilir.

Akıllı telefon sensörleriyle yapılan stres izleme, bir başka önemli gelişmedir. Choi ve arkadaşları (2024), akıllı telefon sensörlerinin, özellikle GPS, ivmeölçer ve mikrofon gibi özelliklerinin stres, anksiyete ve hafif depresyonla ilişkili davranışsal desenleri tespit etmede etkili bir şekilde kullanıldığını belirtmiştir. Çalışma, bu sensörlerin, mobilite, telefon kullanımı ve sosyal etkileşimler gibi davranışsal desenleri izleyerek duygusal durumlarla ilişkilendirilebileceğini vurgulamaktadır. Akıllı telefonların sürekli ve erişilebilir bir araç olarak stres ve anksiyeteyi izleyebileceği, erken tespit için büyük bir fırsat sunduğu ifade edilmiştir (Choi ve ark., 2024). Bu yöntem, klinik ortamların dışında, bireylerin günlük yaşamlarında bile stres seviyelerinin izlenebilmesini mümkün kılarak, bireysel sağlık yönetimini destekler. Giyilebilir sensörler, sadece stresin izlenmesinde değil, aynı zamanda kişiselleştirilmiş tedavi planlarının oluşturulmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Bu sensörler, vücutta meydana gelen fiziksel değişiklikleri, kalp hızı, ivmeölçer verileri gibi biyolojik parametreleri sürekli olarak izler. Sheikh ve arkadaşları (2021), giyilebilir cihazlar, akıllı telefonlar ve çevresel sensörlerin, stres ve anksiyete gibi mental sağlık koşullarını gösteren verileri toplamada kritik bir rol oynadığını vurgulamaktadır. Özellikle, bu sensörler, makine öğrenimi algoritmaları ile entegre edildiğinde, stres ve anksiyeteyi sürekli ve doğru bir şekilde izlemeye olanak tanımaktadır. Bu tür teknolojiler, kişiselleştirilmiş mental sağlık müdahaleleri için yeni fırsatlar oluşturmaktadır (Sheikh ve ark., 2021). Giyilebilir cihazlar, bireylerin kişisel ihtiyaçlarına uygun tedavi planları geliştirmeyi

mümkün kılarak, stresin yönetilmesine yardımcı olabilir. Ayrıca, biyolojik parametrelerin izlenmesi, stresin doğru ve objektif bir şekilde izlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Hickey ve arkadaşları (2021), stresin izlenmesinde kalp hızı değişkenliği (HRV), elektrodermal aktivite (EDA) ve elektroensefalogram (EEG) gibi biyolojik parametrelerin önemini vurgulamaktadır. Bu biyolojik veriler, stresin fizyolojik etkilerini daha doğru bir şekilde ölçmeye olanak tanır. Akıllı cihazlar ve giyilebilir sensörler, bu parametreleri izleyerek stresin izlenmesini mümkün kılmakta ve daha etkili bir sağlık yönetimi sunmaktadır (Hickey ve ark., 2021).

Bu gelişmeler, stresin izlenmesi konusunda daha hassas ve güvenilir bir yaklaşım sunmaktadır. Stres izleme teknolojilerindeki bir diğer önemli gelişme ise, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve makine öğrenimi tabanlı sistemlerin entegrasyonudur. Al-Atawi ve arkadaşları (2023), IoT tabanlı giyilebilir sensörlerle yapılan stres izleme sistemlerinin, vücut sıcaklığı, terleme ve hareket oranı gibi parametrelerle yüksek doğrulukla stres seviyelerini izleyebildiğini belirtmiştir. Bu tür sistemler, stresin tespiti ve yönetimi konusunda önemli bir yenilik sunmaktadır. Ayrıca, makine öğrenimi algoritmaları, bu verileri analiz ederek daha hassas ve kişiselleştirilmiş sağlık müdahaleleri sunabilmektedir. IoT ve makine öğrenimi teknolojilerinin entegrasyonu, stres izleme alanında daha verimli ve doğru sonuçlar elde edilmesini mümkün kılmaktadır (Al-Atawi ve ark., 2023). Mobil sensörler ve giyilebilir teknolojiler, stres ve kaygı seviyelerinin izlenmesi konusunda önemli bir devrim oluşturmaktadır. Giyilebilir sensörler ve mobil uygulamalar, bireylerin stres seviyelerini izleyebilmekte ve bu verilere dayalı kişiselleştirilmiş müdahaleler geliştirebilmektedir. Winslow ve arkadaşları (2022), Choi ve arkadaşları (2024), Sheikh ve arkadaşları (2021) gibi çalışmalar, bu teknolojilerin stres izleme ve yönetimi üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Ayrıca, biyolojik parametrelerin izlenmesi, IoT ve makine öğrenimi teknolojilerinin entegrasyonu, stresin daha doğru ve verimli bir şekilde izlenmesini sağlamaktadır. Mobil sensörler ve giyilebilir cihazlar, mental sağlık

yönetimi konusunda önemli bir potansiyel taşımakta ve gelecekte bu teknolojilerin daha yaygın olarak kullanılacağı öngörülmektedir.

## Veri Analizi ve Stres/Kaygı Tespiti

Mental sağlık bozuklukları, küresel ölçekte artan bir sağlık sorunu olarak, bireylerin yaşam kalitesini etkileyen önemli bir faktör olmuştur. Bu bozuklukların erken tespiti, tedavisi ve yönetimi, mental sağlık alanındaki müdahalelerin etkinliği açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, stres, kaygı, depresyon gibi semptomların tespit edilmesinde kullanılan farklı veri analiz teknikleri, klinik ve teknolojik gelişmelerin ışığında giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Teknolojik yenilikler ve makine öğrenimi gibi ileri düzey veri analizi yöntemleri, bu semptomları daha doğru ve hızlı bir şekilde tespit etmek için etkin araçlar sunmaktadır.

Mental sağlık bozukluklarının başlangıç yaşı, erken tanı ve müdahale için önemli bir göstergedir. Solmi ve arkadaşları (2021) tarafından gerçekleştirilen geniş ölçekli bir meta-analiz, dünya çapında 192 epidemiyolojik çalışmayı inceleyerek mental bozuklukların başlangıç yaşlarını ortaya koymuştur. Çalışma, 708.561 bireyi kapsamakta olup, mental bozuklukların %34.6'sının 14 yaşından önce başladığını bulmuştur. Özellikle nörogelişimsel bozukluklar, kaygı bozuklukları ve obsesif-kompulsif bozukluklar gibi hastalıklar erken yaşlarda başlama eğilimindedir. Bu bulgular, mental sağlık müdahalelerinin, erken yaşlardan itibaren başlatılmasının önemini vurgulamaktadır. Erken yaşta başlayan bozukluklar, ilerleyen yaşlarda daha karmaşık hale gelebilir ve bu nedenle çocuk ve yetişkin hizmetleri arasında yaşa dayalı ayrımların gözden geçirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Solmi ve ark., 2021).

Bu bulgular, erken müdahalelerin önemini vurgularken, mental sağlık hizmetlerinin zamanlamasının da kritik olduğunu göstermektedir. Örneğin, kaygı bozuklukları ve depresyon gibi yaygın bozukluklar, ergenlik döneminde

başlayarak kişiyi yaşam boyu etkileyebilir. Bu nedenle, mental sağlık müdahalelerinin erken yaşlarda başlaması, bu bozuklukların yaşam boyu sürdürülebilir etkilerini azaltma potansiyeline sahiptir.

Son yıllarda, stres, kaygı ve depresyon gibi mental bozuklukların tespiti konusunda makine öğrenimi ve yapay zekâ yöntemleri önemli bir gelişim göstermiştir. Zhou ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, yaşlı bireylerde depresyon, kaygı ve apatiyi tespit etmek için konuşma ve yüz ifadeleri kullanılarak bir makine öğrenmesi modeli geliştirilmiştir. Model, %96.6'lık bir F1 skoru ile yüksek doğruluk oranı elde etmiştir. Geliştirilen modelin doğruluğu, yaşlı bireylerde bu mental sağlık semptomlarını tespit etmek için güçlü bir araç olduğunu göstermektedir. Bu tür makine öğrenimi tabanlı yaklaşımlar, yalnızca hastaların fiziksel sağlıklarını izlemekle kalmaz, aynı zamanda mental sağlıklarını da izleyerek erken müdahaleye olanak sağlar.

Stres tespiti için kullanılan diğer bir yenilikçi teknoloji, ses analizi yöntemleridir. Riad ve arkadaşları (2024) tarafından yapılan bir çalışma, mobil cihazlardan toplanan ses verilerini kullanarak depresyon, kaygı, uykusuzluk ve yorgunluk tespiti için bir model geliştirmiştir. Çalışma, ses tabanlı sistemlerin, demografik faktörlerden bağımsız olarak mental sağlık durumlarını doğru bir şekilde tespit etme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Bu modelin doğruluk, kesinlik ve geri çağırma oranları %87.4, %86.6 ve %87.6 olarak bulunmuştur. Bu bulgular, ses analizi yöntemlerinin mental sağlık değerlendirmelerinde önemli bir rol oynayabileceğini ortaya koymaktadır.

Giyilebilir cihazlar, stres ve kaygı gibi semptomları izlemek ve tespit etmek için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Vos ve arkadaşları (2023), giyilebilir cihazlar kullanılarak yapılan stres tespiti çalışmalarını incelemiş ve bu teknolojilerin büyük bir potansiyele sahip olduğunu belirtmiştir. Kalp atış hızı değişkenliği (HRV), elektrodermal aktivite (EDA) ve kalp hızı gibi biyomarkerlerin kullanıldığı bu cihazlar, bireylerin stres seviyelerini izlemek için

önemli araçlar sunmaktadır. Ancak bu teknolojilerin doğruluğu ve genelleme kapasitesinin artırılması için daha geniş ve çeşitlendirilmiş veri setlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Almadhor ve arkadaşları (2023), federated learning (FL) tabanlı bir yaklaşım kullanarak giyilebilir cihazlarla stres tespiti ini incelemiş ve bu modelin %86.82 doğruluk oranı ile yüksek performans sergilediğini bulmuştur. FL tabanlı model, bireysel hasta verilerini gizli tutarken, doğru stres sınıflandırması yapabilme yeteneği göstermiştir. Bu teknoloji, sağlık verilerinin gizliliğini koruyarak kişisel stres durumlarını izlemek için güvenli bir çözüm sunmaktadır.

Egzersiz, mental sağlık üzerinde olumlu etkiler oluşturabilen önemli bir müdahale aracıdır. Solmi ve arkadaşları (2025), egzersizin, depresyon, kaygı ve şizofreni gibi mental bozukluklarda etkili bir tedavi yöntemi olduğunu ortaya koymuştur. Orta ve yüksek yoğunluktaki aerobik egzersizlerin, bu bozuklukların ana semptomlarını iyileştirmede orta büyüklükte etki sağladığı bulunmuştur. Egzersiz, birden fazla mental bozukluk için transdiagnostik bir müdahale olarak kullanılabilir ve bu bozuklukların tedavisinde önemli bir strateji olabilir. Bu bulgular, egzersizin genel bir tedavi müdahalesi olarak mental sağlık stratejilerinin bir parçası olarak yaygın şekilde uygulanabileceğini göstermektedir. Ayrıca, mental sağlık programlarının etkinliğini artırmak için egzersiz programlarının tedaviye entegre edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Mental sağlık bozukluklarının tespiti ve yönetimi için kullanılan veri analizi yöntemleri, giderek daha sofistike ve etkili hale gelmektedir. Makine öğrenimi, ses analizi, giyilebilir cihazlar ve egzersiz gibi yöntemler, stres, kaygı ve diğer mental sağlık semptomlarının erken tespitinde büyük bir potansiyel sunmaktadır. Bu teknolojiler, bireylerin mental sağlık durumlarını daha doğru ve hızlı bir şekilde izlemeye olanak tanıyarak, erken müdahale için fırsatlar oluşturmaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemlerin doğruluğunun artırılması ve geniş veri setleri ile desteklenmesi, mental sağlık müdahalelerinin etkinliğini daha da artıracaktır.

## Mobil Teknolojilerin Psikolojik İyileşme Üzerindeki Etkileri

Mobil teknolojiler, son yıllarda psikolojik iyileşme süreçlerini iyileştiren güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır. Akıllı telefonlar, giyilebilir cihazlar, mobil uygulamalar ve yapay zekâ (YZ) platformları, stres yönetimi, anksiyete, depresyon ve diğer zihinsel sağlık sorunlarıyla başa çıkma konusunda bireylere yeni olanaklar sunmaktadır. Bu teknolojiler, biyolojik geri bildirim, davranışsal müdahaleler, kişisel izleme ve etkileşimli özellikler aracılığıyla psikolojik iyilik halini artırma potansiyeline sahiptir. Bu bölümde, mobil teknolojilerin psikolojik iyileşme üzerindeki etkileri, yapılan araştırmalar ışığında ele alınacaktır.

Mobil uygulamalar ve giyilebilir cihazlar, bireylerin ruhsal sağlıklarını yönetmelerine ve iyileştirmelerine yardımcı olabilecek çeşitli araçlar sunmaktadır. Jerath ve arkadaşları (2023), akıllı saatler ve kalp atış hızı değişkenliği (HRV) teknolojisinin stres yönetimi için büyük bir potansiyele sahip olduğunu belirtmektedir. Akıllı cihazlar, kullanıcıların biyolojik verilerini izleyerek, stres seviyeleri ve zihinsel sağlık durumları hakkında anlık geri bildirim sağlar. Özellikle Apple Watch, Garmin ve Fitbit gibi popüler cihazlar, stres izleme ve yönetiminde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu tür cihazlar, bireylerin stresle başa çıkmalarına yönelik kişiselleştirilmiş müdahaleler sunarak psikolojik iyilik hallerini artırabilmektedir. Jerath ve arkadaşları (2023), biyogeribildirim teknolojilerinin psikolojik iyileşme sürecine önemli katkılar sunduğunu, bireylerin stresle başa çıkmalarını sağlayarak ruhsal sağlıklarını iyileştirdiğini vurgulamaktadır.

Bir diğer önemli araştırma, Khademian ve arkadaşları (2020) tarafından yapılmıştır. Bu meta-inceleme, mobil sağlık uygulamalarının stres, anksiyete ve depresyon üzerindeki etkilerini incelemiştir. İncelenen çalışmalarda, mobil uygulamaların, özellikle davranış değişikliği stratejilerini kullanan uygulamaların, depresyon, anksiyete ve stres üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu bulunmuştur. Örneğin, bireylerin düzenli olarak uygulamalara katılım gösterdiği

durumlarda, stres seviyelerinde belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Bu bulgular, mobil uygulamaların zihinsel sağlık üzerinde etkili bir araç olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, mobil uygulamaların bireylerin psikolojik iyileşme süreçlerine nasıl yardımcı olduğu, kişisel izleme, anlık geri bildirim ve mindfulness teknikleri gibi özelliklerle güçlendirilmektedir.

Mobil uygulamalar, stres yönetimi için en yaygın kullanılan araçlar arasında yer almaktadır. Paganini ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan bir sistematik inceleme, stres yönetimi uygulamalarının kalitesini ve özelliklerini değerlendirmiştir. Çalışmada, 121 stres yönetimi uygulaması incelenmiş ve uygulamaların çoğunun psikoeğitim, nefes alma teknikleri, mindfulness ve bilişsel-davranışçı terapi gibi stratejiler sunduğu ortaya çıkmıştır. Ancak, bu uygulamaların çoğunda veri güvenliği ve gizlilik politikaları konusunda eksiklikler bulunduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, bu uygulamalar, stresin yönetilmesine yardımcı olabilecek önemli bir potansiyel taşımaktadır. Uygulamalarda kullanılan stratejiler, bireylerin stres seviyelerini izlemelerine, psikolojik durumlarını değerlendirmelerine ve psikolojik iyileşme süreçlerine müdahale etmelerine olanak tanımaktadır.

Bunun yanı sıra, Sadeh-Sharvit ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan bir başka araştırma, yapay zekâ (YZ) destekli platformların depresyon ve anksiyete üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışma, YZ destekli terapilerin geleneksel terapi yöntemlerine kıyasla daha etkin sonuçlar verdiğini ve tedavi sürecinde hastaların semptomlarını %34 oranında azalttığını göstermektedir. Yapay zekâ, terapistlerin iş yükünü hafifleterek tedavi sürekliliğini artırmakta ve daha geniş kitlelere ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu bulgular, mobil teknolojilerin, özellikle yapay zekâ destekli platformların, psikolojik iyileşme süreçlerinde önemli bir yer edebileceğini göstermektedir. YZ platformları, daha kişiselleştirilmiş ve erişilebilir bir tedavi süreci sunarak, bireylerin ruhsal sağlıklarını iyileştirmektedir.

Mindfulness uygulamaları, mobil teknolojiler aracılığıyla yaygın bir şekilde sunulmaktadır ve bu tür uygulamalar psikolojik distresin azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Cox ve arkadaşları (2024), kritik hastalık sonrası psikolojik distres yaşayan bireyler için mobil uygulama tabanlı mindfulness müdahalelerinin etkilerini araştırmış ve mindfulness meditasyonlarının depresyon belirtilerini önemli ölçüde azalttığını bulmuştur. Uygulamanın yüksek düzeyde devamlılık ve etkinlik göstermesi, mindfulness'ın psikolojik iyileşme üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Haftada iki kez yapılan mindfulness meditasyonları, katılımcılarda duygusal rahatlama sağlamış ve psikolojik iyileşme süreçlerini hızlandırmıştır.

Bununla birlikte, mobil uygulamaların, mindfulness ve gevşeme teknikleri gibi davranışsal müdahaleleri birleştiren güçlü araçlar sunduğu görülmektedir. Cox ve arkadaşlarının (2024) araştırması, bu tür mobil mindfulness müdahalelerinin psikolojik distresi azaltmada etkin bir araç olduğunu ortaya koymuştur. Mobil teknolojiler, bireylerin stresle başa çıkmalarına ve ruhsal sağlıklarını iyileştirmelerine yardımcı olabilecek çeşitli yöntemler sunmaktadır.

Çocuklarda psikolojik iyileşme süreçlerine yönelik dijital müdahaleler de giderek yaygınlaşmaktadır. Reardon ve arkadaşları (2022), okul ortamında çocuklarda anksiyete taraması ve çevrimiçi müdahalelerin etkilerini incelemiş ve çocukların psikolojik iyileşmesine olumlu katkılar sunduğunu bulmuştur. Bu tür dijital araçlar, okul ortamında çocukların anksiyetelerini erken tespit etmeye ve ailelerle iş birliği içinde psikolojik destek sağlamaya yardımcı olmaktadır. Özellikle, mobil uygulamalar, çocukların stresle başa çıkma becerilerini geliştirebilmektedir. Bu bulgular, dijital araçların psikolojik iyileşme süreçlerini hızlandırabilecek ve daha erişilebilir hale getirebilecek önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Mobil teknolojilerin psikolojik iyileşme üzerindeki etkileri, özellikle kişiselleştirilmiş sağlık müdahaleleri ve dijital terapiler gibi yeni yaklaşımlar ile

daha da güçlenmektedir. Ancak, bu teknolojilerin daha etkili ve yaygın bir şekilde kullanılabilmesi için bazı zorlukların aşılması gerekmektedir. Örneğin, Alqahtani ve arkadaşları (2021), zihinsel sağlık uygulamalarında kullanıcı etkileşimini artıracak kişiselleştirilmiş özelliklerin ve sosyal destek unsurlarının önemini vurgulamaktadır. Bu tür özellikler, kullanıcıların uygulamaları daha etkin bir şekilde kullanmalarını sağlayabilir ve psikolojik iyileşme süreçlerine katkıda bulunabilir. Ayrıca, mobil teknolojilerin veri güvenliği ve gizlilik politikalarındaki eksiklikler, kullanıcıların bu teknolojileri benimseme düzeyini etkileyebilir. Dolayısıyla, daha güvenli ve kullanıcı dostu platformlar geliştirilmesi, mobil teknolojilerin etkinliğini artıracaktır.

Mobil teknolojiler, bireylerin psikolojik iyileşme süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Akıllı cihazlar, giyilebilir teknolojiler, yapay zekâ destekli platformlar ve mindfulness uygulamaları, stres, anksiyete ve depresyon gibi zihinsel sağlık sorunlarının yönetilmesine yardımcı olmaktadır. Ancak, bu teknolojilerin etkinliğinin artırılabilmesi için daha fazla araştırma yapılması ve dijital araçların daha geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşabilmesi için geliştirilmeleri gerekmektedir. Bu alandaki gelişmeler, gelecekte psikolojik iyileşme süreçlerine önemli katkılarda bulunabilir.

## Gelecekte Mobil Sensörlerle Psikolojik İzleme

Mobil sensör teknolojilerinin hızlı gelişimi, ruh sağlığının değerlendirilmesi ve izlenmesinde paradigmatik bir dönüşüm oluşturmaktadır. Akıllı telefonlar, giyilebilir cihazlar, akıllı tekstiller ve diğer biyosensör platformları, bireylerin davranışsal, fizyolojik ve bağlamsal verilerini gerçek zamanlı ve çoğunlukla pasif bir şekilde toplayabilmekte; bu durum, ruhsal süreçleri klinik ortamların sınırlarını aşan bir doğruluk ve zaman duyarlılığı ile takip etmeyi mümkün kılmaktadır. Bu bölümde gelecekte mobil sensörlerle psikolojik izlemenin alacağı biçim, güncel araştırma bulguları ışığında kapsamlı bir biçimde tartışılmaktadır.

Gerçek yaşam bağlamında tekrarlayıcı ölçümler, bireylerin psikolojik durumlarında zaman içinde meydana gelen mikro değişimleri yakalayabilme kapasitesiyle dikkat çekmektedir. Reichert ve arkadaşları (2021), GPS, ivmeölçer, EKG ve benzeri mobil sensörlerin sağladığı yüksek frekanslı verilerin, psikiyatrik semptom dinamiklerinin bağlamsal olarak anlaşılmasında güçlü bir araç olduğunu göstermiştir. Bu yaklaşım sayesinde duygu durum dalgalanmaları, stres tepkileri ve davranışsal örüntüler, klinik görüşmelere kıyasla çok daha ince ayrıntılarla değerlendirilebilmektedir. Araştırmacılar, mobil sensör tabanlı ayaktan değerlendirmenin kişiselleştirilmiş psikiyatrinin temel bileşeni haline geleceğini, hatta nüks dönemlerinin ve duyarlılık pencerelerinin önceden tahmin edilmesini mümkün kıldığını vurgulamaktadır.

Benzer şekilde Mendes ve arkadaşları (2022), mobil sensör verilerinin ruhsal durum sınıflandırma ve dijital fenotipleme süreçlerinde giderek daha etkin kullanıldığını belirtmektedir. Konum, ivme, ortam sensörleri ve uygulama kullanım verileri gibi çeşitli veri akışlarının makine öğrenmesi algoritmalarıyla entegre edilmesi, bireylerin psikolojik durumlarını sürekli ve otomatik biçimde izlemeyi mümkün kılmaktadır. Bununla birlikte literatürde yüksek kaliteli ve uzun süreli açık veri setlerinin sınırlı olması, alandaki gelişimin önündeki önemli teknik engellerden biri olarak öne çıkmaktadır.

Mobil psikolojik izlemenin gelecekteki gelişim çizgisi yalnızca akıllı telefon sensörleriyle sınırlı değildir; giyilebilir biyosensörler ve akıllı tekstiller bu alanın en hızlı büyüyen bileşenlerini oluşturmaktadır. Hickey ve arkadaşları (2021), HRV, EDA, EEG ve solunum gibi fizyolojik göstergelerin stres ve anksiyete durumunun izlenmesinde son derece hassas biyobelirteçler sunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle HRV ve EDA'nın stres belirtici olarak ortalama kalp atım hızından daha duyarlı sinyaller sağladığı gösterilmiştir.

Akıllı tekstillerin ise sensörleri doğrudan giysi dokusuna entegre ederek uzun süreli ve konforlu bir izleme deneyimi sunduğu belirtilmektedir. Fernandes ve

arkadaşları (2025), EEG, EKG, EDA ve kortizol gibi fizyolojik parametrelerin akıllı tekstiller aracılığıyla sürekli ve görünmez biçimde takip edilebildiğini ortaya koymaktadır. Bu teknolojilerin günlük yaşamla bütünleşmesi, psikolojik izlemenin kullanıcı açısından bilişsel yükünü azaltarak kabul edilebilirliğini artırmaktadır.

Daha ileri ölçüm teknolojileri ise zihinsel ve duygusal süreçleri nörobiyolojik düzeyde takip etmektedir. Örneğin Vivek Reddy ve arkadaşları (2024), elektronik cilt yamaları, akıllı kontakt lensler ve nöroreseptör sinyallerini algılayan giyilebilir sistemlerin özellikle depresyon, anksiyete ve uyku bozuklukları gibi durumların erken tespitinde önemli rol oynayacağını öne sürmektedir. Bu sistemlerin çok modlu sensör verilerini gerçek zamanlı makine öğrenmesi algoritmalarıyla birleştirmesi, psikolojik durumun anlık ve dinamik değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır.

Dijital fenotipleme, bireylerin dijital izlerinden psikolojik ve davranışsal özelliklerinin modellenmesini içeren bir yaklaşımdır ve mobil sensör temelli izlemenin teorik çerçevesini oluşturmaktadır. Dlima ve arkadaşları (2022) tarafından sunulan kapsamlı inceleme, hareketlilik paternleri, kalp ritmi, iletişim sıklığı ve sosyal etkileşim göstergelerinin depresyon ve kaygı dahil pek çok ruhsal durumla ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu verilerin makine öğrenimi ile analiz edilmesi, ruhsal bozuklukların ortaya çıkışını erken dönemde belirlemeyi olanaklı kılmaktadır.

Bu teknolojik perspektif klinik uygulamalarda da somut karşılık bulmaktadır. Örneğin González-Pérez ve arkadaşları (2023), akıllı telefon ve giyilebilir sensörlerden topladığı verileri gerçek zamanlı olarak analiz eden AwarNS adlı bağlama duyarlı mobil izleme framework'ünün, kişiselleştirilmiş ruh sağlığı müdahalelerini mümkün kıldığını göstermektedir. Bu sistemler yalnızca veri toplamakla kalmayıp, aynı zamanda psikolojik risk ortaya çıktığında kullanıcıya

veya terapistte anında bildirim göndererek adaptif müdahaleye olanak sağlamaktadır.

Forensik psikiyatri alanında bile bu tür sistemlerin kullanılmaya başlanması, mobil sensör tabanlı izlemenin çok disiplinli yayılımını göstermektedir. Ter Harmsel ve arkadaşları (2023), Sense-IT biyogösterge uygulamasının saldırganlık düzenleme tedavisinde duygu farkındalığını artırdığını bildirmiştir. Bununla birlikte sensör doğruluğu ve teknolojik kararlılık, geniş çaplı klinik uygulamaların önündeki önemli sınırlılıklardır.

Mobil sensörler yalnızca biyofizyolojik süreçleri değil, aynı zamanda bireyin sosyal davranışlarını da izleyebilmektedir. Qirtas ve arkadaşları (2022), pasif sensör verilerinin sosyal izolasyon ve yalnızlık düzeylerini erken dönemde belirleyebileceğini göstermektedir. Hareketlilik verileri, iletişim paternleri, uyku-aktivite ritimleri ve ev içi sensör kayıtları gibi göstergeler, bireyin psiko-sosyal iyi oluşu hakkında değerli bilgiler sunmaktadır.

Benzer biçimde, Garnett ve arkadaşları (2022), mobil sağlık uygulamalarının kullanıcıların davranış ve duygu durumlarını takip ederek stres, yük ve yalnızlık gibi olumsuz psikolojik sonuçları azaltmada etkili olduğunu belirtmektedir. Bu bulgu, mobil sensörlerin yalnızca ölçme değil aynı zamanda müdahale süreçlerinde de etkili bir araç olacağını göstermektedir. Bununla birlikte Mendonça ve arkadaşları (2022), yoğun mobil teknoloji kullanımının ters yönde etkiler oluşturabileceğini, bildirim yükü ve sürekli çevrimiçi olma baskısının stres ve anksiyeteyi artırabileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle gelecekte tasarlanacak sensör temelli psikolojik izleme sistemlerinin kullanıcı yükünü azaltacak biçimde minimal müdahaleci olması gerekmektedir.

Tüm bu teknolojik olanaklara rağmen, mobil sensörlerle psikolojik izlemenin geleceğinde en kritik tartışmalar mahremiyet ve veri güvenliği etrafında şekillenmektedir. Ruotsalainen ve Blobel (2023), gelecekte pHealth

ekosistemlerinin çok paydaşlı, otonom ve yoğun veri akışına dayalı olacağını, bu nedenle psikolojik izleme sistemlerinde güvenin ancak bütüncül bir gizlilik modeliyle sağlanabileceğini vurgulamaktadır. Verinin bireyin mülkü olarak tanımlanması ve veri işleme süreçlerinde şeffaf algoritmaların kullanılması, sürdürülebilir bir dijital psikolojik izleme altyapısı için zorunlu görülmektedir. Benzer biçimde Laymouna ve arkadaşları (2024), yapay zekâ destekli psikolojik izleme sistemlerinin etik tasarım ilkelerine göre geliştirilmesi gerektiğini belirtmektedir. Bu durum, özellikle chatbotlar, dijital yardımcılar ve sensör tabanlı erken uyarı sistemleri söz konusu olduğunda önem kazanmaktadır. Baron ve Haick (2024) ise mobil diagnostik kliniklerin sensör teknolojileri ve yapay zekâ sayesinde sürekli ve noninvaziv izleme kapasitesine ulaşacağını, bunun psikolojik değerlendirme için de uyarlanabilir bir altyapı sunduğunu vurgulamaktadır. Elit sporcular özelinde düşünüldüğünde, bu tür sensör tabanlı izleme yaklaşımlarının yalnızca stres ve tükenmişlik değil, aynı zamanda egzersiz bağımlılığına işaret eden örüntüleri de erken dönemde saptayabilme potansiyeli bulunmaktadır (Çelik & Sevindik Aktaş, 2025). Ek olarak, Gupta ve arkadaşları (2025), nörolojik hastalıklarda kullanılan sensör temelli izleme yaklaşımlarının bilişsel ve nöropsikiyatrik durumların uzunlamasına takibine uygulanabileceğini vurgulamaktadır. Bu yaklaşımın ruh sağlığı alanına uyarlanması, biyolojik, davranışsal ve dijital göstergelerin bütünleşik bir hassas psikiyatri modelinde kullanılmasına olanak tanıyacaktır.

Gelecekte mobil sensörlerle psikolojik izleme, çok modlu sensör verilerinin yapay zekâ ve dijital sağlık altyapılarıyla bütünleştiği kapsamlı bir ekosisteme dönüşecektir. Akıllı telefon sensörleri, giyilebilir biyosensörler, akıllı tekstiller, nörobiyolojik ölçüm cihazları ve bağlama duyarlı dijital uygulamalar, ruh sağlığını sürekli, kişiselleştirilmiş ve öngörücü biçimde takip etmeyi mümkün kılacaktır. Bununla birlikte sistemlerin etik, güvenli ve kullanıcı dostu olması kritik önemdedir. Mevcut literatür, veri gizliliği, algoritmik şeffaflık ve standardizasyon gibi alanlarda ilerleme sağlandıkça mobil sensör tabanlı

psikolojik izlemenin klinik pratiğin ayrılmaz bir parçası haline geleceğini göstermektedir.

## Sonuç ve Gelecek Perspektif

Bu bölümde tartışılan çalışmalar, mobil sensörler, giyilebilir teknolojiler ve m-sağlık uygulamalarının stres, kaygı, depresyon belirtileri ve genel iyi oluşun izlenmesi ve yönetiminde güçlü araçlar sunduğunu göstermektedir. Kalp hızı değişkenliği, EDA, EEG, hareketlilik, uyku örüntüleri, sosyal etkileşim ve ses özellikleri gibi çok modlu biyolojik ve davranışsal göstergelerin, makine öğrenimi ve yapay zekâ modelleriyle işlenmesi sayesinde dijital fenotipleme mümkün hâle gelmekte; böylece ruhsal belirtiler yalnızca öz bildirime dayalı ve kesitsel ölçümlerle değil, gerçek yaşam bağlamında dinamik ve nesnel biçimde değerlendirilebilmektedir. Genel popülasyon, klinik örneklemeler, öğrenciler ve askerî personel üzerinde yürütülen çalışmalar, bu teknolojilerin depresyon, anksiyete ve stres semptomlarını azaltmada; terapiye uyumu, farkındalığı ve öz-yönetim becerilerini artırmada anlamlı katkılar sağladığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte mevcut bulgular, sporcu popülasyonuna doğrudan genellenememekte, sporcuların özgün stresörleri, antrenman yükleri, müsabaka döngüleri ve takım dinamiklerinin çoğu zaman yeterince modellenmediğini göstermektedir. Ayrıca veri gizliliği, algoritmik şeffaflık, standardizasyon, sensör doğruluğu, kullanıcı yükü ve sürekli izlenme hissinin psikolojik etkileri, mobil psikolojik izlemenin yaygın ve sürdürülebilir şekilde uygulanabilmesi önünde önemli sınırlılıklar olarak varlığını korumaktadır.

Geleceğe yönelik olarak, mobil sensör temelli duygu durumu izlemenin spor psikolojisi alanında gerçek potansiyeline ulaşabilmesi için, çok modlu sensör verilerinin (fizyolojik parametreler, performans göstergeleri, antrenman yükü, uyku, beslenme, sosyal etkileşim vb.) kişiselleştirilmiş ve öngörücü ruh sağlığı hizmetleriyle entegrasyonu kritik görünmektedir. Özellikle elit ve performans sporcularında, bu verilerin bağlama duyarlı algoritmalarla birleştirilmesi

sayesinde, tükenmişlik, performans düşüşü ve yaralanma riskine işaret eden erken uyarı işaretleri saptanabilir; “tam zamanında” dijital müdahalelerle stres yönetimi, duygu düzenleme ve toparlanma süreçleri desteklenebilir. Bunun için spor psikologları, antrenörler, performans analistleri, hekimler, veri bilimciler ve etik uzmanlarının yer aldığı disiplinler arası iş birliklerine, sporcu haklarını ve mahremiyetini merkeze alan güçlü etik ve hukuki çerçevelere, spor bağlamına özgü validasyon çalışmaları ve rehberlere ihtiyaç vardır. Etik, güvenli ve kullanıcı dostu tasarlanan mobil sensör sistemleri, sporcularda psikolojik dayanıklılığın güçlendirilmesi, tükenmişlik ve yaralanma risklerinin azaltılması ve performansın sürdürülebilir biçimde desteklenmesi için, spor psikolojisi uygulamalarının ayrılmaz bir bileşeni hâline gelme potansiyeli taşımaktadır.

## Kaynakça

- Al-Atawi, A. A., Alyahyan, S., Alatawi, M. N., Sadad, T., Manzoor, T., Farooq-I-Azam, M., & Khan, Z. H. (2023). Stress monitoring using machine learning, IoT, and wearable sensors. *Sensors*, 23(21), 8875. <https://doi.org/10.3390/s23218875>
- Almadhor, A., Sampedro, G. A., Abisado, M., Abbas, S., Kim, Y. J., Khan, M. A., ... & Cha, J. H. (2023). Wrist-based electrodermal activity monitoring for stress detection using federated learning. *Sensors*, 23(8), 3984. <https://doi.org/10.3390/s23083984>
- Alqahtani, F., Winn, A., & Orji, R. (2021). Co-designing a mobile app to improve mental health and well-being: Focus group study. *JMIR Formative Research*, 5(2), e18172. <https://doi.org/10.2196/18172>
- Baron, R., & Haick, H. (2024). Mobile diagnostic clinics. *ACS Sensors*, 9(6), 2777-2792, <https://doi.org/10.1021/acssensors.4c00636>
- Castro, R., Ribeiro-Alves, M., Oliveira, C., Romero, C. P., Perazzo, H., Simjanoski, M., Kapciznki, F., Balanzá-Martínez, V., & De Boni, R. B. (2022). What are we measuring when we evaluate digital interventions for improving lifestyle? A scoping meta-review. *Frontiers in Public Health*, 9, 735624. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.735624>
- Choi, A., Ooi, A., & Lottridge, D. (2024). Digital phenotyping for stress, anxiety, and mild depression: Systematic literature review. *JMIR mHealth and uHealth*, 12(5), e40689. <https://doi.org/10.2196/40689>
- Cox, C. E., Gallis, J. A., Olsen, M. K., Porter, L. S., Gremore, T., Iwashyna, T. J., ... Hough, C. L. (2024). *Mobile Mindfulness Intervention for Psychological Distress Among Intensive Care Unit Survivors: A Randomized Clinical Trial*. *JAMA Internal Medicine*, 184(7), 749-759. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2024.0823>
- Çelik, B., & Sevindik Aktaş, B. (2025). Elit sporcuların egzersiz bağımlılık düzeylerinin incelenmesi (Erzurum ili örneği): Tanımlayıcı araştırma. *Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri Dergisi*, 17(1), 43-51. <https://doi.org/10.5336/sportsci.2024-105018>
- Dlima, S. D., Shevade, S., Menezes, S. R., & Ganju, A. (2022). Digital phenotyping in health using machine learning approaches: Scoping review. *JMIR Bioinformatics and Biotechnology*, 3(1), e39618. <https://doi.org/10.2196/39618>
- Fernandes, S., Ramos, A., Vega-Barbas, M., García-Vázquez, C., Seoane, F., & Pau, I. (2025). Smart textile technology for the monitoring of mental health. *Sensors*, 25(4), 1148. <https://doi.org/10.3390/s25041148>

- Garnett, A., Northwood, M., Ting, J., & Sangrar, R. (2022). mHealth interventions to support caregivers of older adults: Equity-focused systematic review. *JMIR Aging*, 5(3), e33085. <https://doi.org/10.2196/33085>
- González-Pérez, A., Matey-Sanz, M., Granell, C., Díaz-Sanahuja, L., Bretón-López, J., & Casteleyn, S. (2023). AwarNS: A framework for developing context-aware reactive mobile applications for health and mental health. *Journal of Biomedical Informatics*, 141, 104359. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2023.104359>
- Gupta, N. S., Shrivastav, S. K., Singh, I. K., Kumari, S., Jha, N. K., & Gupta, R. (2025). Decoding the molecular and cellular aspects of multiple sclerosis: From diagnosis to therapeutic strategies. *Brain Research*, 1863, 149844. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2025.149844>
- Hickey, B. A., Chalmers, T., Newton, P., Lin, C.-T., Sibbritt, D., McLachlan, C. S., Clifton-Bligh, R., Morley, J., & Lal, S. (2021). Smart devices and wearable technologies to detect and monitor mental health conditions and stress: A systematic review. *Sensors*, 21(10), 3461. <https://doi.org/10.3390/s21103461>
- Jerath, R., Syam, M., & Ahmed, S. (2023). The future of stress management: Integration of smartwatches and HRV technology. *Sensors*, 23(17), 7314. <https://doi.org/10.3390/s23177314>
- Khademian, F., Aslani, A., & Bastani, P. (2020). The effects of mobile apps on stress, anxiety, and depression: Overview of systematic reviews. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 37(1), e4. <https://doi.org/10.1017/S0266462320002093>
- Laymouna, M., Ma, Y., Lessard, D., Schuster, T., Engler, K., & Lebouché, B. (2024). Roles, users, benefits, and limitations of chatbots in health care: Rapid review. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e56930. <https://doi.org/10.2196/56930>
- Mendes, J. P. M., Moura, I. R., Van de Ven, P., Viana, D., Silva, F. J. S., Coutinho, L. R., Teixeira, S., Rodrigues, J. J. P. C., & Teles, A. S. (2022). Sensing apps and public data sets for digital phenotyping of mental health: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 24(2), e28735. <https://doi.org/10.2196/28735>
- Mendonça, I., Coelho, F., Ferrajão, P., & Abreu, A. M. (2022). Telework and mental health during COVID-19. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2602. <https://doi.org/10.3390/ijerph19052602>
- Paganini, S., Meier, E., Terhorst, Y., Wurst, R., Hohberg, V., Schultchen, D., Strahler, J., Wursthorn, M., Baumeister, H., & Messner, E.-M. (2023).

Stress management apps: Systematic search and multidimensional assessment of quality and characteristics. *JMIR mHealth and uHealth*, 11(8), e42415. <https://doi.org/10.2196/42415>

Qirtas, M. M., Zafeiridi, E., Pesch, D., & Bantry White, E. (2022). Loneliness and social isolation detection using passive sensing techniques: Scoping review. *JMIR mHealth and uHealth*, 10(4), e34638. <https://doi.org/10.2196/34638>

Reardon, T., Ukoumunne, O. C., Violato, M., Ball, S., Brown, P., Ford, T., ... & Creswell, C. (2022). Identifying child anxiety through schools: Identification to intervention (iCATS-i2i) protocol for a cluster randomised controlled trial. *Trials*, 23(1), 896. <https://doi.org/10.1186/s13063-022-06773-0>

Reichert, M., Gan, G., Renz, M., Braun, U., Brübler, S., Timm, I., ... & Meyer-Lindenberg, A. (2021). Ambulatory assessment for precision psychiatry: Foundations, current developments and future avenues. *Experimental Neurology*, 345, 113807. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2021.113807>

Riad, R., Denais, M., de Gennes, M., Lesage, A., Oustric, V., Cao, X. N., ... & Bourla, A. (2024). Automated speech analysis for risk detection of depression, anxiety, insomnia, and fatigue. *Journal of Medical Internet Research*, 26(1), e58572. <https://doi.org/10.2196/58572>

Ruotsalainen, P., & Blobel, B. (2023). Future pHealth ecosystem—Holistic view on privacy and trust. *Journal of Personalized Medicine*, 13(7), 1048. <https://doi.org/10.3390/jpm13071048>

Sadeh-Sharvit, S., Del Camp, T., Horton, S. E., Hefner, J. D., Berry, J. M., Grossman, E., & Hollon, S. D. (2023). Effects of an artificial intelligence platform for behavioral interventions on depression and anxiety symptoms: Randomized clinical trial. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e46781. <https://doi.org/10.2196/46781>

Schiavone, F., & Ferretti, M. (2021). The FutureS of healthcare. *Futures*, 134, 102849. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102849>

Sheikh, M., Qassem, M., & Kyriacou, P. A. (2021). Wearable, environmental, and smartphone-based passive sensing for mental health monitoring. *Frontiers in Digital Health*, 3, 662811. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2021.662811>

Shukla, M., Mahato, K., & Pandya, A. (2025). Introduction to emerging biosensing technologies. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 215, 1–33. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2025.05.013>

Solmi, M., Radua, J., Olivola, M., Croce, E., Soardo, L., Salazar de Pablo, G., ... & Fusar-Poli, P. (2021). Age at onset of mental disorders worldwide: large-

scale meta-analysis of 192 epidemiological studies. *Nature Psychiatry*, 4(7), 495-507. <https://doi.org/10.1038/s41380-021-01161-7>

Ter Harmsel, J. F., Smulders, L. M., Noordzij, M. L., Swinkels, L. T. A., Goudriaan, A. E., Popma, A., & van der Pol, T. M. (2023). Forensic psychiatric outpatients' and therapists' perspectives on a wearable biocueing app (Sense-IT) as an addition to aggression regulation therapy: Qualitative focus group and interview study. *JMIR Formative Research*, 7, e40237. <https://doi.org/10.2196/40237>

Vivek Reddy, M., Ganesh, G., Rudhresh, D., Parimala, T. V., & Narasimha Rao, G. (2024). Neuro receptor signal detecting and monitoring smart devices for biological changes in cognitive health conditions. *Annals of Neurosciences*, 31(3), 225–233. <https://doi.org/10.1177/09727531231206888>

Vos, G., Trinh, K., Sarnyai, Z., & Azghadi, M. R. (2023). Generalizable machine learning for stress monitoring from wearable devices: A systematic literature review. *International Journal of Medical Informatics*, 173, 105026. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2023.105026>

Winslow, B. D., Kwasinski, R., Hullfish, J., Ruble, M., Lynch, A., Rogers, T., Nofziger, D., Brim, W., & Woodworth, C. (2022). Automated stress detection using mobile application and wearable sensors improves symptoms of mental health disorders in military personnel. *Frontiers in Digital Health*, 4, 919626. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2022.919626>

Zhou, Y., Han, W., Yao, X., Xue, J., Li, Z., & Li, Y. (2023). Developing a machine learning model for detecting depression, anxiety, and apathy in older adults with mild cognitive impairment using speech and facial expressions: A cross-sectional observational study. *International Journal of Nursing Studies*, 138, 104562. <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2023.104562>

## BÖLÜM 3:

### Bilişsel Performans ve Odaklanma

Ferhat CANYURT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

#### ÖZET

Bilişsel performans; düşünme, öğrenme, dikkat, hafıza, problem çözme, tepki hızı ve yürütücü işlevler gibi zihinsel süreçlerin ne kadar etkili çalıştığını ifade eden çok boyutlu bir yapıdır. Dikkat seçme ve sürdürmeyi, hafıza bilgiyi kodlama-depolama-geri çağırma, çalışma belleği bilgiyi kısa süreli tutup işlemeyi; yürütücü işlevler ise planlama, inhibisyon, esneklik ve karar vermeyi kapsar. Bu bileşenler günlük yaşamda birlikte çalışır, fakat bir alandaki yüksek performans her alana genellenmeyebilir.

Dikkat ve odaklanma; uyku, stres, egzersiz ve beslenmeden güçlü biçimde etkilenir. Yetersiz uyku dikkat ve tepki hızını düşürür; kronik stres prefrontal kontrolü zayıflatabilir. Düzenli egzersiz kan akışı ve nöroplastisiteye destekleyerek bilişsel işlevleri iyileştirebilir. Dengeli beslenme ve yeterli sıvı alımı da bilişsel sürdürülebilirlik için kritiktir.

Sporda bilişsel beceriler (dikkat, esneklik, inhibisyon) hızlı karar verme ve performansı belirler; açık beceri/takım sporlarında avantaj görülebilir. Dijital uygulamalar, giyilebilirler ve mobil testler (PVT, Stroop) bilişi izleyip destekleyebilir; ancak genellenebilir kazanımlar, ölçüm geçerliliği ve veri mahremiyeti dikkat gerektirir.

## ***Bilişsel Performans Nedir?***

Bilişsel performans, bireyin düşünme, öğrenme, hafıza, dikkat ve problem çözme gibi temel zihinsel süreçleri ne derece etkili ve verimli bir biçimde yerine getirebildiğini ifade eden çok boyutlu bir yapıdır (Baddeley, 2012). Bu kavram, bilişsel sistemin farklı işlevlerinin birbiriyle etkileşim içinde nasıl çalıştığını ve bu işlevlerin genel zihinsel verimliliğe nasıl katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Bilişsel performansın temel alt bileşenleri arasında dikkat, hafıza, çalışma belleği, tepki hızı ve yürütücü işlevler yer almaktadır. Dikkat, bireyin çevresel uyaranlar arasından belirli bir bilgiye odaklanabilme ve bu odağı sürdürebilme kapasitesini ifade ederken (Posner & Petersen, 1989); hafıza, bilgilerin kodlanması, depolanması ve geri çağırılması süreçlerini kapsamaktadır (Tulving, 2002). Çalışma belleği, kısa süreli bilgilerin geçici olarak tutulması ve aynı anda işlenmesini sağlayan bilişsel bir sistem olup, özellikle karmaşık bilişsel görevlerde merkezi bir rol üstlenmektedir (Baddeley, 2000). Tepki hızı, bireyin algısal girdileri işleyerek uygun bir davranışsal yanıt üretme süresini ifade ederken; yürütücü işlevler planlama, akıl yürütme, bilişsel esneklik ve karar verme gibi üst düzey kontrol süreçlerini içermektedir (Miyake et al., 2000). Günlük yaşamda bu bilişsel alt bileşenler sıklıkla eş zamanlı olarak devreye girmektedir. Örneğin, bulmaca çözme etkinliği hafıza ve problem çözme süreçlerini gerektirirken, araç kullanımı sırasında ani bir tehlikeye tepki verme durumu dikkat, tepki hızı ve karar verme becerilerinin birlikte çalışmasını zorunlu kılmaktadır (Diamond, 2013).

Her bir bilişsel alt bileşen farklı görev ve bağlamlarda farklı düzeylerde etkinlik göstermekte olup, bir bilişsel alandaki yüksek performansın diğer alanlara doğrudan genellenemeyeceği belirtilmektedir (Miyake & Friedman, 2012). Bu nedenle bilişsel performans, tekil bir yetiden ziyade, çeşitli bilişsel süreçlerin

bütüncül ve dinamik etkileşimini yansıtan kapsamlı bir kavram olarak ele alınmaktadır.

### ***Dikkat ve Odaklanmayı Etkileyen Faktörler***

Dikkat ve odaklanma becerileri ile genel bilişsel performans, bireyin yaşam tarzı ve çevresel koşulları tarafından önemli ölçüde şekillendirilmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, özellikle uyku, stres, fiziksel aktivite ve beslenme gibi temel faktörlerin dikkat süreçleri ve bilişsel işlevler üzerinde belirleyici bir role sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Diamond, 2013).

#### *Uyku*

Yeterli süre ve kalitede uyku, dikkat, öğrenme ve bellek süreçlerinin sağlıklı biçimde sürdürülebilmesi için kritik öneme sahiptir. Araştırmalar, iyi bir gece uykusunun ardından bireylerin sürdürülen dikkat performansının arttığını ve yeni bilgilerin öğrenilerek uzun süreli hafızada daha etkili biçimde pekiştirildiğini göstermektedir (Walker & Stickgold, 2006). Buna karşılık, uyku süresinin kısalması veya uyku kalitesinin düşmesi; dikkat süresinin azalmasına, tepki hızının yavaşlamasına ve bellek performansının bozulmasına yol açmaktadır (Lim & Dinges, 2010). Ayrıca kronik uyku yoksunluğunun birikimli etkisi olarak tanımlanan “uyku borcu”, yürütücü işlevler ve karar verme süreçleri üzerinde ciddi bilişsel kayıplara neden olabilmektedir (Durmer & Dinges, 2005). Bu doğrultuda, yetişkin bireyler için gecede ortalama 7–9 saat uyku önerilmekte ve düzenli uyku alışkanlığının zihinsel performansın sürdürülebilirliği açısından vazgeçilmez olduğu vurgulanmaktadır.

#### *Stres*

Stres, dikkat ve bilişsel performans üzerinde çift yönlü bir etkiye sahiptir. Kısa süreli ve optimal düzeyde stres, bireyin uyarılmışlık düzeyini artırarak motivasyonu ve dikkati geçici olarak iyileştirebilir. Ancak aşırı veya kronik stres durumlarında, beynin özellikle prefrontal korteksle ilişkili bilişsel kontrol

mekanizmaları baskılanmakta; bunun sonucunda dikkat, bellek ve karar verme süreçlerinde bozulmalar ortaya çıkmaktadır (Arnsten, 2009). Bu nedenle stresin tamamen ortadan kaldırılması değil, özellikle kronik stresin etkili biçimde yönetilmesi bilişsel performansın korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Nefes egzersizleri, bilinçli farkındalık (mindfulness) uygulamaları ve zaman yönetimi stratejileri, optimal bir uyarılmışlık düzeyinin sürdürülmesine katkı sağlayan etkili yöntemler arasında yer almaktadır.

### *Egzersiz*

Fiziksel aktivite, yalnızca bedensel sağlık üzerinde değil, aynı zamanda beyin yapısı ve bilişsel işlevler üzerinde de güçlü olumlu etkilere sahiptir. Düzenli egzersiz, beyne giden kan akışını ve oksijenlenmeyi artırarak nöronal verimliliği desteklemekte; bu durum dikkat, işlem hızı ve hafıza performansında iyileşmelere yol açmaktadır (Hillman et al., 2008). Güncel meta-analiz çalışmaları, egzersizin genel bilişsel performans, bellek ve yürütücü işlevler üzerinde anlamlı düzeyde olumlu etkiler yarattığını ortaya koymuştur (Northey et al., 2018). Ayrıca fiziksel aktivitenin, beyin kaynaklı nörotrofik faktör (BDNF) salımını artırarak sinaptik plastisiteyi güçlendirdiği ve öğrenme süreçlerini desteklediği bilinmektedir (Cotman et al., 2007). Bu bağlamda, düşük ve orta şiddette yapılan düzenli egzersizlerin dahi dikkat ve odaklanma becerileri üzerinde belirgin kazanımlar sağladığı vurgulanmaktadır.

### *Beslenme*

Dengeli ve yeterli beslenme, beynin enerji ihtiyacını karşılaması ve nörokimyasal süreçlerin sağlıklı biçimde yürütülebilmesi açısından temel bir gerekliliktir. Beyin dokusu, omega-3 yağ asitleri, B grubu vitaminleri, demir ve amino asitler gibi bazı temel besin öğelerini endojen olarak sentezleyemediğinden, bu bileşenlerin diyet yoluyla alınması zorunludur (Gómez-Pinilla, 2008). Araştırmalar; sebze, meyve, tam tahıl, sağlıklı yağlar ve kaliteli proteinler açısından zengin bir beslenme düzeninin dikkat, hafıza ve genel bilişsel işlevleri

desteklediğini göstermektedir (Jacka et al., 2017). Buna karşılık, yüksek oranda işlenmiş ve şekerli gıdaların tüketimi enerji dalgalanmalarına yol açarak bilişsel performansı olumsuz etkileyebilmektedir. Ayrıca yeterli sıvı alımının sağlanmaması durumunda, düşünme hızı ve dikkat süresinde belirgin düşüşler gözlenmektedir (Adan, 2012). Dolayısıyla günlük beslenme alışkanlıkları, bilişsel performansın sürdürülebilirliğinde kritik bir rol oynamaktadır.

Uyku, stres, egzersiz ve beslenme; bilişsel performansı günlük yaşamda doğrudan etkileyen temel yaşam tarzı bileşenleri olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra sosyal etkileşim ve zihinsel uyarım sağlayan etkinliklerin de bilişsel sağlığa dolaylı katkılar sunduğu bilinmektedir. Bilişsel işlevlerin korunması ve geliştirilmesi için zihnin, bedenle birlikte bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiği açıktır. Sağlıklı yaşam alışkanlıklarının bir araya gelmesi, dikkat ve odaklanma becerilerinin yanı sıra genel zihinsel performansın optimize edilmesini mümkün kılmaktadır.

### ***Sporcularda Bilişsel Performansın Önemi***

Spor performansı çoğunlukla fiziksel güç, dayanıklılık ve teknik beceriler üzerinden değerlendirilse de son yıllarda bilişsel performansın elit sporcular ile sedanter bireyler arasındaki farkı açıklayan temel belirleyicilerden biri olduğu ortaya konmuştur. Özellikle dikkat, çalışma belleği, bilişsel esneklik ve inhibisyon gibi yürütücü işlevler, spor esnasında hızlı ve doğru karar verme, değişen çevresel koşullara uyum sağlama ve uygun tepkileri seçme süreçlerinin merkezinde yer almaktadır (Diamond, 2013). ). Araştırmalar, açık beceri gerektiren spor dallarıyla (ör. futbol, basketbol, voleybol) uğraşan sporcuların, bu yürütücü işlevlerde sedanter bireylere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek performans sergilediğini göstermektedir (Gu et al., 2019; Vestberg et al., 2012). Bu durum, sportif antrenmanların dürtü kontrolü ve hızlı tepki bastırma mekanizmalarını geliştirebileceğini düşündürmektedir. Ayrıca spor branşları

karşılaştırıldığında, açık beceri ve takım sporlarıyla uğraşan atletlerin, kapalı beceri gerektiren bireysel sporculara kıyasla çalışma belleği ve bilişsel esneklik testlerinde daha yüksek puanlar aldığı bildirilmiştir (Voss et al., 2010; Wang et al., 2013). Bu bağlamda, zihinsel antrenman, dikkat odaklı egzersizler ve bilişsel eğitim uygulamaları modern spor biliminde giderek daha fazla önem kazanmıştır. Literatür, bilişsel işlevleri daha gelişmiş sporcuların saha içi kararlarında daha isabetli davrandığını, taktiksel uyumlarının daha yüksek olduğunu ve bazı spor-spesifik performans göstergelerinde (ör. pas doğruluğu, reaksiyon süresi) üstünlük sergilediğini göstermektedir (Vestberg et al., 2017). Tüm bu bulgular, spor performansının zihin ve bedenin etkileşimine dayalı bütüncül bir yapı olduğunu ortaya koymakta; fiziksel ve bilişsel antrenmanların eşzamanlı yürütülmesinin sporcunun gerçek müsabaka performansını en üst düzeye çıkarabilecek etkili bir yaklaşım sunduğunu desteklemektedir (Gu et al., 2019).

### ***Dijital Teknolojilerin Bilişsel Performans ve Odaklanma Üzerindeki Etkileri***

Günümüzde akıllı telefon uygulamalarından giyilebilir cihazlara, yapay zekâ destekli sistemlerden sanal gerçeklik uygulamalarına kadar pek çok dijital teknoloji, bilişsel performans ve odaklanma becerilerimizi etkilemektedir. Bu etkinin bazı yönleri olumlu, bazı yönleri ise olumsuz olabilmektedir. Literatürde son yıllarda özellikle dijital teknolojilerin *doğru kullanıldığında* bilişsel performansı artırma veya izleme konusundaki potansiyeli üzerinde durulmaktadır.

Mobil uygulamalar aracılığıyla yapılan bilişsel eğitim (brain training) programları, dikkat ve hafıza becerilerini geliştirmeyi hedefleyen etkileşimli oyunlar ve egzersizler sunar. Örneğin, Lumosity, Elevate gibi popüler mobil uygulamalar, kullanıcılara kısa süreli bellek, odaklanma, problem çözme gibi alanlarda günlük egzersizler yaptırmaktadır. Akademik araştırmalar da mobil

oyun tabanlı bilişsel antrenmanların belirli gruplarda fayda sağlayabileceğini gösteriyor. Yeni bir çalışmada, karar verme ve bellek oyunları içeren bir mobil uygulamanın, hafif bilişsel bozukluğu olan yaşlı yetişkinlerde yürütücü işlevlerde ve tepki hızında anlamlı iyileşmeler sağladığı rapor edilmiştir (Pumpho et al., 2025). Son yıllarda dijital bilişsel eğitim uygulamalarının (ör. “beyin egzersizi” mobil uygulamaları) dikkat ve yürütücü işlevler üzerindeki etkileri yoğun biçimde araştırılmaktadır. Deneysel çalışmalar, günlük yaklaşık 15–30 dakikalık düzenli uygulama kullanımının, deney gruplarında kontrol gruplarına kıyasla Stroop testi gibi dikkat ve inhibisyonu ölçen görevlerde hata oranlarını azalttığını ve tepki sürelerini kısalttığını göstermektedir (Anguera et al., 2013; Lampit et al., 2014). Bununla birlikte, bu tür bilişsel eğitimlerin genel zekâ, akademik başarı veya günlük yaşam işlevselliği üzerindeki genellenebilir etkileri konusunda bulgular tutarsızdır. Geniş kapsamlı derleme ve meta-analizler, bilişsel eğitim uygulamalarının genellikle eğitilen görevlerde iyileşme sağladığını, ancak bu kazanımların eğitilmeyen bilişsel alanlara aktarımının (far transfer) sınırlı olduğunu ve uzun vadeli kalıcılığın henüz net biçimde ortaya konmadığını bildirmektedir (Melby-Lervåg et al., 2016; Simons et al., 2016). Bu nedenle mobil uygulamalar yoluyla bilişsel performansı artırma potansiyeli bulunsada etkilerin sürekliliği ve günlük yaşama genellenebilirliği hâlen tartışma konusudur. Öte yandan, meditasyon ve farkındalık temelli dijital uygulamalar (ör. Headspace, Calm) dikkat ve stres düzenleme süreçleri açısından daha tutarlı bulgular sunmaktadır. Düzenli rehberli meditasyon uygulamalarına katılan bireylerde seçici dikkat ve sürdürülen dikkat testlerinde anlamlı gelişmeler rapor edilmiş; nörogörüntüleme çalışmalarında ise anterior singulat korteks ve prefrontal bölgeler gibi dikkat ve öz-düzenleme ile ilişkili beyin alanlarında yapısal ve işlevsel olumlu değişimler gözlemlenmiştir (Fox et al., 2014; Tang et al., 2015). Bu bulgular, dijital meditasyon ve farkındalık uygulamalarının bilişsel dikkat ve duygusal düzenleme üzerinde destekleyici bir rol oynayabileceğini,

ancak bu etkilerin bireysel farklılıklar ve uygulama sürekliliğiyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

Yapay zekâ (YZ) destekli sistemler, bilişsel performansın izlenmesi ve geliştirilmesi alanında giderek artan bir ilgi görmekte ve bu alanda yeni uygulama olanakları sunmaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları, bireylerden pasif veya aktif olarak toplanan dijital verileri (ör. akıllı telefon etkileşimleri, klavye kullanım dinamikleri, ses özellikleri veya yüz ifadeleri) analiz ederek dikkat düzeyi, zihinsel yorgunluk ve bilişsel yük gibi durumlar hakkında öngörülerde bulunabilmektedir (Dagum, 2018; Huckvale et al., 2019). Nitekim son yıllarda yapılan çalışmalar, yazı yazma ritmi, konuşma hızı ve ses tonu gibi davranışsal ve paralinguistik göstergelerin zihinsel yorgunluk ve bilişsel durumlarla ilişkili olabileceğini göstermiştir (Kumar et al., 2023). Bu tür YZ tabanlı sistemler, bireyin bilişsel kapasitesinde geçici düşüşler tespit edildiğinde mola verilmesini önermek veya yüksek bilişsel yük gerektiren görevler için daha uygun zaman dilimlerini işaret etmek gibi kişiselleştirilmiş geri bildirimler sunma potansiyeline sahiptir. Eğitim teknolojileri alanında ise yapay zekâ, adaptif öğrenme sistemlerinin geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır; bu sistemler, öğrencinin performans verilerini analiz ederek güçlü ve zayıf bilişsel alanlarını belirlemekte ve öğrenme materyallerinin içeriğini, hızını ve zorluk düzeyini buna göre uyarlamaktadır (Holmes et al., 2019). Spor bilimleri bağlamında da YZ uygulamaları giderek önem kazanmaktadır; GPS, hız, ivme ve kalp atım hızı gibi fiziksel yüklenme göstergeleri ile bilişsel test sonuçlarının birlikte analiz edilmesi, sporcunun hem zihinsel hem fiziksel yüklenmesini daha dengeli biçimde optimize etmeye yönelik yaklaşımların geliştirilmesine olanak tanımaktadır (Rossi et al., 2018). Bu bağlamda yapay zekâ, büyük ölçekli ve çok boyutlu verilerden anlamlı örüntüler çıkararak bilişsel performansın izlenmesi ve yönetilmesinde destekleyici bir “dijital koç” rolü üstlenebilir; bireylerin bilişsel açıdan ne zaman optimal durumda olduklarını veya ne zaman düşüş yaşadıklarını belirlemelerine ve buna uygun stratejiler geliştirmelerine katkı sağlayabilir.

Giyilebilir teknolojiler, dikkat, zihinsel yük ve diğer bilişsel süreçlerin izlenmesi ve desteklenmesi amacıyla giderek daha yaygın biçimde kullanılmaktadır. Özellikle elektroensefalografi (EEG) tabanlı tüketici sınıfı cihazlar (ör. Muse, NeuroSky MindWave), beynin elektriksel aktivitesini gerçek zamanlı olarak ölçerek kullanıcılara dikkat düzeyi, zihinsel rahatlama veya meditasyon derinliği gibi göstergeler sunabilmektedir. Her ne kadar bu cihazlar klinik EEG sistemlerine kıyasla sınırlı mekânsal çözünürlüğe sahip olsa da çalışmalar bu tür düşük yoğunluklu EEG verilerinin dikkat ve bilişsel durumlarla ilişkili bazı örüntüleri yakalayabildiğini ve biofeedback temelli uygulamalarla kullanıcıların dikkat düzenleme becerilerini destekleyebileceğini göstermektedir (Kober et al., 2013). Biofeedback oyunları ve görsel-işitsel geri bildirimler sayesinde bireyler, dikkatlerinin ne zaman dağıldığını veya toplandığını daha somut biçimde gözlemleyebilmekte ve zaman içinde bilişsel farkındalık geliştirebilmektedir. Akıllı saatler ve fitness bileklikleri gibi diğer giyilebilir teknolojiler ise doğrudan bilişsel süreçleri ölçmese de bilişsel performansı dolaylı olarak etkileyen fizyolojik göstergeler hakkında değerli bilgiler sunmaktadır. Özellikle kalp atış hızı değişkenliği (HRV) ölçümleri stres düzeyi ve otonom sinir sistemi dengesiyle ilişkilendirilirken, uyku süresi ve kalitesi verilerinin dikkat, karar verme ve yürütücü işlev performansı üzerinde belirleyici olduğu bilinmektedir (Lim & Dinges, 2010; Thayer et al., 2012). Bu tür veriler, bireylerin odaklanma güçlüklerinin altında yatan yorgunluk, stres veya uyku eksikliği gibi faktörleri fark etmelerine yardımcı olabilir. Ayrıca artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileri, özellikle sporcular ve askeri personel için, gerçeğe yakın simülasyon ortamları sunarak dikkat, algısal karar verme ve bilişsel esneklik gibi becerilerin güvenli biçimde test edilmesine ve geliştirilmesine olanak tanımaktadır. VR tabanlı antrenmanların, sporcularda oyun senaryolarını daha hızlı değerlendirme ve uygun kararları seçme becerilerini destekleyebildiğine dair bulgular literatürde yer almaktadır (Bedir & Erhan, 2021; Bideau et al., 2009). Bununla birlikte, dijital teknolojilerin bilişsel

performans üzerindeki olumsuz etkileri de göz ardı edilmemelidir. Özellikle akıllı telefon bildirimleri, sosyal medya platformlarının sürekli dikkat talep eden yapısı ve çoklu görev alışkanlıkları, derin ve sürdürülebilir odaklanmayı zorlaştırmaktadır. Araştırmalar, aynı anda birden fazla bilişsel olarak talepkâr işle meşgul olmanın performansı düşürdüğünü ve sürekli bölünmüş dikkat durumunun zamanla alışkanlık haline gelebileceğini göstermektedir (Ophir et al., 2009). Bu nedenle literatürde giderek daha fazla vurgulanan “dijital hijyen” kavramı, teknolojinin bilinçli kullanımını teşvik etmektedir; odaklanma gerektiren görevlerde bildirimlerin kapatılması, sosyal medya kullanımının sınırlandırılması ve düzenli dijital molalar verilmesi gibi stratejiler, teknolojinin dikkat dağıtıcı etkilerini yönetmede etkili olabilir. Sonuç olarak, giyilebilir ve dijital teknolojiler uygun şekilde kullanıldığında bilişsel performansı destekleyici araçlar sunarken, bilinçsiz ve yoğun kullanım durumunda odaklanma ve dikkat süreçlerini olumsuz etkileyebilmektedir; bu nedenle dengeyi sağlamak ve teknolojiyi amaçlara hizmet eden bir araç olarak konumlandırmak kritik önem taşımaktadır.

### ***Güncel Uygulamalar ve Ölçüm Sistemleri: Mobil Laboratuvar ve Dijital Takip***

Bilişsel performansın ve odaklanmanın ölçülmesi ve izlenmesine yönelik yöntemler, mobil teknolojilerin hızlı gelişimiyle birlikte laboratuvar ortamının dışına taşınmış ve giderek günlük yaşamın bir parçası hâline gelmiştir. Bu dönüşüm, literatürde sıklıkla “mobil laboratuvar” yaklaşımı olarak tanımlanmakta; akıllı telefonlar, giyilebilir sensörler ve bulut tabanlı veri işleme altyapılarının birleşimiyle geleneksel laboratuvar testlerinin saha koşullarında ve gerçek zamanlı olarak uygulanmasını mümkün kılmaktadır (Miller, 2012; Onnela & Rauch, 2016). Geçmişte dikkat, bellek ve reaksiyon süresi gibi bilişsel işlevlerin değerlendirilmesi için bireylerin kontrollü laboratuvar ortamlarında bilgisayar tabanlı testlere girmesi gerekirken, günümüzde akıllı telefon

uygulamaları aracılığıyla aynı testlerin farklı bağlamlarda ve tekrarlı biçimde uygulanabildiği gösterilmiştir. Bu gelişme, spor bilimlerinden eğitime ve iş yaşamına kadar pek çok alanda sürekli, bireyselleştirilmiş ve uzunlamasına bilişsel veri takibini mümkün kılarak ölçüm paradigmasında önemli bir değişim yaratmıştır (Harari et al., 2017).

Mobil ortama başarıyla uyarlanan bilişsel testlerin başında Psikomotor Uyanıklık Testi (PVT) gelmektedir. PVT, rastgele aralıklarla sunulan görsel uyaranlara verilen tepki sürelerini ölçen, özellikle uyku yoksunluğu ve zihinsel yorgunluğun dikkat üzerindeki etkilerini değerlendirmede yaygın olarak kullanılan bir testtir (Basner & Dinges, 2011). Benzer şekilde Stroop Testi, seçici dikkat ve bilişsel kontrol süreçlerini değerlendirmek amacıyla mobil platformlara uyarlanmış ve günlük dalgalanmaların izlenmesinde kullanılmaya başlanmıştır (MacLeod, 1991). Buna ek olarak, öznel bilişsel yorgunluğu değerlendiren kısa anketler ve ölçekler (ör. zihinsel yorgunluk derecelendirmeleri, Yorgunluk Şiddet Skalası) mobil uygulamalar aracılığıyla düzenli olarak uygulanabilmekte ve bireylerin kendi algılanan bilişsel durumlarını zaman içinde takip etmelerine olanak tanımaktadır (Krupp et al., 1989). Mobil bilişsel ölçüm sistemleri özellikle spor bilimleri alanında, çoklu veri kaynaklarının bütünleşmiş biçimde izlenebilmesi nedeniyle önemli bir değer kazanmıştır. Günümüzde üst düzey spor kulüpleri, sporcuların GPS tabanlı hareket verileri, kalp atım hızı ve yüklenme göstergelerini düzenli olarak takip etmekte; bu fizyolojik verilerin bilişsel test sonuçlarıyla birlikte analiz edilmesi, sporcunun toplam (fiziksel ve zihinsel) yüklenme durumunun daha bütüncül biçimde değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır (Gabbett, 2016). Literatür, bilişsel yorgunluğun fiziksel performans ve karar verme kalitesi üzerinde olumsuz etkileri olabileceğini gösterdiğinden, mobil Stroop veya PVT ölçümlerinin bu bağlamda erken uyarı aracı olarak kullanılabileceği öne sürülmektedir (Marcora et al., 2009). Bu tür bütünleşmiş sistemler, yoğun maç veya turnuva dönemlerinde aşırı zihinsel yük birikiminin

erken tespit edilmesine ve antrenman ya da dinlenme stratejilerinin buna göre uyarlanmasına olanak sağlayabilir.

Mobil laboratuvar yaklaşımı, bilişsel ölçümlerin yalnızca araştırma amaçlı değil, günlük yaşamda pratik fayda sağlayacak biçimde kullanılmasına da zemin hazırlamaktadır. Öğrenciler dikkat düzeylerini izleyerek daha verimli çalışma zamanlarını belirleyebilmekte, sürücüler uzun yolculuklar sırasında reaksiyon temelli testlerle dikkat düşüşüne karşı uyarı alabilmekte, ofis çalışanları ise odaklanma sürelerini takip eden uygulamalarla iş verimliliğini düzenleyebilmektedir. Ayrıca telemetri ve bulut tabanlı sistemler sayesinde, bireylerin ev ortamında gerçekleştirdikleri bilişsel test sonuçlarının uzaktan izlenmesi ve sağlık ya da performans uzmanlarıyla paylaşılması da mümkün hâle gelmiştir (Onnela & Rauch, 2016). Bununla birlikte, mobil bilişsel ölçüm ve izleme sistemlerinin kullanımında bazı sınırlılıklar ve dikkat edilmesi gereken noktalar bulunmaktadır. Veri doğruluğu ve ölçümlerin geçerliliği, bu alandaki temel tartışma konularından biridir. Çalışmalar, mobil uygulama tabanlı bilişsel testlerin laboratuvar tabanlı “altın standart” ölçümlerle genellikle anlamlı düzeyde ilişkili olduğunu gösterse de, cihaz farklılıkları, çevresel koşullar ve kullanıcı etkileşimi gibi faktörlerin ölçümlerde sapmalara yol açabileceği vurgulanmaktadır (Miller, 2012). Bu nedenle, mobil bilişsel testlerin bağlama özgü geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarının yapılması büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bilişsel performans verilerinin mahremiyeti ve güvenliği de kritik bir konudur; bu veriler, sağlık verilerine benzer şekilde hassas kabul edilmekte ve bulut tabanlı sistemlerde saklanırken güçlü etik ve güvenlik protokollerini gerektirmektedir (Harari et al., 2017).

Sonuç olarak, dijital takip ve mobil laboratuvar yaklaşımları, bilişsel performans ve odaklanmanın ölçümünde süreklilik, kişiselleştirme ve gerçek zamanlı geri bildirim sağlaması açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Sürekli veri toplama imkânı, yalnızca anlık durum değerlendirmesi değil, aynı zamanda uzun

vadeli eğilimlerin izlenmesi ve olası bilişsel düşüşlerin erken tespiti açısından da değer taşımaktadır. Bu yönüyle mobil bilişsel ölçüm sistemleri, spor performansından iş yaşamına ve sağlıktan eğitime kadar geniş bir alanda hem araştırmacılar hem de bireyler için güçlü bir “kendini izleme ve geliştirme” aracı olarak konumlanmaktadır.

## Sonuç

Bu bölüm kapsamında ele alınan bulgular, bilişsel performansın tekil bir zihinsel yeti değil; dikkat, hafıza, çalışma belleği, tepki hızı ve yürütücü işlevlerin dinamik etkileşimiyle şekillenen çok boyutlu bir yapı olduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır. Günlük yaşamdan sportif performansa, eğitimden iş ortamlarına kadar pek çok alanda bireyin etkinliğini belirleyen bu bilişsel süreçler hem biyolojik temellere hem de çevresel ve davranışsal faktörlere duyarlı bir şekilde çalışmaktadır. Dolayısıyla bilişsel performansın anlaşılması ve optimize edilmesi, yalnızca zihinsel kapasiteyi değil, bireyin yaşam tarzını ve içinde bulunduğu bağlamı da kapsayan bütüncül bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır.

Literatür bulguları, uyku, stres, fiziksel aktivite ve beslenmenin bilişsel performans üzerindeki belirleyici rolünü güçlü biçimde desteklemektedir. Yeterli ve kaliteli uyku, dikkat ve bellek süreçlerinin sürekliliği için vazgeçilmez bir temel sunarken; kronik stresin özellikle prefrontal korteks işlevlerini zayıflatarak karar verme ve bilişsel kontrol süreçlerinde bozulmalara yol açabildiği görülmektedir. Buna karşılık, düzenli fiziksel aktivite ve dengeli beslenme hem beyin fizyolojisini hem de nöroplastisiteye destekleyerek bilişsel işlevlerin korunması ve geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu bulgular, bilişsel performansın yalnızca zihinsel egzersizlerle değil, sağlıklı yaşam alışkanlıklarının sürekliliğiyle sürdürülebilir kılınabileceğini göstermektedir.

Spor bilimleri bağlamında elde edilen sonuçlar, bilişsel performansın sportif başarıda kritik bir belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle açık beceri

ve takım sporlarında dikkat, bilişsel esneklik ve inhibisyon gibi yürütücü işlevlerin gelişmiş olması, sporcunun hızlı ve doğru karar verme kapasitesini artırmakta ve saha içi performansı doğrudan etkilemektedir. Bu durum, fiziksel antrenmanların bilişsel süreçlerle birlikte ele alınmasının gerekliliğini vurgulamakta; zihinsel antrenman ve bilişsel yük yönetiminin modern spor anlayışının ayrılmaz bir parçası hâline geldiğini göstermektedir.

Dijital teknolojiler, bilişsel performansın izlenmesi, desteklenmesi ve kişiselleştirilmesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Mobil bilişsel testler, giyilebilir teknolojiler, yapay zekâ destekli analiz sistemleri ve sanal/ artırılmış gerçeklik uygulamaları, bilişsel süreçlerin gerçek yaşam bağlamında ve uzunlamasına izlenmesini mümkün kılarak geleneksel laboratuvar temelli ölçümlerin sınırlarını genişletmektedir. Özellikle mobil laboratuvar yaklaşımı, bireyin dikkat ve bilişsel yorgunluk düzeylerindeki günlük ve dönemsel değişimlerin erken tespit edilmesine olanak tanımakta; bu sayede eğitim, spor ve iş yaşamında daha bilinçli müdahalelerin geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır.

Bununla birlikte, dijital bilişsel eğitim ve izleme uygulamalarına ilişkin literatür, temkinli bir iyimserliği gerekli kılmaktadır. Mevcut bulgular, bu uygulamaların çoğunlukla eğitilen görevlerde iyileşme sağladığını, ancak kazanımların günlük yaşama ve farklı bilişsel alanlara genellenebilirliğinin sınırlı

olabileceğini göstermektedir. Ayrıca ölçüm geçerliliği, veri güvenliği ve mahremiyet gibi etik konular, dijital bilişsel izleme sistemlerinin yaygın kullanımında dikkatle ele alınması gereken temel başlıklar arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, dijital teknolojilerin bilişsel performansı destekleyici araçlar olarak konumlandırılması; bilinçli kullanım, bilimsel geçerlilik ve etik ilkelerle birlikte ele alındığında anlam kazanmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bilişsel performansın sürdürülebilir biçimde optimize edilmesi, zihinsel süreçlerin biyolojik temelleri, yaşam tarzı faktörleri, sportif ve çevresel talepler ile dijital teknolojilerin olanaklarını bütüncül bir çerçevede bir araya getiren çok disiplinli bir yaklaşımı gerektirmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmaların, mobil ve yapay zekâ destekli ölçüm sistemlerinin geçerliliğini güçlendirmeye, bilişsel antrenmanların uzun vadeli ve genellenebilir etkilerini ortaya koymaya ve bireyselleştirilmiş bilişsel performans yönetimi modellerini geliştirmeye odaklanması önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, bilişsel performans yalnızca “daha iyi düşünme” kapasitesi olarak değil; bireyin yaşam kalitesini, performansını ve iyi oluşunu destekleyen temel bir kaynak olarak ele alınmalı ve bu kaynağın korunması, geliştirilmesi ve etik biçimde yönetilmesi temel bir hedef olarak benimsenmelidir.

## Kaynakça

- Adan, A. (2012). Cognitive performance and dehydration. *Journal of the American College of Nutrition*, 31(2), 71-78. <https://doi.org/10.1080/07315724.2012.10720011>
- Anguera, J. A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Al-Hashimi, O., Faraji, F., Janowich, J., Kong, E., Larraburo, Y., Rolle, C., & Johnston, E. (2013). Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature*, 501(7465), 97-101. <https://doi.org/10.1038/nature12486>
- Arnsten, A. F. (2009). Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nature reviews neuroscience*, 10(6), 410-422. <https://doi.org/10.1038/nrn2648>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A. (2012). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual review of psychology*, 63(1), 1-29. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100422>
- Basner, M., & Dinges, D. F. (2011). Maximizing sensitivity of the psychomotor vigilance test (PVT) to sleep loss. *Sleep*, 34(5), 581-591. <https://doi.org/10.1093/sleep/34.5.581>
- Bedir, D., & Erhan, S. E. (2021). The effect of virtual reality technology on the imagery skills and performance of target-based sports athletes. *Frontiers in psychology*, 11, 2073. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.02073>
- Bideau, B., Kulpa, R., Vignais, N., Brault, S., Multon, F., & Craig, C. (2009). Using virtual reality to analyze sports performance. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 30(2), 14-21.
- Cotman, C. W., Berchtold, N. C., & Christie, L.-A. (2007). Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends in neurosciences*, 30(9), 464-472.
- Dagum, P. (2018). Digital biomarkers of cognitive function. *NPJ digital medicine*, 1(1), 10. <https://doi.org/10.1038/s41746-018-0018-4>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64(1), 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Durmer, J. S., & Dinges, D. F. (2005). Neurocognitive consequences of sleep deprivation. *Seminars in neurology*,
- Fox, K. C., Nijeboer, S., Dixon, M. L., Floman, J. L., Ellamil, M., Rumak, S. P., Sedlmeier, P., & Christoff, K. (2014). Is meditation associated with altered brain structure? A systematic review and meta-analysis of

- morphometric neuroimaging in meditation practitioners. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 43, 48-73. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.03.016>
- Gabbett, T. J. (2016). The training—injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British journal of sports medicine*, 50(5), 273-280.
- Gómez-Pinilla, F. (2008). Brain foods: the effects of nutrients on brain function. *Nature reviews neuroscience*, 9(7), 568-578. <https://doi.org/10.1038/nrn2421>
- Gu, Q., Zou, L., Loprinzi, P. D., Quan, M., & Huang, T. (2019). Effects of open versus closed skill exercise on cognitive function: a systematic review. *Frontiers in psychology*, 10, 1707. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01707>
- Harari, G. M., Müller, S. R., Aung, M. S., & Rentfrow, P. J. (2017). Smartphone sensing methods for studying behavior in everyday life. *Current opinion in behavioral sciences*, 18, 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.07.018>
- Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 9(1), 58-65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Huckvale, K., Venkatesh, S., & Christensen, H. (2019). Toward clinical digital phenotyping: a timely opportunity to consider purpose, quality, and safety. *NPJ digital medicine*, 2(1), 88. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0166-1>
- Jacka, F. N., O'Neil, A., Opie, R., Itsiopoulos, C., Cotton, S., Mohebbi, M., Castle, D., Dash, S., Mihalopoulos, C., & Chatterton, M. L. (2017). A randomised controlled trial of dietary improvement for adults with major depression (the 'SMILES'trial). *BMC medicine*, 15(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0791-y>
- Kober, S. E., Witte, M., Ninaus, M., Neuper, C., & Wood, G. (2013). Learning to modulate one's own brain activity: the effect of spontaneous mental strategies. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 695. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00695>
- Krupp, L. B., LaRocca, N. G., Muir-Nash, J., & Steinberg, A. D. (1989). The fatigue severity scale: application to patients with multiple sclerosis and

- systemic lupus erythematosus. *Archives of neurology*, 46(10), 1121-1123. <https://doi.org/10.1001/archneur.1989.00520460115022>
- Kumar, Y., Koul, A., Singla, R., & Ijaz, M. F. (2023). Artificial intelligence in disease diagnosis: a systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 14(7), 8459-8486. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03612-z>
- Lampit, A., Hallock, H., & Valenzuela, M. (2014). Computerized cognitive training in cognitively healthy older adults: a systematic review and meta-analysis of effect modifiers. *PLoS medicine*, 11(11), e1001756. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001756>
- Lim, J., & Dinges, D. F. (2010). A meta-analysis of the impact of short-term sleep deprivation on cognitive variables. *Psychological bulletin*, 136(3), 375.
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological bulletin*, 109(2), 163.
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of applied physiology*, 106(3), 857-864. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.91324.2008>
- Melby-Lervåg, M., Redick, T. S., & Hulme, C. (2016). Working memory training does not improve performance on measures of intelligence or other measures of “far transfer” evidence from a meta-analytic review. *Perspectives on Psychological Science*, 11(4), 512-534. <https://doi.org/10.1177/1745691616635612>
- Miller, G. (2012). The smartphone psychology manifesto. *Perspectives on Psychological Science*, 7(3), 221-237. <https://doi.org/10.1177/1745691612441215>
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1), 8-14. <https://doi.org/10.1177/0963721411429458>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Northey, J. M., Cherbuin, N., Pumpa, K. L., Smee, D. J., & Rattray, B. (2018). Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 52(3), 154-160. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096587>

- Onnela, J.-P., & Rauch, S. L. (2016). Harnessing smartphone-based digital phenotyping to enhance behavioral and mental health. *Neuropsychopharmacology*, 41(7), 1691-1696. <https://doi.org/10.1038/npp.2016.7>
- Ophir, E., Nass, C., & Wagner, A. D. (2009). Cognitive control in media multitaskers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(37), 15583-15587. <https://doi.org/10.1073/pnas.0903620106>
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1989). The attention system of the human brain.
- Pumpho, A., Boonsinsukh, R., Srisim, K., Kaewsanmung, S., Suwannarat, P., & Keawduangdee, P. (2025). Mobile app-based cognitive decision-making and memory games enhance cognitive function in older adults with mild cognitive impairment. *Frontiers in psychology*, 16, 1633043. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1633043>
- Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F. M., Fernández, J., & 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>
- Simons, D. J., Boot, W. R., Charness, N., Gathercole, S. E., Chabris, C. F., Hambrick, D. Z., & Stine-Morrow, E. A. (2016). Do “brain-training” programs work? *Psychological science in the public interest*, 17(3), 103-186. <https://doi.org/10.1177/152910061666198>
- Tang, Y.-Y., Hölzel, B. K., & Posner, M. I. (2015). The neuroscience of mindfulness meditation. *Nature reviews neuroscience*, 16(4), 213-225. <https://doi.org/10.1038/nrn3916>
- Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers III, J. J., & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(2), 747-756. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009>
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. *Annual review of psychology*, 53(1), 1-25. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114>
- Vestberg, T., Gustafson, R., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2012). Executive functions predict the success of top-soccer players. *PloS one*, 7(4), e34731. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034731>
- Vestberg, T., Reinebo, G., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2017). Core executive functions are associated with success in young elite soccer players. *PloS one*, 12(2), e0170845. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170845>

- Voss, M. W., Kramer, A. F., Basak, C., Prakash, R. S., & Roberts, B. (2010). Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Applied cognitive psychology*, 24(6), 812-826. <https://doi.org/10.1002/acp.1588>
- Walker, M. P., & Stickgold, R. (2006). Sleep, memory, and plasticity. *Annu. Rev. Psychol.*, 57(1), 139-166. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070307>
- Wang, C.-H., Chang, C.-C., Liang, Y.-M., Shih, C.-M., Chiu, W.-S., Tseng, P., Hung, D. L., Tzeng, O. J., Muggleton, N. G., & Juan, C.-H. (2013). Open vs. closed skill sports and the modulation of inhibitory control. *PloS one*, 8(2), e55773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055773>

## BÖLÜM 4:

### Mobil Araçlar ile Spor Eğitimi: Bireyselleştirme ve Geri Bildirim Sistemleri

Furkan ÖGET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

#### Özet

Spor eğitiminde teknik ve taktik öğretimin etkinliği, sporcular arasındaki bireysel farklılıkların dikkate alınmasıyla doğrudan ilişkilidir. Geleneksel antrenman yaklaşımlarında standart öğretim modelleri yaygın olarak kullanılırken, bu yaklaşımlar her sporcu için aynı öğrenme çıktısını sağlamada yetersiz kalabilmektedir. Son yıllarda mobil teknolojiler, giyilebilir sensörler ve anlık geri bildirim sistemlerinin gelişimi, spor eğitiminde bireyselleştirilmiş öğretim yaklaşımlarının uygulanabilirliğini artırmıştır. Bu kitap bölümünde, mobil araçların teknik ve taktik eğitim süreçlerinde bireyselleştirme amacıyla kullanımına ilişkin kavramsal ve uygulamalı bir çerçeve sunulmaktadır. Motor öğrenme ve geri bildirim kuramları temel alınarak, anlık geri bildirimin öğrenme sürecine katkıları ele alınmış; video analizi, sensör tabanlı ölçümler ve veri temelli geri bildirim sistemlerinin spor eğitimindeki rolü tartışılmıştır. Ayrıca boks branşı özelinde mobil teknolojilerin teknik öğrenme ve performans gelişimine katkısı örneklerle açıklanmıştır. Sonuç olarak mobil teknolojiler ve anlık geri bildirim sistemleri, doğru yapılandırıldığında spor eğitiminde bireyselleştirilmiş, etkili ve sürdürülebilir öğrenme ortamlarının oluşturulmasına önemli katkılar sunmaktadır.

## Giriş

Spor eğitimi ve antrenörlük bilimi, son yıllarda yalnızca “daha fazla antrenman” veya “daha yoğun yüklenme” ekseninde değil; daha akıllı, daha hedefli ve kişiye özgü öğrenme ekseninde yeniden şekillenmektedir. Özellikle teknik ve taktik öğrenme süreçlerinde sporcular arası bireysel farklılıklar (öğrenme hızı, hata profili, dikkat odağı, fiziksel kapasite, geçmiş sakatlıklar ve psikolojik hazır oluş gibi) aynı antrenman içeriğinin her sporcu üzerinde aynı etkiyi oluşturmamasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle çağdaş spor eğitiminde, “standart program” yaklaşımından giderek uzaklaşıp bireyselleştirilmiş öğretim ve antrenman yaklaşımına doğru geçiş hızlanmıştır.

Bu dönüşümün en önemli hızlandırıcılarından biri, mobil teknolojiler ve taşınabilir ölçüm/analiz araçlarıdır. Akıllı telefonlar, tabletler, giyilebilir sensörler, GPS/ivmeölçer tabanlı sistemler ve farklı yazılımlar; sporcuların teknik uygulamalarını, fizyolojik tepkilerini ve antrenman yükünü sahada anlık olarak izleme imkânı sunmaktadır (Cardinale & Varley, 2017). Bu sayede antrenör, sporcunun performansını yalnızca gözleme dayalı olarak değil, veriye dayalı şekilde de değerlendirebilmekte; eğitim içeriğini sporcunun ihtiyacına göre daha hızlı uyarlayabilmektedir. Ayrıca performans analizi yaklaşımı, sporcunun öğrenme sürecini destekleyecek biçimde “antrenman döngüsü” içine entegre edilerek teknik/taktik gelişimin sürekliliği güçlendirilmektedir (Wright et al., 2014).

Teknik öğrenmede “geri bildirim” (feedback) konusu bu çerçevede merkezi bir role sahiptir. Motor öğrenme literatüründe geri bildirim; sporcunun hareket sonucu veya hareketin niteliğine ilişkin ek bilgi edinmesini sağlayan ve öğrenmeyi yönlendiren temel değişkenlerden biri olarak kabul edilir. Özellikle artırılmış geri bildirim (augmented feedback), sporcunun doğal duyuşsal geri bildirimine ek olarak sağlanan bilgi türlerini kapsar. Bu geri bildirim; hareketin sonucuna yönelik “knowledge of results” (KR) ya da hareketin nasıl yapıldığına

yönelik “knowledge of performance” (KP) biçiminde sunulabilmektedir (Oppici et al., 2024). Ancak geri bildirimin zamanlaması, sıklığı ve biçimi öğrenmeyi hem olumlu hem de olumsuz etkileyebilir. “Guidance hypothesis” kapsamında, çok sık ve aşırı yönlendirici geri bildirimin sporcuyu dış geri bildirimle bağımlı hâle getirerek kalıcılığı zayıflatabileceği vurgulanmaktadır (Winstein, 1994). Bu nedenle güncel yaklaşımlarda, geri bildirimin “ne kadar ve ne zaman” verileceği kadar, sporcunun bireysel ihtiyacına göre “nasıl” yapılandırılacağı da önem kazanmıştır.

Tam bu noktada mobil araçlar ve anlık geri bildirim sistemleri, geri bildirimin niteliğini ve uygulanabilirliğini artıran bir çözüm alanı sunmaktadır. Mobil tabanlı uygulamalar, video analizi ve sensör verileri üzerinden sporcunun tekniğine ilişkin hızlı, anlaşılır ve tekrar edilebilir geri bildirimler üretebilir; antrenmanın akışını bozmadan düzeltme-dönüt döngüsünü daha verimli hâle getirebilir. Özellikle geri bildirim sıklığının öğrenme üzerindeki etkisine ilişkin güncel bulgular, “her denemede geri bildirim” yaklaşımının her zaman en iyi seçenek olmadığını; belirli oranlarda azaltılmış geri bildirim sıklıklarının motor öğrenmeyi destekleyebileceğini göstermektedir (Marco-Ahulló et al., 2024). Bu tür ilkeler, mobil sistemlerle kişiye özgü biçimde uygulanabilir hâle gelmektedir.

Ayrıca mobil ve giyilebilir sistemlerin spor sahasında kullanılabilmesi, yalnızca ölçüm yapmakla sınırlı değildir. Bu sistemler; verinin toplanması, işlenmesi, saklanması ve geri bildirimle dönüştürülmesi süreçlerini bir araya getirerek “mobil koçluk” yaklaşımının temelini oluşturur. Nitekim sensörlerle toplanan biyomekanik/fizyolojik verilerin sunucu temelli analiz edilip sporcuya geri bildirim olarak iletilmesine dayanan mobil koçluk sistemlerinin erken örnekleri literatürde yer almaktadır (Baca et al., 2010). Böylece antrenör ve sporcu, teknik-taktik öğretimi yalnızca antrenman alanında değil, antrenman sonrası analiz ve takip süreçlerinde de daha sistematik yürütebilmektedir.

Bu bölümün amacı, spor eğitiminde bireyselleştirme yaklaşımını “mobil araçlar” ve “anlık geri bildirim sistemleri” üzerinden ele almak; teknik/taktik öğretimde bu teknolojilerin nasıl bir katkı sunduğunu kavramsal ve uygulamalı düzeyde tartışmaktır. Bölüm boyunca; motor öğrenme ve geri bildirim ilkeleri, mobil ölçüm/analiz araçlarının antrenman süreçlerine entegrasyonu, veri temelli karar verme ve spora özgü uygulama örnekleri (özellikle boks branşı bağlamında) incelenecek; avantajlar, sınırlılıklar ve geleceğe yönelik yönelimler ortaya konacaktır.

### ***Temel Kavramlar ve Kuramsal Arka Plan***

Spor eğitiminde bireyselleştirme ve geri bildirim kavramlarının temeli, motor öğrenme kuramlarına dayanmaktadır. Motor öğrenme, bireyin tekrar yoluyla hareket becerilerini kalıcı olarak geliştirmesi sürecini ifade eder ve bu süreçte verilen bilginin türü, zamanlaması ve içeriği öğrenmenin niteliğini doğrudan etkiler. Klasik yaklaşımlarda teknik öğrenme büyük ölçüde tekrar ve gözleme dayalı ilerlerken, güncel literatür bireysel farklılıkların dikkate alındığı, geri bildirimle desteklenen ve veri temelli öğretim modellerinin daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda spor eğitiminde bireyselleştirme, yalnızca antrenman yükünün ayarlanması değil; öğrenme hızının, hata örüntülerinin ve geri bildirim ihtiyacının kişiye özgü biçimde düzenlenmesi anlamına gelmektedir.

Motor öğrenme literatüründe geri bildirim genellikle iki ana başlık altında ele alınmaktadır: içsel (intrinsic) ve dışsal (extrinsic) geri bildirim. İçsel geri bildirim, sporcunun görsel, işitsel ve proprioseptif duymalar yoluyla hareketine ilişkin edindiği doğal bilgileri kapsarken; dışsal geri bildirim, antrenör veya teknolojik araçlar aracılığıyla sağlanan ek bilgileri ifade eder. Spor eğitiminde dışsal geri bildirimin, özellikle karmaşık tekniklerin öğrenilmesinde önemli bir kolaylaştırıcı rol oynadığı bilinmektedir. Ancak bu geri bildirimin her durumda

ve aynı biçimde verilmesi, öğrenme üzerinde her zaman olumlu sonuçlar doğurmayabilir. Bu nedenle literatürde geri bildirimin sıklığı, içeriği ve zamanlaması üzerine yoğun tartışmalar bulunmaktadır.

Bu tartışmaların merkezinde yer alan “guidance hypothesis”, aşırı ve sürekli geri bildirimin sporcuu dışsal bilgiye bağımlı hâle getirerek öğrenmenin kalıcılığını olumsuz etkileyebileceğini ileri sürmektedir. Buna karşılık, uygun biçimde yapılandırılmış ve kademeli olarak azaltılan geri bildirim stratejilerinin, sporcunun kendi hata algısını geliştirmesine ve uzun vadeli performans kazanımlarına katkı sağladığı gösterilmiştir. Güncel çalışmalar, geri bildirimin bireyin deneyim düzeyine, becerinin karmaşıklığına ve öğrenme evresine göre uyarlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Bu durum, bireyselleştirilmiş spor eğitiminin teorik temelini güçlendiren önemli bir noktadır.

Teknolojik gelişmeler, bu teorik ilkelerin pratikte uygulanmasını daha erişilebilir hâle getirmiştir. Mobil teknolojiler, geri bildirimi yalnızca antrenman sonrasında verilen sözlü açıklamalarla sınırlı olmaktan çıkarak, hareket esnasında veya hemen sonrasında sunulabilen anlık bilgi biçimine dönüştürmüştür. Video tabanlı analiz sistemleri, giyilebilir sensörler ve mobil uygulamalar sayesinde sporcuların teknik uygulamaları nicel ve nitel verilerle desteklenebilmekte; bu veriler sporcunun bireysel öğrenme profiline göre yorumlanabilmektedir. Literatürde mobil teknolojilerin spor pedagojisinde kullanılmasının, teknik farkındalığı artırdığı ve öğrenme sürecini hızlandırdığına dair bulgular giderek artmaktadır.

Mobil teknolojilerin spor eğitime katkısı yalnızca ölçümle sınırlı değildir. Bu araçlar, antrenman sürecini bütüncül bir öğrenme döngüsü hâline getirmektedir. Hareketin kaydedilmesi, analiz edilmesi, geri bildirim dönüştürülmesi ve sonraki denemelerde yeniden değerlendirilmesi; öğrenmenin sistematik biçimde ilerlemesini sağlar. Özellikle video geri bildiriminin, sporcunun kendi performansını dışarıdan görmesine imkân tanıyarak bilişsel farkındalığı artırdığı

ve hata düzeltme sürecini desteklediği bildirilmektedir. Bu durum, teknik öğretimde antrenör merkezli yaklaşımdan, sporcu katılımının daha yüksek olduğu öğrenen merkezli modellere geçişi de beraberinde getirmektedir.

Son yıllarda yapay zekâ ve makine öğrenmesi tabanlı sistemlerin spor alanına girmesiyle birlikte, bireyselleştirme kavramı daha ileri bir boyuta taşınmıştır. Hareket tanıma algoritmaları, büyük veri analitiği ve otomatik geri bildirim mekanizmaları sayesinde, sporcuların teknik özellikleri uzun dönemli olarak izlenebilmekte ve kişiye özgü gelişim profilleri oluşturulabilmektedir. Bu tür sistemler, antrenörün karar verme sürecini destekleyen bir araç olarak değerlendirilmekte; nihai kararın insan faktöründe kalması gerektiği vurgulanmaktadır. Ancak doğru kullanıldığında, bu teknolojiler teknik ve taktik öğretimde nesnelliği artırarak eğitimin kalitesine katkı sunmaktadır.

Özetle, spor eğitiminde bireyselleştirme ve geri bildirim kavramları, motor öğrenme kuramlarıyla temellendirilen ve mobil teknolojilerle uygulama alanı genişleyen dinamik bir yapıya sahiptir. Literatür, kişiye özgü geri bildirim stratejilerinin teknik öğrenmeyi desteklediğini; mobil araçların ise bu stratejilerin sahada uygulanabilirliğini artırdığını göstermektedir. Bu kavramsal çerçeve, sonraki bölümlerde ele alınacak olan mobil araçlarla bireyselleştirilmiş teknik-taktik eğitim ve anlık geri bildirim sistemlerinin anlaşılması için teorik bir zemin oluşturmaktadır.

### ***Mobil Araçlarla Kişiselleştirilmiş Teknik ve Taktik Eğitim***

Spor eğitiminde mobil araçların kullanımı, bireyselleştirilmiş öğretim anlayışının sahaya yansımaları mümkün kılan en önemli gelişmelerden biridir. Geleneksel antrenman yaklaşımlarında teknik ve taktik öğretim büyük ölçüde antrenör gözlemi, sözel geri bildirim ve tekrar yoluyla şekillenirken; mobil teknolojiler bu süreci ölçülebilir, izlenebilir ve kişiye özgü hâle getirmiştir. Özellikle akıllı telefonlar, tabletler, giyilebilir sensörler ve mobil uygulamalar aracılığıyla elde

edilen veriler, sporcuların teknik uygulamalarının yalnızca “doğru–yanlış” ikiliği üzerinden değil, hareketin niteliği ve sürekliliği üzerinden değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Mobil araçlarla desteklenen kişiselleştirilmiş eğitim anlayışı, öncelikle sporcunun mevcut teknik düzeyinin objektif olarak belirlenmesini gerektirir. Video tabanlı analiz sistemleri bu noktada yaygın biçimde kullanılmaktadır. Yüksek çözünürlüklü kamera kayıtları sayesinde hareketin farklı fazları ayrıntılı biçimde incelenebilmekte; eklem açıları, zamanlama, hız ve koordinasyon gibi değişkenler görsel olarak değerlendirilebilmektedir. Bu tür sistemler, özellikle karmaşık ve yüksek hızda gerçekleştirilen sportif becerilerde, çıplak gözle fark edilmesi güç olan teknik detayların ortaya çıkarılmasını sağlar. Literatürde video geri bildiriminin, sporcunun kendi performansına yönelik farkındalığını artırdığı ve teknik düzeltme sürecini hızlandırdığı sıklıkla vurgulanmaktadır.

Mobil teknolojilerin sunduğu bir diğer önemli katkı, antrenman içeriğinin sporcunun bireysel özelliklerine göre uyarlanabilmesidir. Aynı branşta yer alan sporcular, teknik açıdan benzer hedeflere sahip olsalar da öğrenme hızları, hata profilleri ve motor kontrol becerileri bakımından önemli farklılıklar gösterebilir. Mobil uygulamalar aracılığıyla elde edilen veriler, bu bireysel farklılıkların sistematik biçimde takip edilmesine olanak tanır. Böylece antrenör, standart bir öğretim modeli yerine; sporcunun güçlü ve zayıf yönlerine odaklanan, hedeflenmiş bir teknik eğitim süreci tasarlayabilir. Bu yaklaşım, bireyselleştirilmiş spor eğitiminin temel ilkeleriyle örtüşmektedir.

Giyilebilir sensör teknolojileri, kişiselleştirilmiş teknik-taktik eğitimin bir diğer önemli bileşenidir. İvmeölçerler, jiroskoplar ve kuvvet sensörleri aracılığıyla sporcunun hareketine ilişkin nicel veriler toplanabilmekte; bu veriler mobil platformlar üzerinden anlık ya da antrenman sonrası analiz edilebilmektedir. Özellikle tekrarlı teknik uygulamaların yer aldığı branşlarda, hareketin hızlanma profili, yön değişimleri ve uygulama süreleri gibi parametreler, sporcunun teknik

yeterliliği hakkında değerli bilgiler sunmaktadır. Bu verilerin düzenli olarak izlenmesi, teknik öğrenmenin zamansal gelişimini ortaya koyarak antrenman sürecinin daha bilinçli şekilde planlanmasına katkı sağlar.

Mobil araçların kişiselleştirilmiş eğitimdeki rolü yalnızca ölçüm ve analizle sınırlı değildir; aynı zamanda geri bildirimin biçimini ve içeriğini de dönüştürmektedir. Geleneksel geri bildirim çoğu zaman antrenman sonrasında verilen genel açıklamalardan oluşurken, mobil sistemler geri bildirimini daha spesifik ve hedef odaklı hâle getirmektedir. Örneğin video üzerinde işaretleme, yavaşlatma veya karşılaştırmalı görüntüler kullanılarak yapılan geri bildirimler, sporcunun hatayı daha somut biçimde algılamasını sağlar. Bu durum, teknik düzeltmenin yalnızca “ne yapılması gerektiğini” değil, “nasıl yapılması gerektiğini” de netleştirmektedir.

Teknik eğitimin yanı sıra, mobil teknolojiler taktik öğretimde de önemli bir potansiyel sunmaktadır. Taktik davranışlar çoğu zaman karar verme, zamanlama ve çevresel uyaranlara tepki verme becerileriyle ilişkilidir. Mobil video analizleri ve performans izleme sistemleri, sporcunun taktik kararlarını gerçek müsabaka veya simülasyon ortamlarında değerlendirme imkânı tanır. Bu değerlendirmeler sayesinde sporcu, yalnızca teknik uygulamasını değil, aynı zamanda hangi durumda hangi davranışı tercih ettiğini de analiz edebilir. Literatürde bu tür yaklaşımların, sporcunun oyun zekâsını ve taktik farkındalığını geliştirdiği belirtilmektedir.

Mobil araçlarla kişiselleştirilmiş teknik-taktik eğitim, antrenör-sporcu etkileşimini de yeniden tanımlamaktadır. Antrenör, yalnızca bilgi aktaran bir konumdan çıkarak; veriyi yorumlayan, öğrenme sürecini yönlendiren ve sporcunun gelişimini takip eden bir rehber rolü üstlenmektedir. Sporcu ise pasif bir alıcı olmaktan ziyade, kendi performans verileri üzerinden öğrenme sürecine aktif olarak katılan bir konuma gelmektedir. Bu durum, öğrenmenin kalıcılığını artıran ve sporcunun öz-düzenleme becerilerini destekleyen bir ortam oluşturur.

Sonuç olarak mobil araçlar, spor eēitiminde kişişelleştirilmiş teknik ve taktik ēretimin uygulanabilirliēini önemli ölçüde artırmaktadır. Video analizi, sensör verileri ve mobil geri bildirim sistemleri; bireysel farklılıkları dikkate alan, veriye dayalı ve sürdürülebilir bir eēitim modeli sunmaktadır. Bu model, hem antrenörün karar verme sürecini desteklemekte hem de sporcunun ērenme sürecine aktif katılımını teşvik etmektedir. Bir sonraki bölümde ele alınacak olan anlık geri bildirim sistemleri, bu kişişelleştirilmiş yaklaşımın motor ērenme üzerindeki etkilerini daha ayrıntılı biçimde açıklamaya imkân tanıyacaktır.

### ***Anlık Geri Bildirim Sistemleri ve Performans ērenimi***

Spor eēitiminde geri bildirimin ērenme üzerindeki etkisi uzun yıllardır araştırılmakla birlikte, son dönemde anlık geri bildirim kavramı, teknolojik gelişmelerle birlikte daha merkezi bir konum kazanmıştır. Anlık geri bildirim, sporcunun gerekleřtirdiēi hareketin hemen ardından veya hareket esnasında sunulan bilgileri kapsamakta; bu yönüyle geleneksel, gecikmeli geri bildirim yaklaşımlarından ayrılmaktadır. Özellikle mobil teknolojiler ve giyilebilir sistemlerin yaygınlaşması, geri bildirimin zamanlamasını yeniden tanımlamış ve ērenme sürecinin doērudan antrenman akışı içinde şekillenmesine imkân tanımıştır.

Motor ērenme literatüründe geri bildirimin zamanlaması, ērenmenin kalıcılıēı ve transferi açısından kritik bir deēiřken olarak kabul edilmektedir. Erken dönem çalışmalarda, hareket sonrası verilen geri bildirimin hata düzeltmeyi kolaylařtırdıēı vurgulanırken; daha güncel yaklaşımlar, geri bildirimin ērenme sürecine nasıl entegre edildiēinin en az zamanlaması kadar önemli olduēunu göstermektedir. Anlık geri bildirim, sporcunun yaptıēı hatayı henüz hareketle ilgili duyusal izler tazeyken fark etmesini saēlayarak, bilişsel düzeyde daha güçlü bir ilişki kurulmasına katkı sunmaktadır. Bu durum, özellikle karmaşık teknik becerilerin ērenildiēi branşlarda belirgin hâle gelmektedir.

Anlık geri bildirim sistemlerinin temel avantajlarından biri, hareket-geri bildirim döngüsünün kısalmasıdır. Geleneksel antrenman ortamlarında sporcu, bir teknik uygulamayı yaptıktan sonra geri bildirimini çoğu zaman antrenmanın ilerleyen aşamalarında almakta; bu durum, hatanın hangi hareket bileşeninden kaynaklandığının net biçimde algılanmasını zorlaştırabilmektedir. Mobil ve sensör tabanlı sistemler ise geri bildirimini neredeyse eş zamanlı hâle getirerek, sporcunun dikkatini hatanın olduğu ana yönlendirmektedir. Bu yaklaşım, öğrenme sürecinin daha bilinçli ve hedef odaklı ilerlemesine katkı sağlamaktadır.

Bununla birlikte literatürde, anlık geri bildirimin her durumda ve sınırsız biçimde kullanılmasının öğrenme açısından optimal olmayabileceği de vurgulanmaktadır. “Guidance hypothesis” çerçevesinde, sürekli ve yoğun geri bildirimin sporcunun içsel geri bildirim mekanizmalarını baskılayabileceği; uzun vadede öğrenme kalıcılığını olumsuz etkileyebileceği belirtilmektedir. Bu nedenle güncel çalışmalarda, anlık geri bildirimin uyarlanabilir biçimde sunulması gerektiği öne çıkmaktadır. Başka bir ifadeyle, geri bildirimin sıklığı ve içeriği sporcunun deneyim düzeyine, öğrenme evresine ve bireysel ihtiyaçlarına göre düzenlenmelidir.

Anlık geri bildirim sistemlerinin etkinliğini artıran bir diğer unsur, geri bildirimin biçimidir. Geri bildirim; görsel, işitsel veya dokunsal (haptik) yollarla sunulabilmektedir. Görsel geri bildirim, özellikle video analizi ve grafiksel gösterimler aracılığıyla sporcunun hareketini somutlaştırırken; işitsel geri bildirim, ritim ve zamanlama gibi unsurların öğrenilmesinde etkili olabilmektedir. Haptik geri bildirim ise titreşim veya basınç yoluyla verilen sinyaller aracılığıyla, sporcunun hareketini anında yönlendirmeye olanak tanımaktadır. Literatürde bu geri bildirim türlerinin her birinin farklı öğrenme hedefleri için avantajlar sunduğu ifade edilmektedir.

Mobil teknolojilerle entegre anlık geri bildirim sistemleri, performans öğrenimini destekleyen önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Performans öğrenimi,

yalnızca bir hareketin doğru biçimde uygulanmasını değil; bu uygulamanın farklı koşullara uyarlanabilirliğini de kapsar. Anlık geri bildirim, sporcunun teknik uygulamasını sürekli olarak değerlendirmesine ve gerektiğinde anında düzeltmesine imkân tanıyarak, hareket repertuarının esnekliğini artırmaktadır. Bu durum, özellikle müsabaka koşullarının değişken olduğu spor dallarında önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Son yıllarda yapay zekâ destekli geri bildirim sistemlerinin gelişmesiyle birlikte, anlık geri bildirim daha da kişiselleştirilmiş bir hâl almıştır. Hareket tanıma algoritmaları ve makine öğrenmesi tabanlı modeller, sporcunun geçmiş performans verilerini dikkate alarak geri bildirimin içeriğini otomatik olarak uyarlayabilmektedir. Bu tür sistemler, sporcunun hangi hatayı daha sık yaptığı, hangi teknik bileşende zorlandığı gibi bilgileri analiz ederek, geri bildirimini önceliklendirilmiş biçimde sunmaktadır. Böylece geri bildirim, yalnızca “anlık” değil, aynı zamanda akıllı ve hedeflenmiş bir nitelik kazanmaktadır.

Anlık geri bildirim sistemlerinin spor eğitimindeki rolü, antrenör–sporcu etkileşimi açısından da değerlendirildiğinde önemli bir dönüşüme işaret etmektedir. Antrenör, geri bildirimini yalnızca sözlü açıklamalarla sınırlamak yerine, teknolojik veriler üzerinden daha nesnel ve tutarlı biçimde sunabilmektedir. Sporcu ise aldığı geri bildirimini doğrudan performansı ile ilişkilendirerek, öğrenme sürecine daha aktif biçimde katılmaktadır. Bu karşılıklı etkileşim, öğrenmenin sürekliliğini destekleyen bir eğitim ortamı oluşturmaktadır.

Sonuç olarak anlık geri bildirim sistemleri, performans öğreniminin niteliğini artıran ve bireyselleştirilmiş spor eğitimini destekleyen önemli bir araçtır. Ancak bu sistemlerin etkili olabilmesi için geri bildirimin sıklığı, biçimi ve içeriğinin bilimsel ilkelere dayalı olarak yapılandırılması gerekmektedir. Antrenörün pedagojik bilgisi ile teknolojinin sunduğu imkânların dengeli biçimde bir araya getirilmesi, anlık geri bildirimin öğrenme üzerindeki olumlu etkilerini maksimize

edecektir. Bir sonraki bölümde, bu ilkelerin boks branşı özelinde nasıl uygulandığı ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

### ***Uygulama Örneği: Boks Branşında Mobil Teknoloji ile Teknik Öğrenme ve Anlık Geri Bildirim***

Boks, yüksek hızda gerçekleştirilen, karmaşık koordinasyon gerektiren ve hata toleransı son derece düşük olan bir branş olarak teknik öğretim açısından özel bir konuma sahiptir. Yumruk tekniklerinin doğru uygulanabilmesi; alt ekstremitelerden başlayan kuvvet üretimi, gövde rotasyonu, üst ekstremit segmentlerinin zamanlaması ve denge kontrolünün eş zamanlı biçimde organize edilmesini gerektirir. Bu çok bileşenli yapı, teknik hataların yalnızca tek bir eklem veya kas grubuna indirgenmesini zorlaştırmakta; öğrenme sürecinde ayrıntılı ve hedeflenmiş geri bildirim ihtiyacını artırmaktadır. Bu bağlamda mobil teknolojiler ve anlık geri bildirim sistemleri, boks branşında teknik öğrenmenin bireyselleştirilmesi için önemli bir uygulama alanı sunmaktadır.

Geleneksel boks antrenmanlarında teknik öğretim çoğunlukla antrenör gözlemi, sözel düzeltmeler ve tekrar yoluyla ilerler. Ancak yüksek hızda gerçekleştirilen yumruk kombinasyonlarında, hatanın tam olarak hangi fazda ortaya çıktığını antrenörün anlık olarak tespit etmesi her zaman mümkün olmayabilir. Video tabanlı mobil analiz sistemleri bu noktada önemli bir avantaj sağlar. Yumrukların başlatılması, hızlanma fazı, temas anı ve geri çekilme evreleri video kayıtları üzerinden ayrıntılı biçimde incelenebilir. Özellikle yavaşlatılmış görüntüler ve kare kare analizler, sporcunun kendi tekniğini dışarıdan görmesini sağlayarak bilişsel farkındalığı artırır. Literatürde video geri bildiriminin, karmaşık tekniklerin öğrenilmesinde içsel hata algısını güçlendirdiği vurgulanmaktadır.

Mobil teknolojilerin boks branşındaki kullanımında öne çıkan bir diğer alan, sensör tabanlı ölçüm sistemleridir. Sensörlü eldivenler, ivmeölçerler ve jiroskoplar aracılığıyla yumruk hızı, ivmelenme profili, uygulanan kuvvet ve

yumruk frekansı gibi değişkenler nicel olarak ölçülebilmektedir. Bu veriler, sporcunun teknik performansını objektif göstergeler üzerinden değerlendirmeye imkân tanır. Örneğin bir sporcunun direk yumruğunda yeterli hız üretmesine rağmen kuvvet aktarımında kayıp yaşıadığı veya kroşe vuruşunda gövde rotasyonunun zamanlamasının geciktiği, sensör verileriyle daha net biçimde ortaya konulabilir. Bu tür bulgular, teknik öğretilimin kişiye özgü olarak yeniden yapılandırılmasını sağlar.

Anlık geri bildirim sistemleri, bu ölçümlerin öğrenme sürecine doğrudan entegre edilmesini mümkün kılmaktadır. Sensör verilerinin mobil uygulamalar üzerinden sporcuya veya antrenöre anında sunulması, hatanın oluştuğu deneme ile geri bildirim arasındaki süreyi minimuma indirir. Böylece sporcu, yaptığı hatayı henüz hareketin duysal izleri tazeyken fark ederek bir sonraki denemede düzeltme fırsatı bulur. Özellikle yeni teknik öğrenen veya teknik değişiklik sürecinde olan boksörlerde, bu tür anlık geri bildirimlerin öğrenme hızını artırdığı düşünülmektedir. Ancak burada geri bildirimin sıklığı ve içeriğinin dikkatle yapılandırılması gerekmektedir.

Boks branşında mobil teknoloji destekli bireyselleştirilmiş teknik öğretilimin bir diğer önemli boyutu, teknik hataların sınıflandırılması ve önceliklendirilmesidir. Her sporcu aynı teknik kusurları göstermediği gibi, aynı kusurlar performansı her sporcu için aynı düzeyde etkilemeyebilir. Mobil sistemlerden elde edilen veriler, sporcunun tekrar eden hata örüntülerinin belirlenmesine olanak tanır. Örneğin bir sporcuda yumruk öncesi ayak pozisyonu hatası baskınken, başka bir sporcuda denge kaybı veya zamanlama sorunu ön planda olabilir. Bu bilgiler doğrutusunda antrenör, teknik öğretilimi “genel düzeltmeler” yerine kritik hata odaklı biçimde planlayabilir.

Teknik öğrenmenin yanı sıra, mobil teknolojiler boks branşında taktik eğitimin desteklenmesinde de kullanılmaktadır. Müsabaka veya sparring kayıtlarının mobil analiz yazılımlarıyla incelenmesi, sporcunun mesafe yönetimi,

kombinasyon tercihleri ve savunma–atak geçişleri hakkında değerli bilgiler sunar. Bu analizler, sporcunun yalnızca “nasıl vurduğunu” değil, “hangi durumda neden o tekniği seçtiğini” de değerlendirme imkânı tanır. Böylece teknik öğretim, taktik bağlamdan kopuk bir süreç olmaktan çıkarak bütüncül bir öğrenme deneyimine dönüşür.

Mobil teknoloji destekli uygulamaların boks eğitimindeki önemli katkılarından biri de sporcunun öğrenme sürecine aktif katılımını artırmasıdır. Sporcu, kendi performans verilerini izleyerek gelişimini somut göstergeler üzerinden takip edebilir. Bu durum, öz-düzenleme becerilerinin gelişmesine ve öğrenme motivasyonunun artmasına katkı sağlar. Literatürde sporcunun performans verilerine erişiminin, öğrenme sürecini sahiplenme duygusunu güçlendirdiği ve uzun vadeli gelişimi desteklediği bildirilmektedir.

Ancak boks branşında mobil teknolojilerin kullanımına ilişkin bazı sınırlılıklar da göz önünde bulundurulmalıdır. Sensörlerin doğru kalibrasyonu, veri yorumlama becerisi ve teknolojinin pedagojik amaçla kullanımı, uygulamanın başarısını belirleyen kritik unsurlardır. Teknolojinin, antrenörün yerini alan bir unsur olarak değil; antrenör kararlarını destekleyen bir araç olarak konumlandırılması önemlidir. Aksi hâlde, aşırı veri yükü ve yanlış yorumlanan geri bildirimler öğrenme sürecini olumsuz etkileyebilir.

Sonuç olarak mobil teknolojiler ve anlık geri bildirim sistemleri, boks branşında teknik ve taktik öğrenmenin bireyselleştirilmesi için güçlü bir uygulama alanı sunmaktadır. Video analizi, sensör tabanlı ölçümler ve veri temelli geri bildirimler; teknik hataların daha net tanımlanmasını, öğrenme sürecinin hızlanmasını ve performans gelişiminin sürdürülebilir biçimde izlenmesini mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşım, boks eğitiminde geleneksel yöntemleri dışlamadan, onları bilimsel ve teknolojik araçlarla zenginleştiren bir model olarak değerlendirilebilir.

## ***Spor Eğitiminde Dijital Bireyselleştirmenin Avantajları ve Sınırlılıkları***

Mobil teknolojiler ve dijital geri bildirim sistemleriyle desteklenen bireyselleştirilmiş spor eğitimi, antrenman süreçlerinde önemli avantajlar sunmakla birlikte belirli sınırlılıkları da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle dijital bireyselleştirme yaklaşımının spor eğitimine katkıları, yalnızca teknolojik imkânlar üzerinden değil; pedagojik, etik ve uygulamaya dönük boyutlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Avantajlar ve sınırlılıkların dengeli biçimde ele alınması, bu sistemlerin sahada daha etkili ve sürdürülebilir şekilde kullanılmasına katkı sağlayacaktır.

Dijital bireyselleştirmenin en belirgin avantajlarından biri, nesnel veri temelli değerlendirme imkânı sunmasıdır. Geleneksel antrenman ortamlarında teknik ve taktik değerlendirmeler çoğunlukla antrenörün deneyimine ve gözlemsel yorumlarına dayanırken, mobil teknolojiler bu süreci ölçülebilir parametrelerle desteklemektedir. Sensör verileri, video analizleri ve performans göstergeleri sayesinde sporcuların gelişimi sayısal olarak izlenebilmekte; ilerleme veya gerileme durumları daha erken aşamada tespit edilebilmektedir. Bu durum, antrenman planlamasında daha bilinçli kararlar alınmasını sağlamaktadır.

Bir diğer önemli avantaj, zaman verimliliğidir. Dijital sistemler, geri bildirimin daha hızlı ve hedef odaklı verilmesine olanak tanıyarak, antrenman süresinin daha etkili kullanılmasını sağlar. Özellikle kalabalık sporcu gruplarının bulunduğu ortamlarda, mobil analiz ve geri bildirim araçları antrenörün iş yükünü azaltabilir. Aynı anda birden fazla sporcunun performansının izlenebilmesi, bireysel düzeltmelerin daha sistematik biçimde yapılmasına imkân tanır. Bu durum, hem teknik öğretimin kalitesini artırmakta hem de antrenör–sporcu iletişimini güçlendirmektedir.

Dijital bireyselleştirmenin sporcu üzerindeki olumlu etkilerinden biri de öğrenme motivasyonunu ve öz-düzenleme becerilerini desteklemesidir. Sporcular, kendi

performans verilerine erişerek gelişim süreçlerini somut göstergeler üzerinden takip edebilmektedir. Bu durum, sporcunun öğrenme sürecini sahiplenmesini ve antrenmanlara daha bilinçli katılmasını teşvik eder. Literatürde, performans geri bildirimlerinin sporcunun motivasyonel yönelimlerini olumlu etkilediği ve öğrenme sürecine aktif katılımı artırdığı bildirilmektedir. Özellikle genç sporcularda, bu tür teknolojik desteklerin eğitici ve motive edici bir unsur olarak algılandığı görülmektedir.

Bununla birlikte dijital bireyselleştirme yaklaşımlarının bazı sınırlılıkları da göz ardı edilmemelidir. Bu sınırlılıkların başında, teknolojik bağımlılık riski gelmektedir. Aşırı veri kullanımı ve sürekli teknolojik geri bildirim, sporcunun içsel geri bildirim mekanizmalarının gelişimini baskılayabilir. Sporcu, kendi duyuşsal algıları yerine dijital çıktılara güvenmeye başladığında, öğrenmenin kalıcılığı ve transferi olumsuz etkilenebilir. Bu durum, özellikle erken öğrenme evresindeki sporcular için dikkatle yönetilmesi gereken bir risktir.

Bir diğer önemli sınırlılık, veri yorumlama ve pedagojik yeterlilik konusudur. Dijital sistemlerden elde edilen verilerin doğru biçimde yorumlanabilmesi, antrenörün hem teknik bilgiye hem de pedagojik donanımına sahip olmasını gerektirir. Yanlış yorumlanan veya bağlamından koparılan veriler, teknik öğretimde hatalı yönlendirmelere yol açabilir. Bu nedenle teknolojinin etkili kullanımı, antrenör eğitimi ve dijital okuryazarlık düzeyiyle doğrudan ilişkilidir. Teknoloji, antrenörün yerini alan bir unsur değil; karar verme sürecini destekleyen bir araç olarak konumlandırılmalıdır.

Dijital bireyselleştirmenin bir diğer sınırlılığı ise erişilebilirlik ve maliyet faktörleridir. Gelişmiş sensör sistemleri, yazılımlar ve donanımlar, her spor kulübü veya eğitim kurumu için ulaşılabilir olmayabilir. Bu durum, teknolojik imkânlara sahip olan ve olmayan sporcular arasında bir eşitsizlik riski doğurabilir. Ayrıca cihazların bakım, güncelleme ve kalibrasyon gereksinimleri, uzun vadede ek maliyetler oluşturabilmektedir. Bu bağlamda dijital

bireyselleştirme uygulamalarının yaygınlaşabilmesi için maliyet-etkin çözümlerin geliştirilmesi önem taşımaktadır.

Etik boyut da dijital bireyselleştirmenin değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken önemli bir unsurdur. Sporculardan toplanan performans verilerinin gizliliği, güvenliği ve kullanım amacı net biçimde tanımlanmalıdır. Özellikle genç sporcular söz konusu olduğunda, veri paylaşımı ve saklanması konularında etik ilkelere uyulması büyük önem taşımaktadır. Veri güvenliğine ilişkin eksiklikler, sporcu–antrenör ilişkisini zedeleyebileceği gibi, sporcuların teknolojik sistemlere olan güvenini de azaltabilir.

Sonuç olarak dijital bireyselleştirme, spor eğitiminde teknik ve taktik öğretimin niteliğini artıran güçlü bir yaklaşım sunmaktadır. Nesnel veri kullanımı, zaman verimliliği ve öğrenme motivasyonunu desteklemesi, bu yaklaşımın öne çıkan avantajları arasında yer almaktadır. Buna karşılık teknolojik bağımlılık, veri yorumlama güçlükleri, maliyet ve etik sorunlar, dikkatle ele alınması gereken sınırlılıklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle dijital bireyselleştirmenin spor eğitimine entegrasyonu, bilimsel ilkeler, pedagojik hassasiyet ve etik sorumluluk çerçevesinde dengeli biçimde gerçekleştirilmelidir.

### ***Gelecek Perspektifi: Dijital Spor Eğitiminin Evrimi ve Yeni Yönelimler***

Spor eğitiminde dijitalleşme ve bireyselleştirme yaklaşımları, mevcut uygulamaların ötesinde daha bütüncül ve öngörücü sistemlere doğru evrilmektedir. Mobil teknolojiler, giyilebilir sensörler ve anlık geri bildirim sistemleri günümüzde spor eğitimine önemli katkılar sunarken; yapay zekâ, büyük veri analitiği ve sanal/artan gerçeklik gibi teknolojilerin entegrasyonu, spor pedagojisinde yeni bir dönemin habercisi olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda gelecek perspektifi, yalnızca teknolojik araçların çeşitlenmesini değil; öğrenme modellerinin, antrenör rollerinin ve sporcu–teknoloji etkileşiminin yeniden tanımlanmasını da içermektedir.

Geleceğin spor eğitiminde öne çıkan eğilimlerden biri, yapay zekâ destekli karar destek sistemleridir. Makine öğrenmesi algoritmaları, sporcuların uzun dönemli performans verilerini analiz ederek teknik hataların olası nedenlerini, gelişim eğilimlerini ve risk faktörlerini öngörebilmektedir. Bu tür sistemler, antrenörün deneyimine dayalı sezgisel kararlarını tamamen ortadan kaldırmaktan ziyade, onları veri temelli öngörülerle destekleyen bir yapı sunmaktadır. Literatürde, yapay zekâ tabanlı analizlerin performans değerlendirmesinde tutarlılığı artırdığı ve bireyselleştirilmiş eğitim modellerinin geliştirilmesine katkı sağladığı belirtilmektedir.

Bir diğer önemli yönelim, tamamen kişiye özgü dijital öğrenme profillerinin oluşturulmasıdır. Mobil ve giyilebilir sistemlerden elde edilen teknik, fizyolojik ve davranışsal veriler; sporcunun öğrenme hızını, geri bildirim ihtiyacını ve teknik adaptasyon kapasitesini tanımlayan bireysel profiller hâline getirilebilmektedir. Bu profiller doğrultusunda geri bildirimin sıklığı, biçimi ve içeriği otomatik olarak uyarlanabilir. Böylece spor eğitimi, “herkese aynı içerik” yaklaşımından uzaklaşıp, dinamik ve adaptif öğrenme modellerine dönüşmektedir.

Sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) uygulamaları da spor eğitiminde giderek daha fazla ilgi gören alanlar arasında yer almaktadır. VR tabanlı sistemler, sporculara güvenli ve kontrollü ortamlarda teknik ve taktik senaryoları deneyimleme imkânı sunarken; AR uygulamaları gerçek antrenman ortamına dijital geri bildirim katmanları ekleyerek öğrenme sürecini zenginleştirmektedir. Özellikle taktik karar verme, algısal-bilişsel beceriler ve müsabaka senaryolarının simülasyonu açısından bu teknolojilerin önemli bir potansiyel taşıdığı ifade edilmektedir. Bu tür uygulamalar, sporcunun yalnızca fiziksel değil, bilişsel ve algısal gelişimini de destekleyen bütüncül bir eğitim yaklaşımına katkı sunmaktadır.

Gelecek perspektifinde dikkate alınması gereken bir diğ er  onemli konu, uzaktan ve hibrit spor eğitimi modelleridir. Mobil teknolojiler ve bulut tabanlı sistemler sayesinde antrenman verilerinin uzaktan izlenebilmesi, geri bildirimin mek andan bağımsız biçimde sunulmasını m mk un kılmaktadır. Bu durum, özellikle farklı şehirlerde veya ülkelerde bulunan sporcuların takibini kolaylaştırmakta; bireyselleştirilmiş eğitimin sürekliliğini desteklemektedir. Ancak uzaktan eğitim modellerinin etkili olabilmesi için geri bildirimin niteliği, iletişim sıklığı ve pedagojik yapılandırmanın dikkatle planlanması gerekmektedir.

Tüm bu gelişmeler, antrenörün rolünün de dönüşümünü beraberinde getirmektedir. Geleceğin spor eğitiminde antrenör, yalnızca teknik bilgi aktaran bir figür olmaktan ziyade; veriyi yorumlayan, öğrenme sürecini yöneten ve teknolojik araçları pedagojik amaçlarla kullanan bir öğrenme rehberi konumuna gelmektedir. Bu dönüşüm, antrenör eğitimi programlarında dijital okuryazarlık, veri analizi ve teknoloji temelli  ğretim yaklaşımlarına daha fazla yer verilmesini zorunlu kılmaktadır.

Son olarak, dijital spor eğitiminin geleceğinde etik ve sürdürülebilirlik konuları da merkezi bir öneme sahiptir. Sporcu verilerinin güvenliği, mahremiyeti ve etik kullanımı; teknolojik sistemlerin yaygınlaşmasıyla birlikte daha karmaşık hâle gelmektedir. Ayrıca teknolojik çözümlerin sürdürülebilir ve erişilebilir olması, dijitalleşmenin spor eğitiminde eşitsizlikleri artırmaması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle gelecek yönelimler, teknolojik yeniliklerle birlikte etik ilkeler ve pedagojik sorumluluklar çerçevesinde ele alınmalıdır.

Özetle spor eğitiminde dijital bireyselleştirmenin geleceği; yapay zekâ destekli sistemler, adaptif öğrenme modelleri, VR/AR uygulamaları ve uzaktan eğitim yaklaşımlarının bütünleşik biçimde kullanıldığı bir yapıya doğru ilerlemektedir. Bu gelişmeler, teknik ve taktik öğretimin daha etkili, esnek ve bireyselleştirilmiş biçimde yürütülmesine olanak tanırken; spor pedagojisinin de yeniden şekillenmesini beraberinde getirmektedir.

## *Sonuç ve Gelecek Perspektif*

Spor eğitiminde bireyselleştirme, günümüz antrenman anlayışının temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Özellikle teknik ve taktik öğrenmenin merkezde olduğu branşlarda, sporcular arasındaki bireysel farklılıklar standart öğretim yaklaşımlarının etkisini sınırlandırmaktadır. Bu bağlamda mobil teknolojiler, giyilebilir sensörler ve anlık geri bildirim sistemleri; spor eğitiminde daha esnek, hedef odaklı ve kişiye özgü öğrenme modellerinin uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Bu kitap bölümünde ele alınan kavramsal ve uygulamalı bulgular, dijital bireyselleştirmenin spor pedagojisinde yalnızca geçici bir eğilim değil, kalıcı bir dönüşüm süreci olduğunu ortaya koymaktadır.

Motor öğrenme kuramları çerçevesinde değerlendirildiğinde, geri bildirimin öğrenme sürecindeki merkezi rolü açık biçimde görülmektedir. Ancak geri bildirimin etkisi, yalnızca varlığına değil; zamanlamasına, sıklığına ve içeriğine bağlıdır. Mobil ve dijital sistemler, bu değişkenlerin daha hassas biçimde kontrol edilmesine olanak tanıyarak geri bildirim öğrenme sürecine daha etkili şekilde entegre etmektedir. Özellikle anlık geri bildirim sistemleri, hareket-geri bildirim döngüsünü kısaltarak sporcunun hata farkındalığını artırmakta ve teknik düzeltme sürecini hızlandırmaktadır. Bununla birlikte, geri bildirimin aşırı ve kontrolsüz kullanımının öğrenme kalıcılığını olumsuz etkileyebileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Mobil araçlarla desteklenen bireyselleştirilmiş teknik ve taktik eğitim, antrenör-sporcu etkileşimini de dönüştürmektedir. Antrenör, sezgisel gözlemlerini veri temelli analizlerle destekleyerek daha nesnel kararlar alabilmekte; sporcu ise kendi performans verileri üzerinden öğrenme sürecine aktif biçimde katılabilmektedir. Bu durum, öğrenmenin yalnızca antrenman ortamıyla sınırlı kalmamasını, antrenman sonrası analiz ve değerlendirme süreçlerine de

yayılmasını sağlamaktadır. Böylece spor eğitimi, sürekliliği olan bütüncül bir öğrenme deneyimine dönüşmektedir.

Boks branşı özelinde ele alınan uygulama örnekleri, mobil teknolojilerin karmaşık ve yüksek hızda gerçekleştirilen tekniklerin öğretiminde önemli avantajlar sunduğunu göstermektedir. Video analizi ve sensör tabanlı ölçümler sayesinde yumruk tekniklerinin biyomekanik özellikleri ayrıntılı biçimde değerlendirilebilmekte; bireysel hata örüntüleri daha net tanımlanabilmektedir. Bu yaklaşım, teknik öğretimi genelleştirilmiş düzeltmelerden uzaklaştırarak kritik hata odaklı ve kişiye özgü bir yapıya dönüştürmektedir. Aynı zamanda taktik analizlerin mobil platformlar üzerinden yapılabilmesi, teknik ve taktik öğrenmenin birbirinden kopuk değil, bütünleşik biçimde ele alınmasına katkı sağlamaktadır.

Dijital bireyselleştirmenin sunduğu avantajlara rağmen, bu yaklaşımın sınırlılıkları da dikkate alınmalıdır. Teknolojik bağımlılık riski, veri yorumlama güçlükleri, maliyet ve etik sorunlar; dijital sistemlerin bilinçli ve kontrollü kullanımını zorunlu kılmaktadır. Teknoloji, antrenörün yerini alan bir unsur değil; pedagojik kararları destekleyen bir araç olarak konumlandırılmalıdır. Bu denge sağlanmadığı takdirde, dijital uygulamalar öğrenme sürecine katkı sunmak yerine karmaşıkları bir etki yaratabilir.

Gelecek perspektifinde yapay zekâ destekli karar destek sistemleri, adaptif öğrenme modelleri ve sanal/artan gerçeklik uygulamalarının spor eğitiminde daha yaygın hâle gelmesi beklenmektedir. Bu gelişmeler, bireyselleştirilmiş spor eğitiminin kapsamını genişletirken; antrenör eğitimi, etik ilkeler ve veri güvenliği konularının da daha fazla önem kazanmasını gerektirecektir. Özellikle antrenörlerin dijital okuryazarlık düzeylerinin artırılması, bu teknolojilerin etkili ve sorumlu biçimde kullanılabilmesi açısından kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak mobil teknolojiler ve anlık geri bildirim sistemleri, spor eğitiminde bireyselleştirilmiş teknik ve taktik öğretimin geliştirilmesi için gl bir potansiyel sunmaktadır. Bu potansiyelin etkin biçimde hayata geçirilebilmesi; bilimsel temelli yaklaşımlar, pedagojik hassasiyet ve etik sorumlulukların birlikte ele alınmasıyla mümkündür. Dijital bireyselleştirme, doğru yapılandırıldığında sporcuların öğrenme sürecini zenginleştiren, performans gelişimini destekleyen ve spor eğitimini daha sürdürülebilir hâle getiren bir model olarak değerlendirilebilir.

## Kaynakça

- Baca, A., Dabnichki, P., Heller, M., & Kornfeind, P. (2010). A server-based mobile coaching system. *Sensors*, 10(12), 10640–10662. <https://doi.org/10.3390/s101210640>
- Baca, A., & Kornfeind, P. (2012). Rapid feedback systems for elite sports training. *IEEE Pervasive Computing*, 11(3), 70–76. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2012.41>
- Barris, S., & Button, C. (2008). A review of vision-based motion analysis in sport. *Sports Medicine*, 38(12), 1025–1043. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00006>
- Blais, L., Trilles, F., & Lacouture, P. (2019). Biomechanical analysis of punching techniques in boxing. *Sports Biomechanics*, 18(2), 153–168. <https://doi.org/10.1080/14763141.2017.1376331>
- Cardinale, M., & Varley, M. C. (2017). Wearable training-monitoring technology: Applications, challenges, and opportunities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(Suppl 2), S2-55–S2-62. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2016-0423>
- Carling, C., Reilly, T., & Williams, A. M. (2009). *Performance assessment for field sports*. Routledge.
- Dinu, D., & Louis, J. (2020). Biomechanics of striking movements in combat sports. *Journal of Sports Sciences*, 38(11–12), 1357–1365. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1706838>
- El Ashker, S. (2018). Technical and tactical performance indicators in boxing. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(3), 390–404. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1479929>
- Giboin, L. S., & Kramer, A. (2018). Feedback frequency and motor learning. *Frontiers in Psychology*, 9, 1755. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01755>
- Groom, R., Cushion, C., & Nelson, L. (2011). The delivery of video-based performance analysis by coaches. *Journal of Sports Sciences*, 29(6), 555–564. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.531442>
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., & Passos, P. (2011). Constraints-induced emergence of functional movement behavior in sport. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 15(3), 287–308.
- Liebermann, D. G., Katz, L., Hughes, M. D., Bartlett, R. M., McClements, J., & Franks, I. M. (2002). Advances in the application of information technology to sport performance. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 755–769. <https://doi.org/10.1080/026404102320675611>

- Magill, R. A., & Anderson, D. (2021). *Motor learning and control: Concepts and applications* (12th ed.). McGraw-Hill.
- McGill, S. M. (2010). Core training: Evidence translating to better performance and injury prevention. *Strength and Conditioning Journal*, 32(3), 33–46. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181df4521>
- Neumann, D. L., Moffitt, R. L., Thomas, P. R., Loveday, K., Watling, D. P., Lombard, C. L., & Antonova, S. (2018). A systematic review of the application of interactive virtual reality to sport. *Virtual Reality*, 22(3), 183–198. <https://doi.org/10.1007/s10055-017-0320-5>
- Pierce, J. R., Reinbold, K. A., Lyngard, B. C., Goldman, S., & Pastore, C. M. (2006). Direct measurement of punch force. *Journal of Biomechanics*, 39(4), 728–734. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.01.012>
- Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C. J., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2019). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (6th ed.). Human Kinetics.
- Seshadri, D. R., Drummond, C., Craker, J., Rowbottom, J. R., & Voos, J. E. (2017). Wearable devices for sports. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 25(7), 500–509. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-15-00602>
- Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R., & Wolf, P. (2013). Augmented visual, auditory, and haptic feedback in motor learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(1), 21–53. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0333-8>
- Turner, A., Baker, E., & Miller, S. (2011). Increasing the impact force of the rear hand punch. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 92–98. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fef7c4>
- Van der Kruk, E., & Reijne, M. M. (2018). Accuracy of human motion capture systems. *Sensors*, 18(6), 1787. <https://doi.org/10.3390/s18061787>
- Wright, C., Carling, C., & Collins, D. (2014). The wider context of performance analysis and its application in the football coaching process. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(3), 709–733. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868744>
- Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2016). Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(5), 1382–1414. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0999-9>

## BÖLÜM 5:

### **Spor Yönetimi ve Analitik Karar Alma; Mobil Verilerle Takım Dinamikleri, Oyuncu Değerlendirmesi ve Maç Stratejilerinin Geliştirilmesi**

Doç. Dr. Buğra Çağatay SAVAŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

#### Özet

Bu bölüm, büyüyen ve dijitalleşen spor endüstrisinde veri temelli yönetimin neden zorunlu hâle geldiğini açıklayarak analitik karar alma yaklaşımını spor kurumlarının sportif ve ekonomik sürdürülebilirliği açısından konumlandırmaktadır. Geleneksel, sezgi ve deneyim ağırlıklı karar verme pratiklerinin; artan rekabet, çok kaynaklı veri akışı ve yüksek finansal risk ortamında tutarlılık, şeffaflık ve öngörü üretme açısından yetersiz kaldığı vurgulanır. Buna karşılık analitik karar alma; veri toplama, temizleme, modelleme, yorumlama ve bulguların yönetsel sürece entegrasyonunu içeren sistematik bir çerçeve sunar. Spor yönetiminde kararlar stratejik, taktiksel ve operasyonel düzeylerde ele alınır; analitik yaklaşımın her düzeyde belirsizliği azaltarak karar kalitesini yükselttiği ifade edilir.

Bölüm, analitiği Davenport ve Harris'in sınıflaması üzerinden betimleyici (ne oldu), kestirimsel (ne olacak) ve kuralcı (ne yapmalıyız) analiz basamaklarıyla açıklar. Betimleyici analitik; performans raporları, gelir-gider analizleri ve taraftar davranışlarının profil çıkarımı gibi uygulamalarla mevcut durumun fotoğrafını sağlar. Kestirimsel analitik; bilet satış tahmini, sporcu performans projeksiyonları ve sakatlık riski modellemesi üzerinden planlama ve risk yönetimini destekler. Kuralcı analitik ise kadro planlama, sponsorluk portföyü optimizasyonu ve bütçe/kaynak dağılımı gibi alanlarda en iyi seçeneği önermek

için optimizasyon ve simülasyon modellerini kullanır. Bu çerçevede, sahadaki oyun stratejisinden bilet fiyatlandırmasına kadar geniş bir karar alanını kapsar.

Veri kaynakları performans izleme teknolojileri (GPS, giyilebilir sensörler), video analiz sistemleri, taraftar etkileşim platformları, finansal raporlar ve sosyal medya analitiği gibi kanallarda sınıflandırılır; büyük verinin hacim, çeşitlilik, hız (ve ek olarak doğruluk ve değer) özellikleriyle spor yönetimini yeniden şekillendirdiği belirtilir. Verinin güvenilir bir girdiye dönüşebilmesi için doğruluk, tutarlılık, eksiksizlik ve güncellik ilkeleriyle veri kalitesi yönetimi ve validasyon süreçlerinin önemi vurgulanır. Bununla birlikte veri güvenliği ve etik yönetim, özellikle oyuncu sağlık verileri ve taraftar kişisel verileri açısından kritik görülür; KVKK/GDPR uyumu ile erişim kontrolü, şifreleme, yedekleme gibi önlemler temel gereklilikler olarak ele alınır.

Bölüm ayrıca analitik karar alma sürecini problem tanımı, veri toplama, hazırlama, analiz, modelleme-doğrulama, uygulama ve izleme adımlarıyla döngüsel bir yapı olarak sunar. Profesyonel takım yönetiminde oyuncu seçimi, yük yönetimi ve maç içi strateji önerileri; spor etkinliği yönetiminde talep tahmini, güvenlik ve operasyon optimizasyonu; pazarlamada ise segmentasyon ve kişiselleştirilmiş iletişim öne çıkan uygulama alanlarıdır. Analitik olgunluk modeli kapsamında kulüplerin başlangıçtan ileri seviyeye geçişi; araç seti, veri entegrasyonu ve yapay zekâ tabanlı karar destek sistemlerinin kurumsallaşması üzerinden tartışılır. Kapasite geliştirmede ise insan kaynağı (veri analisti, performans analisti, veri mühendisi, spor bilimci, AI/ML uzmanı), teknoloji altyapısı (bulut depolama, veri ambarı, görselleştirme ve modelleme araçları) ve kültürel dönüşümün birlikte yürütülmesi gerektiği vurgulanır.

## 1. Giriş

Spor endüstrisi son yıllarda hem ulusal hem de uluslararası düzeyde hızla büyümekte ve milyarlarca dolarlık küresel bir girişim olarak giderek karmaşıkmaktadır (Anderson ve Sally, 2013; Lock ve Adams, 2022). Bu karmaşıklık, veri odaklı yönetim anlayışını ve analitik karar alma süreçlerini kritik hâle getirmiştir (Davenport, 2014). Geleneksel karar alma yöntemleri çoğunlukla deneyime ve sezgilere dayanırken, analitik karar alma veri toplama, modelleme ve istatistiksel analiz süreçlerini içerir (Hughes ve Bartlett, 2002).

Analitik, güçlü oyuncuların ve iyi antrenörlüğün takım başarısı için yerini almamış ve almayacak olsa da, bu temel başarı faktörlerinin önemli bir tamamlayıcısı olarak kesinlikle kabul görmüştür (Davenport, 2014a). Oyuncu istatistiklerinden taraftar etkileşimi ölçümlerine kadar, veriler artık eşi benzeri görülmemiş bir hızla üretilmektedir. Bu verilerin etkili bir şekilde analiz edilmesi ve yorumlanması, modern spor dünyasında başarı için kritik hale gelmiştir. Veri analitiği, ham verileri inceleyerek bu bilgiler hakkında sonuçlar çıkarma sürecidir (Reddy, 2023).

Spor endüstrisi, küresel ölçekte son yıllarda hem ekonomik hem de organizasyonel bakımdan dijitalleşme ve veri odaklı yönetim yaklaşımlarının hızla yayıldığı önemli bir dönüşüm geçirmektedir. Geleneksel olarak fiziksel performans ve rekabet odaklı bir alan olarak görülen spor sektörü, günümüzde çok boyutlu bir ekonomik yapı hâline gelmiş; medya hakları, sponsorluk gelirleri, dijital uygulamalar, spor teknolojileri, taraftar davranışı analizi ve veri yönetimi gibi bileşenlerin bütünleştiği bir ekosisteme dönüşmüştür. Dünya çapında spor endüstrisi pazarının büyüklüğünün 2025'de 417 milyar dolar, 2030 yılında ise 602 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Bu büyüme, gelişmekte olan pazarlardaki güçlü ekonomik büyümeye, e-ticaretteki hızlı büyümeye, hızlı kentleşmeye, çok sayıda spor kanalının ortaya çıkışına ve sponsorluklara yapılan yüksek harcamalara bağlanabilir (Statista, 2025). Spor pazarının artış göstermesi,

sporun yalnızca sahada oynanan bir oyun değil; aynı zamanda büyük ölçekli bir ekonomik faaliyet, rekabetçi bir iş alanı ve ileri teknoloji gerektiren bir endüstri olmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, internete erişilebilen cihazlardaki artışa, olumlu hükümet girişimlerine ve spor turizmindeki artışa da bağlanabilir. Tahmin dönemindeki ana trendler arasında artırılmış gerçeklik ve sanal gerçekliğin benimsenmesinin artması, spor akışı uygulamalarının piyasaya sürülmesi, temassız teknolojilerin benimsenmesi, mobil bilet, sosyal medya kullanıcılarına odaklanma, bilet fiyatlandırması için analitik kullanımı, daha iyi antrenmanlar için birleşik fitness formatları, mobil eğitim uygulamaları, teknolojinin kullanımı, kişiselleştirilmiş taraftar katılımı, spor ve eğlencenin kaynaştırılması, sponsorluklardan ortaklıklara, kurumsal sosyal sorumluluk ve sürdürülebilirlik, farklı demografik gruplara odaklanma yer almaktadır (Researchandmarkets, 2025). Bu süreçte analitik karar alma, spor yönetiminin hem sportif hem de ekonomik boyutlarını doğrudan şekillendiren kritik bir unsura dönüşmüştür. Performansa ilişkin büyük hacimli verilerin işlenmesi, oyuncu sağlığına yönelik tahmin modellerinin geliştirilmesi, taraftar davranışlarının nicel olarak analiz edilmesi ve finansal yönetimde veri temelli stratejilerin uygulanması, modern spor kurumlarının rekabet avantajı elde etmesinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu durum, sektörün stratejik karar alma süreçlerini de köklü biçimde değiştirmiştir (Davenport ve Harris, 2007; Memmert ve ark., 2019; Smith ve Stewart, 2022).

Türkiye’de de benzer bir dönüşüm yaşanmaktadır. Süper Lig’in yayın haklarının artan değeri, spor turizminin özellikle Antalya ve İstanbul merkezli büyümesi, spor teknolojileri girişimlerinin yaygınlaşması ve kulüplerin dijitalleşme yatırımları, spor endüstrisinin yerel ölçekte de hızla geliştiğini göstermektedir. Türkiye Futbol Federasyonu’nun veri tabanlı oyuncu izleme modellerini yaygınlaştırması, Spor Toto Süper Lig kulüplerinin performans analizi birimlerini güçlendirmesi ve e-Spor Federasyonu’nun dijital spor alanına yatırım yapması, veri odaklı bir yaklaşımın hem profesyonel hem de yarı profesyonel

alanlarda giderek daha fazla önem kazandığını ortaya koymaktadır (Aydın ve Karakoç, 2022). Bu gelişmeler, spor yönetiminde analitik kapasitenin artırılmasını zorunlu hâle getirmiştir.

Bu değişimin arkasında yatan en önemli etkenlerden biri, veri odaklı yönetim anlayışının yükselişidir. Dijitalleşmenin etkisiyle spor organizasyonlarında toplanabilen veri türleri ve veri hacmi büyük ölçüde artmıştır. Giyilebilir teknolojiler (GPS, hız ve ivme sensörleri, kalp atım hızı monitörleri), video analiz sistemleri (SportVU, Catapult, Hudl, Dartfish), taraftar etkileşim platformları, sosyal medya analitiği, biletleme sistemleri ve sponsorluk aktivasyon araçları, spor endüstrisinde büyük verinin sistematik olarak toplanmasına olanak tanımaktadır. Bu veriler yalnızca performans yönetimi için değil, aynı zamanda pazarlama stratejileri, taraftar davranış modelleri, sakatlık risk değerlendirmesi, finansal planlama ve altyapı yatırımları gibi temel yönetsel süreçlerin tamamı için kritik bir bilgi kaynağı hâline gelmiştir (Foster, 2021).

Özellikle profesyonel takımlar, veri temelli karar alma süreçlerine yatırım yaparak önemli rekabet avantajları elde etmektedir. Örneğin Premier League ve NBA takımlarının büyük çoğunluğu, performans analitiği ve oyuncu seçim süreçlerinde makine öğrenmesi modellerinden yararlanmaktadır. Benzer şekilde, uluslararası turnuvalarda milli takımların rakip analizi, taktik modelleme, oyuncu yüklenme planlaması ve sakatlık önleme stratejileri için veri bilimcilerden ve analitik uzmanlardan destek aldığı bilinmektedir. Türkiye’de ise birçok kulüp, özellikle performans analizi ve scouting alanlarında veri destekli karar verme modellerine yönelmeye başlamıştır. Bazı Süper Lig kulüplerinin yapay zekâ tabanlı oyuncu izleme sistemleri ve kondisyon yüklenme modelleri kullanması, veri odaklı süreçlerin Türkiye’de de kurumsallaşmakta olduğunu göstermektedir.

Bu bağlamda analitik karar alma, modern spor yönetiminin temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Analitik karar alma; veri toplama, veri temizleme, veri işleme, model kurma, yorumlama ve sonuçların karar süreçlerine entegre

edilmesini içeren sistematik bir süreçtir. Bu süreç, yöneticilere hem nicel hem de nitel verileri kullanarak rasyonel, ölçülebilir ve tekrarlanabilir kararlar alma imkânı sunmaktadır. Örneğin bir kulübün transfer stratejisinin belirlenmesinde oyuncu performans metrikleri, sakatlık geçmişi, pozisyon bazlı etki değerleri, finansal maliyetler ve takım kimyası unsurları analitik yöntemlerle değerlendirilmekte ve bu sayede daha başarılı transfer kararları alınabilmektedir (Davenport, 2018). Benzer şekilde, bilet fiyatlandırması gibi ekonomik kararlar; geçmiş maç verileri, stad doluluk oranı, hava koşulları, rakip takım profili, taraftar segmentasyonu ve dinamik fiyatlandırma algoritmalarına dayalı olarak belirlenebilmektedir.

Geleneksel karar alma yaklaşımı ise çoğunlukla sezgiye, deneyime ve yöneticilerin kişisel değerlendirmelerine dayanır. Bu yöntem, özellikle spor gibi duygusal ve hızlı değişen bir alanda geçmişte yaygın olarak uygulanmış olsa da, günümüz spor endüstrisinin karmaşık yapısı karşısında birçok sınırlılık taşımaktadır. Geleneksel yaklaşımın öznelliği artırması, kararların tutarlılığını azaltması, risk değerlendirmelerinde hatalara yol açması ve stratejik planlamada belirsizlik oluşturması, spor organizasyonlarının rekabet gücünü olumsuz etkileyebilmektedir. Örneğin yalnızca sezgiye dayalı transfer kararları, kulüplerin mali açıdan büyük zararlara uğramasına yol açabilmektedir. Buna karşılık analitik karar alma, kararların bilimsel temellere dayanmasını, süreçlerin şeffaflaştırılmasını ve organizasyonel hataların minimize edilmesini sağlamaktadır.

Bu çerçevede analitik ve geleneksel karar alma arasındaki farklar yalnızca yöntemsel değil; aynı zamanda organizasyon kültürü, liderlik yaklaşımı ve stratejik yönetim anlayışı açısından da önemli bir ayrımı ifade etmektedir. Analitik yaklaşım, veri temelli kültürün oluşturulmasını, teknolojik yetkinliklerin geliştirilmesini ve kurum içi iş birliğinin artırılmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle analitik dönüşüm, yalnızca teknik bir süreç değil, aynı zamanda kurumsal

bir dönüşüm projesidir. Dünya örnekleri incelendiğinde, veri odaklı spor organizasyonlarının hem performans hem de finansal açıdan daha sürdürülebilir ve rekabetçi bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, spor endüstrisinin hızla büyümesi, teknolojik ilerlemeler, dijitalleşme ve artan rekabet, spor yönetiminde geleneksel karar alma yaklaşımlarının yetersiz kalmasına ve analitik karar alma süreçlerinin zorunlu hâle gelmesine neden olmuştur. Bu çalışma, analitik karar alma süreçlerinin spor yönetimine nasıl entegre olduğunu, geleneksel yöntemlerden hangi açılardan ayrıldığını ve modern spor organizasyonlarının neden analitiğe yöneldiğini akademik bir çerçeve içinde incelemeyi amaçlamaktadır. Analitik karar alma yaklaşımının spor yönetimine getirdiği stratejik avantajların anlaşılması, hem yöneticiler hem de araştırmacılar için önemli bir teorik ve pratik katkı sağlayacaktır (Yıldız, 2023).

## **2. Spor Yönetiminde Analitik Karar Alma Kavramı**

Karar Alma Türleri, stratejik, taktiksel ve operasyonel olarak sınıflandırılabilir. Spor yönetimi bağlamında karar alma, örgütün hedeflerine ulaşmasını sağlayacak seçeneklerin belirlenmesi ve uygulanması sürecidir. Bu sürecin etkinliği, spor örgütlerinin rekabet gücü ve sürdürülebilirliği üzerinde belirleyici rol oynar (Slack ve Parent, 2019).

Stratejik kararlar, uzun vadeli, yüksek belirsizlik içeren ve tüm organizasyonu etkileyen kararlardır. Bu kararlar genellikle üst yönetim tarafından alınır ve kulübün genel yönünü belirler. Yeni bir tesis yatırımı, küresel marka konumlandırması veya akademi yapılanmasının değiştirilmesi gibi kararlar bu kategoriye girer (Hoye ve ark., 2021).

Taktiksel kararlar, stratejik kararların uygulanmasına yönelik orta vadeli kararlardır. Bu kararlar birim yöneticileri tarafından alınır ve daha esnek bir yapıya sahiptir. Örneğin, altyapı bütçesinin nasıl dağıtılacağı, sponsorluk

aktivasyonlarının nasıl optimize edileceği veya transfer dönemi stratejisinin nasıl yürütüleceği taktiksel kararlardır (Shilbury ve Ferkins, 2020).

Operasyonel kararlar kısa vadeli ve günlük işleyişe ilişkin rutin kararlardır. Maç günü personel planlaması, antrenman sahası kullanım çizelgesi, sosyal medya içerik zamanlaması gibi konular operasyonel kararlara örnek gösterilebilir. Bu kararlar hız ve uygulama doğruluğu gerektirir (Cuskelly ve ark., 2022).

### *Analitik Karar Alma*

Analitik karar alma, kararların sezgisel yöntemlere değil; veriye, istatistiksel modellere ve objektif ölçümlere dayanarak alınmasını ifade eder. Davenport ve Harris (2007)'in ortaya koyduğu “analytics” yaklaşımına göre analitik karar alma; betimleyici (descriptive), kestirimsel (predictive) ve yönlendirici (prescriptive) analiz basamaklarından oluşmaktadır. Analitik karar alma süreci şu bileşenleri içerir:

-Veri toplama: İç kaynaklardan (performans raporları, finansal veriler) ve dış kaynaklardan (rakip performansları, taraftar davranış verileri).

-Veri temizleme ve işleme: Hatalı ve eksik verilerin ayıklanması.

-Model geliştirme: Regresyon, makine öğrenmesi, optimizasyon, karar ağacı vb. yöntemlerin uygulanması.

-Yorumlama ve raporlama: Görselleştirme araçlarının (Tableau, Power BI, R) kullanılması.

-Karar verme: Analiz sonuçlarının yönetsel sürece entegre edilmesi.

Analitik karar alma, spor yönetiminde hatayı azaltır, öngörülerini artırır ve örgütlerin rekabet avantajını elde etmesine katkı sağlar (Provost ve Fawcett, 2013).

## *Spor Yöneticisinin Karar Süreçlerinde Verinin Rolü*

Veri, günümüz spor yönetiminin temel unsurlarından biridir. Spor yöneticileri, veriyi yalnızca performans analizinde değil; finansal yönetim, taraftar ilişkileri yönetimi ve operasyonel planlamada da kullanmaktadır.

### *- Performans ve Teknik Yönetim*

Giyilebilir teknolojiler aracılığıyla oyuncuların hız, ivme, kat edilen mesafe, nabız ve yorgunluk düzeyi gibi verileri elde edilmektedir. Bu veriler, yüklenme planlamasında ve sakatlıkların önlenmesinde kritik rol oynar (Gastin ve Meyer, 2019).

### *- Finansal ve Stratejik Yönetim*

Kulüpler, gelir tahminleri, bilet satış analizleri, sponsorluk gelirleri ve taraftar harcama davranışlarını analiz ederek finansal sürdürülebilirlik modelleri oluşturur. Günümüzde mali fair play uygulamalarıyla finansal veriye dayalı yönetim daha da önemli hale gelmiştir (UEFA, 2023).

### *- Taraftar ve Pazarlama Yönetimi*

Taraftarların bilet satın alma alışkanlıkları, sosyal medya etkileşimleri, tüketim davranışları ve lokasyon verileri analiz edilerek segmentasyon yapılabilir. Bu analizler sayesinde pazarlama stratejileri daha hedefli ve etkili hâle gelir (Smith ve Stewart, 2020).

### *- Organizasyon ve Tesis Yönetimi*

Büyük organizasyonlarda kamera sistemleri, turnike verileri ve mobil uygulama kullanım verileri değerlendirilerek maç günü operasyonları daha güvenli ve verimli hâle getirilebilir. Ayrıca enerji tüketimi, tesis kullanım yoğunluğu ve bakım ihtiyaçları da veriyle yönetilir.

## ***Büyük Veri (Big Data) ve Spor***

Spor büyük verisi, geleneksel veritabanı yazılım araçlarının yeteneklerinin çok ötesinde, edinilebilen, depolanabilen, yönetilebilen ve analiz edilebilen büyük bir spor verisi koleksiyonu olarak tanımlanabilir (Bai ve Bai, 2021). Spor sektörü, büyük verinin en yoğun kullanıldığı endüstrilerden biridir. Büyük veri, üç V (İngilizce kelimelerin ilk harfleri) olarak adlandırılan şu özelliklerle karakterize edilir: (1) Hacim (Volume), (2) Çeşitlilik (Variety) ve (3) Hız (Velocity) (Noor ve ark., 2015; Xue-wen ve Xiaotong, 2014; Mayer-Schönberger ve Cukier, 2013). Hacim, verilerin büyüklüğünü, çeşitlilik, verilerin heterojenliğini ve hız, veri üretim hızını tanımlar (Noor ve ark., 2015). Bu özelliklere doğruluk (Veracity) ve değer (Value) olmak üzere iki özelliğin ilave edildiği literatürde yer almaktadır (Bai ve Bai, 2021).

### ***- Performans Analitiği ve Oyun Stratejisi***

Kamera ve sensör teknolojileri ile saniyede binlerce veri noktası toplanmaktadır. Futbolda “expected goals (xG)” gibi modeller, stratejik karar destek sistemlerine dönüşmüştür. Basketbolda “player tracking data”, oyuncu rotasyonları ve tempo analizlerinin yapılmasını sağlar (NBA, 2022).

### ***- Taraftar Analitiği ve Kişiselleştirilmiş Deneyim***

Büyük veri araçları, taraftarların dijital izlerini analiz ederek kişiselleştirilmiş pazarlama stratejileri oluşturmayı mümkün kılar. Böylece kulüpler hem gelirlerini artırabilir hem de taraftar bağlılığını güçlendirebilir.

### ***- Spor Ekonomisi ve Medya Analitiği***

Spor yayıncılığı, bahis pazarları ve sosyal medya etkileşimleri büyük veri analizinin merkezinde yer almaktadır. Bu sayede medya hakları değeri daha öngörülebilir şekilde hesaplanabilmektedir (Hutchins ve Rowe, 2021).

### 3. Spor Yönetiminde Kullanılan Analitik Modeller

Spor analitiği, uygulama ve araştırma çevrelerinde giderek artan bir ilgi görmektedir (Coyle ve ark., 2020). Son yıllarda spor analitiği alanındaki araştırmaların sıklığının sürekli arttığı gözlemlenmektedir. Yapılan çalışmalarda, taraftar kitlesi pazarlaması, tüketici duyguları, oyuncu teklifleri, spor sakatlıkları, oyuncu performansı, promosyonlar, maç teklifleri ve diğerleri gibi çeşitli pratik bağlamlarda veri analitiğinin uygulamaları kullanılmaktadır (Hopfensitz ve Mantilla, 2019).

Spor yönetimi, giderek daha fazla veri odaklı bir yapıya dönüşmektedir. Spor kulüpleri, federasyonlar, lig organizasyonları ve spor işletmeleri; rekabet avantajı elde etmek, performansı optimize etmek ve finansal sürdürülebilirliği sağlamak için analitik modelleri yoğun bir şekilde kullanmaktadır. Analitiğin temel üç yaklaşımı olan tanımlayıcı, öngörücü ve kuralcı analitik, spor yönetiminde sistematik karar verme kültürünün inşa edilmesinde kritik roller üstlenmektedir (Davenport, 2013; Provost ve Fawcett, 2013).

Bu modeller, yalnızca sahadaki performansı değil, aynı zamanda pazarlama, finans, operasyon yönetimi ve taraftar ilişkileri gibi geniş bir alanı kapsamaktadır. Özellikle Türkiye’de Süper Lig kulüplerinin performans analiz departmanları, biletleme şirketlerinin talep tahmini modelleri ve federasyonların sağlık-izleme programları bu analitik dönüşümün uygulama örnekleridir.

#### - Tanımlayıcı Analitik (Descriptive Analytics)

Tanımlayıcı analitik, geçmiş verilerin incelenerek mevcut durumun resmini ortaya koyan analizlerdir. Spor organizasyonları, büyük miktarda operasyonel veriyi anlamlandırarak stratejik yönetim için temel bilgiler üretir (Rosen & Smith, 2019). Bu aşama, analitik sürecin “ne oldu?” sorusuna yanıt verir.

- *Performans Raporları*

Takımlar haftalık veya sezonluk performans raporları oluşturarak teknik ekibe veri odaklı geri bildirim sağlar. Bu raporlar; pas başarı oranı, hızlı hücum sayı yüzdesi, savunma ribaundu verimliliği, oyuncuların koşu mesafeleri gibi geniş bir yelpazeyi kapsar (Mackenzie ve Cushion, 2012). Günümüzde optik takip sistemleri (TRACAB, Stats Perform) ve GPS cihazları ile saniyelik veri akışı sayesinde performansın mikroseviyede değerlendirilmesi mümkündür. Türkiye’de birçok futbol kulübü ve basketbol takımı, maç içi veri toplama sistemlerini kullanarak teknik direktörlere maç sonrası raporlar sunmaktadır.

- *Gelir-Gider Analizleri*

Kulüpler, finansal raporlama süreçlerinde tanımlayıcı analitiği yoğun biçimde kullanır. Gelir kaynaklarının yıllara göre değişimi, bilet satış gelirleri, sponsorluk getirileri ve yayın gelirleri düzenli olarak analiz edilir. NBA ve Premier League kulüpleri gibi örneklerde gelir kalemleri çok çeşitlidir; Türkiye’de ise kulüplerin finansal sürdürülebilirlik için özellikle bilet ve sponsorluk gelirlerine bağımlı olduğu görülmektedir. Gelir-gider analizleri, finansal fair play kriterlerinin takip edilmesinde de temel araçtır (Frick, 2021).

- *Taraftar Davranış Analizleri*

Spor, oyuncuları ve takımlarıyla güçlü, dolaylı bir özdeşleşme yaşayan ateşli, sadık ve tutkulu taraftarlarla karakterize edilmektedir (Smith ve Stewart, 2013). Spor takımı üyelerinin duygusal ifadeleri ve bunların takımın performansı ile ilişkisi, oyuncuların psikolojik zihniyeti hakkında sonuçlar çıkarmak için analiz edilebilir (Hopfensitz ve Mantilla, 2019). Etkili spor pazarlamasının merkezinde, taraftar davranışları ve tercihleri hakkında derinlemesine bir anlayış yer alır. Dijital pazarlama analitiği, spor organizasyonlarının taraftarların izleme alışkanlıkları, sosyal medya etkinlikleri ve satın alma alışkanlıkları hakkında çok yönlü veriler toplamasını sağlar. Spor organizasyonları, analitiğin

avantajlarından tam olarak yararlanmak için çevik kalmalı, veri odaklı stratejilere odaklanmalı ve etik standartlara uymalıdır (Mahmoud, 2024).

Futbolda taraftar etkileşimini artırmaya yönelik gelecekteki mobil uygulamaların kişisel bilgiler, taraftar etkileşim sistemleri, oyuncular ve takım taktik sistemleri hakkında belirli bilgiler ve etkileşimli oylama (yani, oyunun en iyi golü veya maçın adamı) içermesinin önemli olduğu düşünülmektedir (Martins ve ark., 2023).

Taraftarların davranışsal verileri, kulüplerin pazarlama stratejilerini belirlemesi için kritik öneme sahiptir. Taraftarların maçlara geliş sıklığı, mobil uygulama kullanım verileri, maç sırasında stat içi harcama verileri ve sosyal medya etkileşimleri gibi göstergeler kullanılarak segmentasyon yapılır (Funk, 2017). Örneğin birçok kulüp, dijital taraftar deneyimini artırmak için push bildirimleri ve kişiselleştirilmiş teklifler üretir. Galatasaray ve Fenerbahçe gibi büyük kulüpler, taraftar davranış analitiğine dayalı özel üyelik programları geliştirmektedir.

### *Öngörücü Analitik (Predictive Analytics)*

Öngörücü analitik, veri madenciliği, makine öğrenimi ve istatistiksel modelleme yöntemlerini kullanarak geleceğe yönelik tahminler üretir. Bu analiz türü, “ne olacak?” sorusuna yanıt verir ve planlama süreçlerinde çok değerlidir (Baio ve Blangiardo, 2010).

#### *• Bilet Satış Tahminleri*

Talep tahmini modelleri, maç günü gelirlerinin artırılmasında kritik önemdedir. Rakip takımın popülaritesi, hava durumu, maç günü ve saatinin etkisi, lig sıralaması ve önceki maçların doluluk oranı gibi değişkenler kullanılarak bilet satışları tahmin edilir (Shapiro & Drayer, 2012). Bunlar özellikle dinamik fiyatlandırma sistemlerinin temelini oluşturur. İspanya La Liga ve Amerikan

MLB liglerinde bu modeller oldukça yaygındır. Türkiye’de Passo uygulamaları üzerinden bazı kulüpler bu teknolojiyi kısmen kullanmaktadır.

- *Sporcu Performans Tahminleri*

Performans tahminleri, modern sporun en kritik analiz alanlarından biridir. Sporcuların antrenman yükleri, yaş, pozisyon ve maç yoğunluğu, önceki sezon istatistikleri ve psikolojik ve fizyolojik göstergeler kullanılarak oyuncunun gelecekteki performansı tahmin edilir (Sampaio ve ark., 2015). Bu tahminler, transfer kararları ve altyapı oyuncularının değerlendirilmesinde büyük önem taşır.

- *Sakatlık Riski Modellemesi*

Sakatlık modelleri, oyuncunun yüklenme geçmişi ve biyometrik verilerine göre risk durumunu tahmin eder. GPS hızlanma verileri, toplam koşu yükü, uykudindenlenme döngüleri ve kas dengesizlikleri gibi veriler kullanılır (Windt ve Gabbett, 2017). Bu modeller sayesinde teknik ekip sakatlık riskini minimize edecek antrenman planlaması yapabilir. Türkiye Futbol Federasyonu ve bazı Süper Lig kulüpleri, son yıllarda sakatlık modellemelerini uygulamaya başlamıştır.

- *Kuralcı Analitik (Prescriptive Analytics)*

Kuralcı analitik, yalnızca gelecekte ne olacağını değil, en iyi seçeneğin ne olması gerektiğini belirler. Bu aşamada optimizasyon algoritmaları, matematiksel modeller ve simülasyonlar kullanılır. Bu analiz türü, “ne yapmalıyız?” sorusuna yanıt verir ve stratejik karar vermede en ileri düzeyi temsil eder (Bertsimas ve Kallus, 2020).

- *Optimal Kadro Planlama*

Takımların sezon boyunca maksimum performans sağlayacak kadro yapısını belirlemek için optimizasyon modelleri kullanılır. Maaş bütçesi, oyuncu performans değerleri, pozisyon ihtiyaçları, yaş ve rotasyon planı ve transfer

maliyetleri gibi değişkenler bir araya getirilerek en uygun kadro kombinasyonu hesaplanır. Avrupa’da birçok kulüp veri bilimi departmanları kurmuştur; Brentford FC, Midtjylland ve bazı NBA takımları bunun en bilinen örnekleridir.

- *Sponsorluk Stratejileri*

Sponsorluk yatırımlarının geri dönüşünü artırmak için analitik modeller kullanılır. Hedef kitle uyumu, sosyal medya etkileşim oranları, marka görünürlüğü ve pazar segmentasyonu gibi değişkenler değerlendirilerek hangi sponsorun daha yüksek getiriye sağlayacağı tahmin edilir (Cornwell, 2020). Kulüpler, sponsorluk portföylerini kuralcı analitik yardımıyla optimize ederek daha dengeli gelir akışları oluşturabilir.

- *Kulüp Bütçe ve Kaynak Optimizasyonu*

Finansal kaynakların en verimli şekilde dağıtılması için matematiksel modeller kullanılır. Tesis yatırımları, altyapı geliştirme, transfer harcamaları, pazarlama bütçesi ve sağlık ve performans bilimi yatırımları gibi alanlarda en yüksek getiriye sağlayacak bütçe dağılımı belirlenir. Bu model, özellikle bütçesi sınırlı olan kulüpler için sürdürülebilir bir finansal yapı kurulmasına yardımcı olur (Provost ve Fawcett, 2013).

#### **4. Veri Kaynakları ve Veri Yönetimi**

Spor yönetiminde veri, kulüplerin hem saha içi performans hem de saha dışı yönetim stratejilerini optimize etmesinde kritik bir rol oynar. Veri kaynakları, analitik karar alma süreçlerinin temelini oluştururken, verinin yönetimi, güvenliği ve etik kullanımı bu süreçlerin sürdürülebilirliği açısından önemlidir.

##### *Spor Kulüplerinde Veri Kaynakları*

Spor kulüpleri, farklı alanlarda veri toplamakta ve bu verileri hem operasyonel hem de stratejik kararlar için kullanmaktadır. Veri kaynakları genel olarak dört ana grupta toplanabilir:

### *Performans İzleme Teknolojileri (GPS, Wearables)*

Modern spor kulüpleri, oyuncuların fiziksel performansını objektif olarak ölçmek ve optimize etmek için GPS cihazları, kalp atış hızı monitörleri, ivmeölçerler ve diğer giyilebilir teknolojiler kullanır. Bu veriler; hız, koşu mesafesi, ivmelenme, enerji harcaması ve toparlanma süresi gibi parametreleri içerir. Örneğin Premier League takımları, oyuncuların haftalık yüklerini izleyerek aşırı yüklenmeyi önler ve sakatlık riskini azaltır. Araştırmalar, bu teknolojilerin antrenman yükünü yönetmede ve maç performansını artırmada etkili olduğunu göstermektedir (Hopkins, 2020).

### *Taraftar Etkileşim Platformları*

Kulüpler, taraftar bağlılığını artırmak ve gelirlerini maksimize etmek için dijital platformlardan veri toplar. Bu platformlar; mobil uygulamalar, resmi web siteleri, biletleme sistemleri ve taraftar kulüpleri gibi kanalları içerir. Toplanan veriler sayesinde kulüpler:

-Taraftar segmentlerini analiz edebilir,

-Kişiselleştirilmiş pazarlama stratejileri geliştirebilir,

-Etkinlik ve promosyon planlamasını optimize edebilir (Pope ve Turco, 2021).

### *Finansal Raporlar*

Kulüplerin ekonomik sürdürülebilirliği, finansal verilerin doğru yönetimine bağlıdır. Gelir-gider tabloları, sponsorluk anlaşmaları, transfer harcamaları ve ticari faaliyetler gibi veriler, hem operasyonel hem de stratejik planlamalar için kritik öneme sahiptir. Finansal veri analizi, kulüplerin borç yönetimi, yatırım kararları ve uzun vadeli büyüme stratejilerini şekillendirir (Smith ve Stewart, 2015).

### *Sosyal Medya Analitiği*

Dinamik ve sürekli gelişen bir spor ortamında, sosyal medya, spor organizasyonlarının taraftarlarla anlamlı bağlantılar kurması için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Teknolojik gelişmelerin hızlı temposu, bu dijital platformları stratejik yönetim çerçevelerinde tamamlayıcı bir rolden önemli bir konuma yükseltmiştir (Romero-Jara ve ark., 2024). Sosyal medya ve spor etkileşimi, spor kuruluşlarının bu platformlar aracılığıyla güçlü tüketici ilişkileri geliştirip sürdürmesiyle karşılıklı olarak faydalı bir ilişkiye dönüşmüştür (Pegoraro ve ark., 2017). Sosyal medya platformları, kulüplerin marka değerini, taraftar kitlesini ve global görünürlüğünü ölçmek için önemli bir veri kaynağıdır. Paylaşılan içeriklerin etkileşim oranları, yorumlar, beğeniler ve takipçi sayısı, pazarlama ve iletişim stratejilerinin geliştirilmesinde kullanılır. Ayrıca, kriz yönetimi ve taraftar memnuniyeti ölçümlerinde de kritik rol oynar (Hambrick ve ark. 2019).

### *Ek Veri Kaynakları*

Video analiz sistemlerinden (Hawk-Eye, Sportscube) istifade edilerek maç ve antrenman verileri oyun stratejileri ve rakip analizleri için kullanılabilir. Oyuncuların sakatlık geçmişi, fiziksel testler ve beslenme takipleri performans yönetiminde önemli bir veri kaynağıdır. Sponsorluk etkinliği, merchandising satışları ve lisans anlaşmaları kulübün gelir optimizasyonunda kullanılır. Veri toplamının ötesinde, verinin kalitesi ve güvenilirliği spor yönetiminde kritik bir unsur olarak öne çıkar. Veri kalitesi yönetimi şu unsurları kapsar:

-Doğruluk: Verinin gerçek dünya ile uyumlu olması, hatasız ve güvenilir olması.

-Tutarlılık: Farklı kaynaklardan gelen verilerin birbirleriyle uyumlu olması.

-Eksiksizlik: Veri setlerinde boş veya eksik alan bulunmaması.

-Güncellik: Verilerin zamanında ve düzenli olarak güncellenmesi.

Oyuncu performans verilerinin sürekli olarak doğrulanması ve standartlaştırılması, antrenörlerin doğru kararlar almasını sağlar. Veri temizleme ve validasyon süreçleri, yanlış kararların önüne geçer (Redman, 2016).

#### *Veri Güvenliği ve Etik Sorunlar*

Spor kulüplerinde veri güvenliği hem yasal yükümlülükler hem de güvenilirlik açısından büyük önem taşır. Özellikle oyuncu sağlık verileri, finansal bilgiler ve taraftar kişisel bilgileri, siber saldırılara karşı korunmalıdır. Güvenlik önlemleri kapsamında, veri şifreleme, erişim kontrolleri, düzenli yedekleme ve güvenlik protokolleri sayılabilir. Etik kullanım kapsamında, verinin izinli ve sorumlu şekilde kullanılması, izinsiz paylaşım ve manipülasyon risklerinin azaltılması sağlanmalıdır. GDPR (Avrupa Genel Veri Koruma Yönetmeliği) ve KVKK (Türkiye Kişisel Verilerin Korunması Kanunu), veri yönetimi süreçlerinde uyulması gereken standartları belirler (Floridi, 2018). Bir futbol kulübü, oyuncuların sağlık ve sakatlık verilerini sadece ilgili sağlık personeli ve antrenörlerle paylaşarak etik ve yasal gereklilikleri yerine getirir.

**Tablo 1. Spor Kulüplerinde Veri Kaynakları**

| Veri Kaynağı                    | Kullanım Alanı                           | Örnek Araç / Platform            | Önemli Noktalar                         |
|---------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|
| GPS ve Wearables                | Oyuncu performansı, antrenman planlaması | Catapult, Polar                  | Sakatlık önleme, yük yönetimi           |
| Taraftar Etkileşim Platformları | CRM, biletleme, etkinlik yönetimi        | Kulüp uygulamaları, web siteleri | Segmentasyon, promosyon planlaması      |
| Finansal Raporlar               | Stratejik planlama, sponsorluk yönetimi  | SAP, QuickBooks                  | Gelir-gider analizi, yatırım kararları  |
| Sosyal Medya Analitiği          | Pazarlama, marka yönetimi                | Twitter Analytics, Hootsuite     | Marka değeri ölçümü, kriz yönetimi      |
| Video Analiz ve Sağlık Verileri | Taktik analizi, oyuncu sağlığı           | Sportscodel, Hawk-Eye            | Maç ve antrenman verisi, rehabilitasyon |

### 5. Spor Kurumlarında Analitik Karar Alma Süreci

Analitik karar alma, spor kurumlarının veriye dayalı stratejik, taktiksel ve operasyonel kararlar almasını sağlayan sistematik bir süreçtir. Bu süreç, kulüp yöneticilerinin hem saha içi hem de saha dışı faaliyetlerde daha etkin karar vermesine yardımcı olur. Analitik karar alma süreci adımları şunlardır (Davenport & Harris, 2007);

#### *Problemin Tanımlanması*

Analitik sürecin ilk adımı, çözülmesi gereken sorunun net bir şekilde tanımlanmasıdır. Hedefler ve başarı kriterleri belirlenmeden yapılacak veri analizi, yanlış veya eksik sonuçlara yol açabilir. Örnek: Türkiye’de bir Süper Lig kulübü, taraftar katılımını artırmak istiyor. Öncelikle “hangi maçlarda, hangi taraftar gruplarında katılım düşüyor?” sorusu netleştirilmelidir (Şimşek, 2020).

## *Veri Toplama*

Doğru karar almak için güvenilir ve kapsamlı veri toplamak şarttır. Spor kurumlarında veri kaynakları çeşitlidir:

- Performans verileri: GPS cihazları, kalp atış hızı monitörleri, oyuncu istatistikleri.
- Taraftar etkileşimi: Sosyal medya analizleri, mobil uygulama kullanım verileri, bilet satış verileri.
- Finansal veriler: Gelir-gider tabloları, sponsorluk anlaşmaları.
- Türkiye’den örnek: Fenerbahçe Spor Kulübü, taraftar davranışlarını anlamak için mobil uygulama kullanım verilerini analiz etmektedir (Kara, 2021).

## *Veri Temizleme ve Hazırlama*

Toplanan veriler çoğu zaman hatalı, eksik veya farklı formatlarda olabilir. Bu nedenle, eksik veriler doldurulur veya veri setlerinden çıkarılır ve hatalı veriler düzeltilir. Veriler analiz için uygun formata dönüştürülür. Bu aşama, analitik modellerin doğruluğunu doğrudan etkiler (Provost ve Fawcett, 2013).

## *Veri Analizi*

Veri analizi, verilerdeki trendleri, ilişkileri ve olası sorun alanlarını ortaya çıkarır. Tanımlayıcı ve keşifsel veri analizi yapılmaktadır. Tanımlayıcı analizde mevcut durum özetlenir (ör. oyuncu performans ortalamaları). Keşifsel veri analizinde ise anomaliler ve korelasyonlar belirlenir (Demir, 2019)

## *Modelleme ve Değerlendirme*

Analiz sonuçları üzerine tahmin ve optimizasyon modelleri geliştirilir. Tahmin modellerine, oyuncu sakatlık riskleri ve bilet satış tahminleri, optimizasyon modellerine kadro seçimi ve antrenman planlaması, simülasyon modellerine maç

senaryolarının test edilmesi örnek olarak verilebilir. Bu modellerin güvenilirliği, istatistiksel testler ve geçmiş veri ile doğrulanır (Shmueli ve ark., 2019).

### *Kararın Uygulanması*

Analiz ve modelleme sonuçlarına dayanarak kararlar alınır ve uygulanır. Örneğin, performans verileri doğrultusunda oyuncuların antrenman yoğunluğu yeniden düzenlenebilir. Taraftar verileri ile pazarlama kampanyaları kişiselleştirilebilir (Kara, 2021).

### *Sonuçların İzlenmesi*

Kararın uygulanmasının ardından etkileri izlenir ve geri bildirim alınır. Başarı kriterlerine göre kararın etkisi ölçülür. Gerekirse düzeltici önlemler alınır. Bu döngü, sürekli iyileştirme ve öğrenme sürecini sağlar (Davenport ve Harris, 2007a).

## ***Spor Endüstrisinden Uygulama Örnekleri***

Spor endüstrisi, analitik ve veri odaklı yönetim uygulamaları sayesinde hem sportif başarıyı artırmak hem de işletme verimliliğini geliştirmek için yeni yöntemler geliştirmektedir (Anderson ve Sally, 2013; Baca, 2015). Bu bölümde, profesyonel takım yönetimi, spor etkinlikleri yönetimi ve pazarlama-taraftar ilişkileri yönetimi alanlarındaki uygulama örnekleri ele alınmaktadır.

## ***Spor Kurumlarında Yönetim***

### *Profesyonel Takım Yönetimi*

Profesyonel spor kulüplerinde takım yönetimi sadece saha içi başarıyı değil, uzun vadeli stratejik planlamayı da içerir (Mommert ve ark., 2019). Kulüpler, oyuncu seçiminde performans istatistikleri, sakatlık geçmişi ve yaş gibi faktörleri analiz ederek (Kadro mühendisliği) optimal kadroyu oluşturur (Anderson ve Sally, 2013). Performans veri analitiği, GPS cihazları, kalp ritmi monitörleri ve hareket sensörleri gibi teknolojilerle toplanan veriler, oyuncuların kondisyon seviyeleri,

hız, mesafe ve yoğunluk bilgilerini içerir (Baca, 2015). Maç içi strateji öneri sistemleri, yapay zekâ ve veri analitiği, rakip takımın oyun tarzını analiz ederek anlık taktik öneriler sunar (Memmert ve ark., 2019).

#### *Spor Etkinliği Yönetimi*

Büyük spor organizasyonları, etkinlik öncesi, sırası ve sonrasında veri odaklı yönetimle daha etkin bir süreç yönetimi sağlar (Parent ve Smith-Swan, 2013). Bilet satış geçmişi, sosyal medya etkileşimleri ve demografik bilgiler kullanılarak etkinliğe katılacak seyirci sayısı tahmin edilir (Huang ve Shapiro, 2017). Etkinliklerde, kalabalık yoğunluğu ve riskli bölgeler sensörler ve izleme sistemleri ile takip edilir (Fischl ve ark., 2020). Operasyonel sürecin optimizasyonu, ulaşım, yiyecek-içecek hizmetleri ve lojistik süreçleri, veri analizi ile planlanarak etkinlik içi aksaklıklar minimize edilir (Parent ve Smith-Swan, 2013).

#### *Pazarlama ve Taraftar İlişkileri Yönetimi*

Spor kulüpleri, gelirlerini artırmak ve taraftar bağlılığını güçlendirmek için analitik pazarlama stratejileri uygular (Bee ve Kahle, 2006; Parganas ve ark., 2015). Taraftarlar, demografik bilgiler, satın alma alışkanlıkları ve sosyal medya etkileşimleri analiz edilerek gruplandırılır (Bee ve Kahle, 2006). Kişiselleştirilmiş pazarlama teknikleri kapsamında, e-posta, mobil uygulamalar ve sosyal medya üzerinden, taraftarlara özel içerikler ve promosyonlar sunulur (Parganas ve ark., 2015). Sponsorluk anlaşmalarının geri dönüşleri veri analizi ile ölçülür (Sponsorluk ROI analitiği) (Bühler ve Nufer, 2010).

#### *Gelişen Trendler ve Gelecek Uygulamalar*

Günümüzde spor endüstrisi, yapay zekâ, büyük veri ve nesnelerin interneti (IoT) teknolojilerini daha fazla kullanmaktadır (Memmert ve ark., 2019; Parganas ve ark., 2015). Oyuncu performansını, maç sonuçlarını ve taraftar davranışlarını tahmin etmek için yapay zekâ tabanlı modeller kullanılmaktadır. Uygulamaları:

Taraftar deneyimini artırmak için sanal ve artırılmış gerçeklik (VR/AR) teknolojileri ile interaktif stadyum deneyimleri sunulmaktadır. Takım, etkinlik ve pazarlama verilerini bir araya getiren platformlar (Bütünleşik veri platformları) stratejik karar alma süreçlerini hızlandırmaktadır.

#### *7. Analitik Olgunluk Modeli ve Spor Kurumları*

Spor kurumlarında analitik olgunluk, veri toplama, analiz ve bu analizleri karar alma süreçlerine entegre etme kapasitesinin seviyesini ifade eder (Davenport & Harris, 2007; Shapiro ve ark., 2016). Analitik olgunluk, kulüplerin saha içi performansı artırmakla kalmayıp, taraftar ilişkileri, pazarlama stratejileri ve operasyonel yönetim gibi alanlarda da rekabet avantajı elde etmelerini sağlar (Provost ve Fawcett, 2013; Coyle ve ark., 2020).

#### *Analitik Olgunluk Seviyeleri*

Analitik olgunluk, genellikle üç temel seviyede değerlendirilir: Başlangıç, Gelişen ve İleri. Her seviye kulüplerin kullandığı araçları, analitik yetkinliklerini ve stratejik karar alma kapasitelerini farklılaştırır (Marr, 2016).

#### *Başlangıç Seviyesi (Descriptive / Tanımlayıcı Analitik)*

- Veri toplama sınırlıdır ve çoğunlukla manuel veya temel dijital araçlarla yapılır.
- Kararlar sezgilere ve geçmiş performans verilerine dayalıdır.
- Örnek araçlar: Excel, Google Sheets, temel raporlama yazılımları.
- Örnek uygulamalar: Maç sonuçlarının ve oyuncu istatistiklerinin raporlanması, kulüp bütçesinin izlenmesi.

### *Gelişen Seviyeye Geçiş (Diagnostic / Tanılayıcı ve Predictive / Tahmine Dayalı Analitik)*

- Veri toplama kapasitesi artmıştır; sensörler, GPS cihazları, sosyal medya ve CRM sistemlerinden veri alınır.
- Tahmine dayalı analizler ve trend değerlendirmeleri yapılabilir.
- Örnek araçlar: Power BI, Tableau, Opta, Catapult.
- Örnek uygulamalar: Oyuncu performans trend analizi, rakip takım karşılaştırmaları, bilet satış tahminleri.

### *İleri Seviye (Prescriptive / Öneri ve Yapay Zekâ Tabanlı Analitik)*

- Veri entegrasyonu kapsamlıdır; saha içi performans, taraftar verileri, finansal bilgiler ve pazarlama verileri tek bir platformda toplanır.
- Yapay zekâ ve makine öğrenimi algoritmalarıyla karar destek sistemleri çalışır.
- Örnek araçlar: AI tabanlı analiz yazılımları, simülasyon ve optimizasyon modelleri, bütünleşik veri platformları.
- Örnek uygulamalar: Maç içi strateji öneri sistemleri, sponsorluk ROI optimizasyonu, taraftar davranış tahmini, kişiselleştirilmiş pazarlama kampanyaları. (Parent ve Smith-Swan, 2013).

### *Kulüplerin Analitik Araç Kullanımı*

**Tablo 2.** Kulüplerin Kullanabileceği Analitik Araçlar

| Analitik Seviye | Kullanılabilir Araçlar / Sistemler                       | Örnek Uygulamalar                                  |
|-----------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Başlangıç       | Excel, Google Sheets, temel raporlama yazılımları        | Maç istatistikleri, finansal tablolar              |
| Gelişen         | Power BI, Tableau, veri görselleştirme, tahmin modelleri | Oyuncu performans analizi, seyirci talep tahmini   |
| İleri           | Yapay zekâ, makine öğrenimi, optimizasyon ve simülasyon  | Maç içi strateji önerileri, sponsorluk ROI analizi |

### *Stratejik Önemi*

Analitik olgunluğu yüksek kulüpler, saha içi performans, taraftar bağlılığı, pazarlama ve operasyonel süreçlerde daha hızlı ve doğru kararlar alabilir. Bu, sportif başarı, ekonomik sürdürülebilirlik ve rekabetçi üstünlük sağlar (Davenport ve Harris, 2007; Provost ve Fawcett, 2013; Shapiro ve ark., 2016; Coyle ve ark., 2020; Marr, 2016).

## **8. Analitik Kapasite Geliştirme**

Spor kurumlarında analitik kapasite geliştirme, sadece teknolojik yatırımlardan değil; insan kaynağı, kurumsal kültür, eğitim süreçleri ve altyapısal dönüşümden oluşan bütünsel bir yapıyı gerektirir. Analitiğin etkin kullanımı, veri temelli karar alma süreçlerinin kurumsallaşmasını sağlar ve kulüplerin rekabet gücünü artırır (Davenport ve Harris, 2007; Coyle ve ark., 2020).

### *-İnsan Kaynağı, Uzman Roller ve Yetkinlikler*

Analitik kapasitenin temelini, doğru uzmanlıklara sahip profesyoneller oluşturur. Modern spor kulüplerinin artık yalnızca teknik direktör, kondisyoner, scout gibi

geleneksel rollerle değil; veri analizi odaklı uzmanlarla da desteklenmesi gerekir.

Başlıca Pozisyonlar;

Data Analist: Performans verilerini, maç içi istatistikleri ve taraftar davranış verilerini analiz eder. Raporlama ve görselleştirme yapar (Tableau, Power BI).

Performans Analisti: GPS verileri, hareket analizleri, oyuncu yüklenme ölçümleri gibi sahaya özgü verileri analiz eder. Teknik ekibe maç içi ve maç sonrası taktik raporlar sunar.

Veri Mühendisi / Veri Yönetişim Uzmanı: Veri altyapısı, veri ambarı ve veri entegrasyon sistemlerini kurar. Veri güvenliği ve veri kalitesinden sorumludur.

Sport Scientist (Spor Bilimcisi): Fizyolojik ve biomekanik verileri analiz ederek performans optimizasyonu sağlar.

AI & ML Uzmanı (ileri seviye kulüplerde): Tahmine dayalı modeller, sakatlık riski algoritmaları, taraftar davranış tahmini modelleri geliştirir. Spor endüstrisinde, multidisipliner ekiplerin başarısı özellikle vurgulanmakta; veri analistleri, antrenörler ve yöneticilerin birlikte çalışması kritik kabul edilmektedir (Mommert ve ark., 2019).

#### *-Teknoloji Altyapısının Geliştirilmesi*

Analitik kapasite güçlü bir teknoloji ekosistemine dayanır. Bu ekosistem hem veri toplama araçlarını hem de veri işleme-dönüştürme platformlarını kapsar.

Temel Teknoloji Katmanları:

- Veri Toplama Teknolojileri
- GPS ve hız/ivme sensörleri (Catapult, STATSports)
- Kamera tabanlı izleme sistemleri (TRACAB, Sportscube)
- Taraftar etkileşim platformları, biletleme sistemleri

- Mobil uygulamalar ve sosyal medya verisi

Veri Ambarı ve Depolama Sistemleri:

- Bulut tabanlı veri depoları (AWS, Azure, Google Cloud)
- Kulüp içi veri ambarları
- Analitik ve Görselleştirme Araçları
- Power BI, Tableau, Python, R
- Opta, Wyscout, InStat gibi futbol analizi platformları
- İleri Seviye Analitik Sistemleri
- Makine öğrenimi modelleri
- Sakatlık tahmin yazılımları
- Optimizasyon ve simülasyon araçları

Teknoloji altyapısı yalnızca donanım değil, aynı zamanda veri güvenliği, entegrasyon ve standardizasyon konularını da içermektedir (Provost ve Fawcett, 2013).

#### *-Eğitim Programları ve Kurumsal Öğrenme*

Analitik kapasitenin sürdürülebilirliği, çalışanların analitiği doğru şekilde anlaması ve kullanmasıyla mümkündür.

Eğitim İçerikleri:

- Temel veri okuryazarlığı
- Analitik raporlama ve görselleştirme
- Spor performans verilerinin analizi
- Yapay zekâ temelli karar destek modelleri
- Veri güvenliği ve etik

Profesyonel kulüpler, antrenörlerden yöneticilere kadar tüm çalışanlar için “analitik farkındalık” eğitimleri düzenlemektedir. Avrupa’nın birçok kulübünde analitik eğitim modülleri teknik heyet eğitimlerinin parçası hâline gelmiştir (Shapiro ve ark., 2016).

#### *- Kurumsal Kültürün Dönüşümü*

Analitik kapasitenin en kritik ve en zor kısmı, kültürel dönüşümdür. Teknoloji ve uzmanlık tek başına yeterli değildir; kurumun analitiği benimsemesi gerekir. Kültürel Dönüşümün Unsurları;

- Veri temelli karar alma süreçlerinin standart hâle getirilmesi
- Yönetimin analitiği stratejik bir yatırım olarak görmesi
- Teknik ekibin analitik ekiplerle düzenli iletişim kurması
- Performans ölçümünün objektif verilere dayanması
- “Sezgi + veri” modelinin benimsenmesi
- Analitik başarının ödüllendirilmesi

Yapılan çalışmalar, analitik başarıların %70’inin teknolojiyle değil, kültür ve yönetim desteğiyle ilişkili olduğunu göstermektedir (Davenport ve Harris, 2007; Marr, 2016).

### **9. Mobil Verilerle Takım Dinamiklerini Anlama**

Mobil sensörler ve takip teknolojileri takımın sahadaki davranışlarını sayısallaştırır.

- Oyuncular arası mesafe ve formasyon analizi: Maç veya antrenman boyunca oyuncuların birbirleriyle olan ortalama ve anlık mesafeleri ölçülür. Bu verilerden savunma hattının uyumu, pres etkinliği, bloklar arası mesafeler ve boş alan oluşturma/engelleme davranışları çıkarılır.

- Pas ağıları (network analysis): GPS ve top hareketi verileri kullanılarak takımın pas ağı çıkartılır. Böylece takımın, oyun kurucu merkezleri, tek yönlü veya aşırı yüklenen kanatlar ve bağlantı kopukluğu olan oyuncular tespit edilir.

- Tempo ve senkronizasyon ölçümü: Sprint sayıları, hız değişimleri ve eşzamanlı koşular analiz edilerek takımın ne zaman organize ne zaman dağılık olduğu belirlenebilir (Scott ve ark., 2016).

### *Oyuncu Değerlendirmesi*

Mobil veriler oyuncunun fiziksel, taktiksel ve davranışsal performansını objektif olarak ölçer.

- Fiziksel performans: Toplam kat edilen mesafe, sprint sayısı ve yoğunluğu, yüksek tempolu koşu süreleri, ivmelenme ve yavaşlama sayıları, kalp atış hızı zonları oyuncunun kondisyon seviyesi, sakatlık riski ve yük yönetimi için kullanılır.

- Konumsal ve taktiksel başarı: Oyuncunun sahada kapladığı bölge (heatmap), hücum/defans geçiş hızları, doğru pozisyon alma oranı (koşun tanımladığı rol ile karşılaştırmalı).

- Bilişsel ve karar verme kalitesi (dolaylı ölçüm): Mobil veriler doğrudan karar kalitesini ölçmez, ancak baskı altındaki hız değişimleri topu almaya yönelik koşular, boş alan kullanımı gibi göstergeler oyuncunun oyunu okuma kalitesi hakkında veri sağlar.

### *Maç Stratejilerinin Geliştirilmesi*

Mobil veri analizleri, rakibe ve oyunun akışına göre strateji üretmeyi kolaylaştırır.

- Rakip analizine dayalı strateji oluşturma: Rakibin sprint yoğunluğu alanlarına göre pres tetik bölgeleri belirleme, rakip defans hattının uyum açığını

ölçerek derin koşu fırsatları çıkarma, rakibin pas ağına göre baskı merkezleri oluşturma

- Oyun planı simülasyonları: Geçmiş GPS ve hız verilerine dayalı olarak; “Bu oyuncuya daha fazla yük verirse ne olur?” “Daha yüksek tempolu pres için kim fiziksel olarak uygun?” “Beklerin ileri çıkma yoğunluğunun risk/ödülü nedir?” gibi sorular simüle edilebilir (Cummins ve ark.,2013).

- Maç içi uyarılama (real-time coaching): Gerçek zamanlı veriyle, oyuncu yorgunlukları izlenir, formasyonun bozulduğu anlar tespit edilir. Rakibin tempodaki değişimlerine karşı anında taktik güncellemesi yapılır (Malone ve ark.,2017).

- Uygulamada Kullanılan Teknolojiler: GPS yelekleri (Catapult, STATSports vb.), LIDAR tabanlı izleme, Video + AI eşleştirme sistemleri (Pixellot, Tracab), Mobil uygulamalar (yüksek doğruluklu ivmeölçer/gyroscope), Wearable sensörler (HRV ölçen göğüs bantları) (Akenhead ve Nassis, 2016).

## Sonuç

Analitik karar alma süreçleri, yöneticilere daha doğru, hızlı ve isabetli kararlar verme imkânı sunmaktadır. Geleneksel sezgi temelli karar alma biçimlerinin eksik kaldığı noktalarda, veri temelli modeller belirsizliği azaltarak daha öngörülebilir bir yönetim anlayışı oluşturmaktadır. Özellikle yüksek rekabet içeren profesyonel spor ortamlarında, performans analitiği, sakatlık risk tahmini ve maç içi taktik veri kullanımı önemli avantajlar yaratmaktadır (Wright ve ark., 2020).

GPS verileri ve yüklenme ölçümleri, antrenman planlarının bireyselleştirilmesinde oldukça etkili bir araç hâline gelmiştir. Bu da kulüplerin hem performans hem de oyuncu sağlığı açısından daha verimli bir yönetim modeli oluşturmalarını sağlar (Baca, 2015). Aynı şekilde taraftar verilerinin

analizi, kulüplerin pazarlama stratejilerini iyileştirmesine ve gelir artırıcı faaliyetler geliştirmesine yardımcı olur (Coyle ve ark., 2020).

Veri temelli yönetim anlayışı, kısa vadeli başarıların ötesine geçerek uzun vadeli ve sürdürülebilir gelişim için gerekli bir temeli oluşturur. Sürdürülebilir başarı; oyuncu gelişiminin optimize edilmesi, taraftar bağlılığının artırılması, finansal istikrarın sağlanması ve kurumsal öğrenmenin güçlendirilmesi gibi birçok alanda analitik uygulamaların etkinliğiyle ilişkilidir (Marr, 2016).

Bu bağlamda kulüplerin, analitik olgunluk düzeylerini artırmaları, ileri analitik modelleri operasyonel süreçlerine entegre etmeleri, veri güvenliği ve etik ilkeleri kurum kültürüne yerleştirmeleri ve teknoloji altyapılarını güçlendirmeleri gerekmektedir (Kitchin, 2014; Shapiro ve ark., 2016). Özellikle yapay zekâ ve makine öğrenimi uygulamaları, gelecekte spor yönetiminde standart araçlar hâline gelerek hem teknik ekiplerin hem de yöneticilerin karar süreçlerini destekleyecektir. Bu kapsamda, karar araçlarının gelişmiş analitik kapasitelere, rekabetçi yanıt sürelerine ve yeniden tasarlanmış vizyon planlamasına yol açtığı, ancak aynı zamanda gelişmiş otomasyon teknikleri konusunda şeffaflık ve güven sorunları yarattığı söylenebilir. Yapay zekânın kilit karar vericiler ve liderler tarafından üst düzey kurumsal strateji tasarımı ve uygulamasının güçlendirilmesi ve genişletilmesinde kullanılabileceği söylenebilir (Narne ve ark., 2024).

## Yöneticiler İçin Öneriler

Spor yöneticilerinin rekabet avantajı elde edebilmesi için analitik kapasiteyi stratejik bir yatırım olarak değerlendirmesi gerekmektedir. Bu kapsamda öneriler şu şekildedir:

Veri temelli karar kültürü geliştirilmelidir. Üst yönetimin desteği olmadan analitik dönüşümün başarıya ulaşması mümkün değildir (Davenport, 2014).

Analitik uzmanlardan oluşan bir ekip kurulmalıdır. Veri analisti, performans analisti, veri mühendisi ve spor bilimcilerinden oluşan multidisipliner yapılar dönüşümün merkezindedir (Memmert ve ark., 2019).

Teknoloji altyapısının güncellenmesi kapsamında, bulut veri depoları, performans takip sistemleri, ileri analitik araçlar ve gerçek zamanlı veri işleme platformları modern kulüpler için gereklilik hâline gelmiştir.

Etik ve veri güvenliği politikaları oluşturulması ve bu sayede oyuncu verilerinin şeffaf şekilde yönetilmesi, taraftar verilerinin gizliliğinin korunması ve etik kullanım kurallarının belirlenmesi hayati önem taşımaktadır (Kitchin, 2014).

Sürekli eğitim ve analitik okuryazarlık programları düzenleyerek teknik ekipten yöneticilere kadar herkesin analitiğin dilini anlaması kurumsal verimliliği artırabilir.

Gerçek zamanlı analitiğin kritik kararlarda uygulanarak, maç taktikleri, antrenman planlaması ve taraftar etkileşiminde, geleceğin standart uygulaması olabilir.

Bunlara ek olarak, spor organizasyonlarının analitiği sadece bir teknoloji yatırımı olarak değil; kurumsal dönüşüm süreci olarak görmesi gerekmektedir. Analitiğin sporun her alanına nüfuz ettiği bu dönemde, veri temelli yönetim anlayışı benimsemeyen kulüplerin rekabet gücünü kaybetme riski oldukça yüksektir.

## Kaynakça

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: Current practice and perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587–593.
- Anderson, C., & Sally, D. (2013). *The numbers game: Why everything you know about football is wrong*. Penguin Books.
- Aydın, K., & Karakoç, B. (2022). Futbol kulüplerinde veri analitiği uygulamaları ve performans yönetimi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 13(2), 45–62.
- Baca, A. (2015). *Wearable sensors in sports performance*. Routledge.
- Bai, Z., & Bai, X. (2021). Sports big data: management, analysis, applications, and challenges. *Complexity*, 2021(1), 6676297.
- Baio, G., & Blangiardo, M. (2010). Bayesian hierarchical model for the prediction of football results. *Journal of Applied Statistics*, 37(2), 253–264.
- Bee, C. C., & Kahle, L. R. (2006). Relationship marketing in sports: A functional approach. *Sport Marketing Quarterly*, 15(2), 102–112.
- Bertsimas, D., & Kallus, N. (2020). From predictive to prescriptive analytics. *Management Science*, 66(3), 1025–1044.
- Bühler, A., & Nufer, G. (2010). *Relationship marketing in sports*. Routledge.
- Cornwell, T. B. (2020). *Sponsorship in marketing: Effective partnerships in sports, arts and events*. Routledge.
- Coyle, D., Perrotta, G., & Tschang, F. (2020). Analytics in professional sports organizations: Trends and challenges. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 15(3), 345–360.
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: A systematic review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025–1042.
- Cuskelly, G., Hoye, R., & Evans, J. (2022). *Sport management: Principles and applications* (5th ed.). Routledge.
- Davenport, T. H. (2013). *Analytics at work: Smarter decisions, better results*. Harvard Business Review Press.
- Davenport, T. H. (2014). *Analytics in Sports*. MIT Sloan Review.
- Davenport, T. H. (2014a). Analytics in sports: The new science of winning. *International Institute for Analytics*, 2, 1–28.
- Davenport, T. H. (2018). *Analytics in sports: The new science of winning*. MIT Press.

- Davenport, T. H., & Harris, J. (2007). *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business Review Press.
- Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2007a). *Competing on analytics: The new science of winning*. Harvard Business School Press.
- Demir, B. (2019). Futbol kulüplerinde veri analitiği ve performans yönetimi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 10(2), 45-59.
- Floridi, L. (2018). *Ethics of artificial intelligence and data management*. Oxford University Press
- Fischl, B., et al. (2020). Analytics in large-scale event security management. *Safety Science*, 130, 104887. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104887>
- Foster, G. (2021). *Data-driven decision making in global sport organizations*. Routledge.
- Frick, B. (2021). Financial fair play in European club football. *European Sport Management Quarterly*, 21(1), 1–20.
- Funk, D. C. (2017). Introducing a sport experience design (SX) framework. *Sport Management Review*, 20(2), 145–158.
- Gastin, P. B., & Meyer, D. (2019). Load management in team sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(1), 1–10.
- Hambrick, M., Simmons, J., Greenhalgh, G., & Greenwell, T. (2019). Understanding professional athletes' use of social media. *Sport Management Review*, 22(1), 32–44.
- Hopfensitz, A., & Mantilla, C. (2019). Emotional expressions by sports teams: An analysis of World Cup soccer player portraits. *Journal of Economic Psychology*, 75, 102071.
- Hopkins, W. G. (2020). Monitoring athlete performance. *Human Kinetics*.
- Hoye, R., Smith, A., Nicholson, M., & Stewart, B. (2021). *Sport management: Principles and applications* (4th ed.). Routledge.
- Hughes, M., & Bartlett, R. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 739–754.
- Huang, J., & Shapiro, S. (2017). Forecasting attendance at sports events using social media analytics. *International Journal of Sports Marketing and Sponsorship*, 18(3), 1–15.
- Hutchins, B., & Rowe, D. (2021). *Digital media and sport: Technology, power and culture in the network society*. Routledge.
- Kara, M. (2021). Spor kulüplerinde taraftar etkileşim analitiği: Türkiye örneği. *Spor Yönetimi Araştırmaları*, 5(1), 23-38.

- Kitchin, R. (2014). *The data revolution: Big data, open data, data infrastructures & their consequences*. Sage.
- Lock, D., & Adams, A. (2022). *Learners and Learning in The Global Industry of Sport Management*. In: Rayner M, Webb T, editors. *Sport Management Education: Global Perspectives and Implications for Practice*. 1st ed. London: Routledge. doi: 10.4324/9781003140078
- Mackenzie, R. & Cushion, C. (2012): Performance analysis in football: A critical review and implications for future research, *Journal of Sports Sciences*, DOI:10.1080/02640414.2012.746720
- Mahmoud, A. B. (2024). Digital Marketing analytics in sports. In *Sports Analytics: Data-Driven Sports and Decision Intelligence* (pp. 55-74). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Malone, J. J., Lovell, R., Varley, M. C., & Coutts, A. J. (2017). The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(6), 561–565.
- Marr, B. (2016). *Big data in practice: How 45 successful companies used big data analytics to deliver extraordinary results*. Wiley.
- Martins, F., França, C., Paixão, P., Martinho, D. V., Campos, P., Gouveia, B., ... & Gouveia, É. R. (2023). Emerging technologies to promote fans interaction in football events: A systematic review. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2023(1), 6667260.
- Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Memmert, D., Lemmink, K. A., & Sampaio, J. (2019). Decision-making in sports: Analytical approaches. *Journal of Sports Sciences*, 37(9), 1010–1021. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1542403>
- Narne, S., Adedola, T., Mohan, M., & Ayyalasomayajula, T. (2024). AI-driven decision support systems in management: enhancing strategic planning and execution. *International journal on recent and innovation trends in computing and communication*, 12(1), 268-276.
- NBA, (2022). *NBA player tracking data report*. NBA Analytics Department.
- Noor, A.M., Holmberg, L., Gillett, C., & Grigoriadis, A. (2015) Big data: the challenge for small research groups in the era of cancer genomics. *Br J Cancer*, 113(10):1405-1412. doi:10.1038/bjc.2015.341
- Parent, M. M., & Smith-Swan, S. (2013). *Managing major sports events: Theory and practice*. Routledge.
- Parganas, P., Anagnostopoulos, C., & Chadwick, S. (2015). Digital and social media in sports marketing: Managing fan engagement in a networked

- world. *European Sport Management Quarterly*, 15(4), 437–456.  
<https://doi.org/10.1080/16184742.2015.1095002>
- Pegoraro, A., Scott, O. & Burch, L. M. (2017), Strategic use of Facebook to build brand awareness, *International Journal of Public Administration in the Digital Age*, 4(1), 69-87, doi: 10.4018/ijpada.2017010105.
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data science for business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking*. O'Reilly Media.
- Reddy, S. (2023). The role of data analytics in enhancing decision-making in sports management. *International Journal of Artificial Intelligence, Data Science, and Machine Learning*, 4(2), 9-16.
- Redman, T. C. (2016). *Data driven: Profiting from your most important business asset*. Harvard Business Review Press.
- Researchandmarkets, (2025). *Sports Market Report-2025* (Erişim Tarihi: 10.10.2025).  
[https://www.researchandmarkets.com/reports/5939106/sports-market-report?srsltid=AfmB0oqzytL7dzP0\\_6wPJEt7U353SJK\\_GaQpq0RVcKHAnbMV6gd-fZ4b](https://www.researchandmarkets.com/reports/5939106/sports-market-report?srsltid=AfmB0oqzytL7dzP0_6wPJEt7U353SJK_GaQpq0RVcKHAnbMV6gd-fZ4b)
- Romero-Jara, E., Solanellas, F., López-Carril, S., Kolyperas, D., & Anagnostopoulos, C. (2024). The more we post, the better? A comparative analysis of fan engagement on social media profiles of football leagues. *International Journal of Sports Marketing and Sponsorship*, 25(3), 578-599.
- Scott, M. T. U., Scott, T. J., & Kelly, V. G. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1470-1490.
- Shapiro, S. L., & Drayer, J. (2012). Dynamic ticket pricing in sports: Review and recommendations for sport managers. *Sport Marketing Quarterly*, 21(3), 184–194.
- Shmueli, G., Bruce, P. C., Gedeck, P., & Patel, N. R. (2019). *Data mining for business analytics: Concepts, techniques, and applications in R*. Wiley.
- Sampaio, J., Lago-Peñas, C., & McGarry, T. (2015). Measuring tactical behavior in team sports: A review of available instruments. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(6), 1081–1090.
- Shapiro, J., Berson, M., & Hatten, K. (2016). Developing analytics maturity in sports organizations. *Journal of Sports Analytics*, 2(2), 101–115.
- Slack, T., & Parent, M. M. (2019). *Understanding sport organizations: Applications for sport managers* (3rd ed.). Human Kinetics.

- Shilbury, D., & Ferkins, L. (2020). Sport governance: International case studies. Routledge.
- Smith, A. C., T. & Stewart, B. (2013). The special features of sport: A critical revisit. *Sport Management Review*, 13 (2010) 1-13.
- Smith, A.C.T., & Stewart, B. (2020). Introduction to sport marketing (2nd ed.). Routledge.
- Smith, A.C.T., & Stewart, B. (2022). The business of sport (4th ed.). Oxford University Press.
- Şimşek, Ö. (2020). Süper Lig kulüplerinde veri odaklı karar alma süreçleri. *Türkiye Spor Yönetimi Dergisi*, 12(3), 101-115.
- Statista, (2025). Sports industry market size worldwide in 2020 and 2025, with a forecast for 2030. Published by Statista Research Department. (Erişim Tarihi: 15.10.2025)  
<https://www.statista.com/statistics/370560/worldwide-sports-market-revenue/?srsltid=AfmBOooWauaMS5w0ZlkVzOXJW254qBq-RcFoo2PIfslvdvOJpSj9OYD9v>
- UEFA. (2023). Financial fair play regulations annual report. UEFA Publications.
- Wright, C., Carling, C., & Collins, D. (2020). The science of performance analysis in sport. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 15(4), 512–528.
- Windt, J., & Gabbett, T. (2017). How much is too much? Workload and injury risk in team sports. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 421–425.
- Yıldız, H. (2023). Türkiye spor endüstrisinde dijital dönüşüm ve ekonomik büyüme. *Spor Yönetimi Araştırmaları*, 5(1), 12–28.
- Xue-wen, C., & Xiaotong, L., (2014) Big data deep learning: challenges and perspectives. Access IEEE 2:514-525.  
doi:10.1109/ACCESS.2014.2325029

## BÖLÜM 6:

### Tesis ve Etkinlik Yönetimi

Doç. Dr. Muhammet MAVİBAŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

#### Özet

Bu bölümde, spor endüstrisinde dijital dönüşümün tesis ve etkinlik yönetimi üzerindeki etkilerini, dijital finans (fintech) uygulamaları ile akıllı stadyum teknolojileri ekseninde bütüncül bir çerçevede ele almaktadır. Çalışma, blokzincir tabanlı çözümler (tarafar tokenları, biletleme), dijital ödeme sistemleri ve kitle fonlama gibi araçların sporun gelir modellerini nasıl çeşitlendirdiğini, IoT sensörleri, 5G–Wi-Fi ağları, bulut/edge bilişim ve veri platformlarının stadyumları ölçeklenebilir “akıllı tesislere” dönüştürerek operasyonel süreçleri nasıl optimize ettiğini tartışmaktadır. Tarafar deneyimi açısından mobil uygulamalar, kişiselleştirme ve dijital ikizler üzerinden etkileşimli hizmet tasarımı, operasyonel verimlilik boyutunda kapasite/alan yönetimi, bakım-onarım ve enerji yönetimi, güvenlik boyutunda kalabalık izleme ve acil durum senaryoları, karar destek boyutunda veri analitiği ve simülasyon temelli yaklaşımlar değerlendirilmektedir. Ayrıca veri gizliliği, siber güvenlik ve etik yönetim sorunları, sürdürülebilir iş modeli oluşturma'nın kritik bileşenleri olarak konumlandırılmaktadır. Bu kapsam, dijitalleşmenin spor organizasyonlarında değer yaratma mekanizmalarını ve uygulama önceliklerini sistematik biçimde ortaya koymayı amaçlamaktadır.

## Giriş

Spor endüstrisi, taraftar beklentilerinin hızla değiştiği, gelir kalemlerinin çeşitlendiği ve rekabetin “saha içi performans”ın ötesine taşındığı bir dönemde dijital dönüşümün etkisiyle yeniden yapılanmaktadır (Öner, 2024). Bu dönüşüm, yalnızca iletişim ve pazarlama kanallarının dijitalleşmesiyle sınırlı kalmamakta; finansman pratiklerinden (fintech tabanlı ödeme sistemleri, tokenizasyon, kitle fonlama vb.) tesis yönetimine (IoT, bulut/edge bilişim, veri analitiği) kadar spor ekonomisinin ve operasyonel süreçlerin tamamına yayılan bütüncül bir değişimi ifade etmektedir (Parada & Bull, 2018; Öner, 2024). Böylece kulüpler ve etkinlik organizatörleri hem yeni gelir akışları yaratabilmekte hem de taraftarla ilişkiyi daha kişiselleştirilmiş ve veri temelli bir zeminde yeniden kurabilmektedir (Öner, 2024).

Bu bağlamda “akıllı stadyumlar”, dijital dönüşümün somutlaştığı en kritik uygulama alanlarından biridir. Akıllı stadyumlar; IoT sensörleri, yüksek bant genişlikli ağ altyapıları (5G–Wi-Fi), bulut/edge bilişim ve entegre veri platformları üzerinden “yaşayan laboratuvar” niteliği taşıyan, ölçeklenebilir ve etkileşimli tesisler olarak değerlendirilmektedir (Panchanathan ve ark., 2017; Mahdi ve ark., 2021). Bu tesisler, taraftar deneyimini zenginleştirme (mobil uygulamalar, kişiselleştirme, dijital ikiz), operasyonel verimliliği artırma (kapasite, bakım-onarım, enerji yönetimi), güvenlik ve kalabalık yönetimini iyileştirme (yoğunluk izleme, acil durum senaryoları) gibi çok boyutlu hedefleri aynı çatı altında birleştirmektedir (Van Heck ve ark., 2021; Panchanathan ve ark., 2017).

Bu bölümün amacı; dijital finans araçlarının sporun iş modeli üzerindeki etkisini, akıllı stadyum ekosisteminin temel bileşenlerini ve bu ekosistemin taraftar deneyimi, operasyonel verimlilik, güvenlik, veri analitiği ve yönetim boyutlarındaki yansımalarını bütüncül bir çerçevede tartışmaktır. İzleyen alt başlıklarda önce akıllı stadyumların itici güçleri ve mimarisi ele alınmakta,

ardından taraftar yolculuğu ve mobil teknolojiler üzerinden deneyim tasarımı, operasyonel süreçler, güvenlik ve karar destek mekanizmaları (analitik–dijital ikiz) incelenmekte; son olarak veri gizliliği, siber güvenlik ve sürdürülebilir gelir modeli perspektifinden yönetim boyutu değerlendirilmektedir (Van Heck ve ark., 2021; O’Brocháin ve ark., 2019; Uhrich, 2022).

## Temel Kavramlar ve Kuramsal Arka Plan

### 1. Tesis ve Etkinlik Yönetiminde Dijital Dönüşüm

Spor endüstrisi, geleneksel finansman ve operasyon modellerinden uzaklaşarak dijital dönüşümün etkisi altında köklü bir evrim sürecine girmektedir. Dijital finansal teknolojiler (Fintech), spor sektörünün ekonomik yapısını ve taraftar ilişkilerini yeniden tanımlayarak daha verimli, kapsayıcı ve sürdürülebilir bir yapıya dönüşmesine olanak sağlamaktadır. Blokzincir tabanlı taraftar tokenları, dijital ödeme sistemleri ve kitle fonlama platformları gibi dijital finans araçları bu dönüşümün temelini oluşturmaktadır. Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Bulut Bilişim (Cloud Computing) gibi teknolojilerin entegrasyonu, stadyumları akıllı tesislere dönüştürmekte ve bu tesislerin daha etkili, ölçeklenebilir ve interaktif bir şekilde işlev görmesine olanak sağlanmaktadır. Akıllı stadyumlar, IoT ve akıllı şehir çözümlerinin konuşlandırılabilceği ve etkinliğinin değerlendirilebileceği, boyut ve heterojenlik açısından dengelenmiş yaşayan laboratuvarlar olarak önerilmektedir (Panchanathan ve ark., 2017; Mahdi ve ark., 2021). Bu dönüşüm süreci, kulüplerin gelirlerini çeşitlendirmesine, taraftar deneyimlerini kişiselleştirmesine ve operasyonel süreçlerini optimize etmesine olanak tanımaktadır (Öner, 2024). Dijital finansal çözümler, geleneksel yöntemlerle finansmana erişimde zorluk yaşayan küçük ve orta ölçekli spor işletmeleri için de alternatif yatırım imkanları sunarak finansal kapsayıcılığı artırmaktadır (Parada & Bull, 2018; Öner, 2024). Olimpiyat Oyunları gibi büyük etkinliklerde ise kronometrelerden dijital sistemlere ve akıllı stadyum teknolojilerine kadar

uzanan yenilikler, sporun kalitesini ve organizasyon etkinliğini önemli ölçüde artırmaktadır (Öner ve ark., 2024).

## 2. Akıllı Stadyumlar

Akıllı stadyum konseptinin yaygınlaşmasının temel itici güçleri arasında artan rekabet koşulları, operasyonel maliyet optimizasyonu, güvenlik gereksinimleri ve taraftar deneyimini en üst düzeye çıkarma çabaları yer almaktadır (Van Heck ve ark., 2021). Stadyumlar, yüksek çözünürlüklü video, canlı istatistiklere erişim ve farklı açılardan tekrarların sağlanmasıyla gelişen "Evde Deneyim" (At-Home Experience) seçeneklerinin yarattığı yoğun rekabetle mücadele etmek durumundadır (Giorgio ve ark., 2018; Melander, 2016; Van Heck ve ark., 2021). Bu rekabet ortamında, stadyumun fiziksel çevresinin seyircilerin tesiste kalma ve geri dönme arzusu üzerinde kayda değer bir etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (Wakefield ve ark., 1996).

Akıllı stadyum girişimleri, stadyum operatörlerinin hem daha sürükleyici bir deneyim bekleyen müşterilerin beklentilerini karşılaması hem de spor yatırımlarından daha yüksek getiri elde etme hedefine ulaşması için yeni yollar bulma ihtiyacından kaynaklanmaktadır (Mahdi ve ark., 2021). Akıllı teknolojilerin entegrasyonu, güvenlik ve emniyet, taraftar memnuniyeti ve deneyimi, sürdürülebilirlik, enerji azaltma, verimlilik ve tesisin uzun ömürlülüğü gibi çok çeşitli hedeflere yönelik iyileştirmeler sağlamaktadır (Buckman ve ark., 2014; O'Brolcháin ve ark., 2019; Panchanathan ve ark., 2017).

Akıllı stadyumun yeniden icadı, sadece operasyonel verimlilik hedefine değil, aynı zamanda sporun medyalaşmış deneyimini stadyum ortamına geri getiren bir reteritorializasyon süreci yaratmaktadır (Lawrence & Crawford, 2018; Yang & Cole, 2022). Bu hiperdijitalleşmiş stadyumlar, teknolojik mükemmelliği sergileme alanı olmaktan çıkarak, sürekli yenilik gerçekleştiren ve taraftar

davranışlarını veri odaklı normalleştirme teknikleri aracılığıyla yönetilebilir hale getiren bir laboratuvar işlevi görmektedir (Yang & Cole, 2022).

## 2.1. Akıllı Stadyum Ekosistemi ve Mimari

Akıllı stadyum mimarisi, genellikle Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları, ağ altyapısı ve veri işleme platformları gibi çok katmanlı teknolojilerin entegrasyonu ile şekillendirilmektedir. IoT paradigması, karmaşık ve evrensel ağ altyapısına bağlı akıllı ve kendi kendine biçimlenen düğümlerin temelini oluşturmaktadır. Temel IoT mimarisi, sırasıyla veri toplama, dağıtım ve uygulama çözümlerini sağlayan Algılama Katmanı, Ağ Katmanı ve Uygulama Katmanı olmak üzere üç temel katmandan meydana gelmektedir. Algılama katmanı, kameralar ve sensörler gibi cihazlar aracılığıyla dış fiziksel çevreden veri toplama görevini üstlenmektedir (Mahdi ve ark., 2021).

**IoT Sensörleri ve Veri Toplama:** Akıllı stadyumlar, video kameralar ve mikrofonlar gibi çok çeşitli sensörleri konuşlandırmaktadır (Panchanathan ve ark., 2017). Bu sensörler, kalabalık kontrolü, fan katılımı, etkinlik lojistiği ve çevresel izleme konularını ele almak için kullanılmaktadır (Panchanathan ve ark., 2017; Mahdi ve ark., 2021). Radyo Frekansı Tanımlama (RFID) ve Yakın Alan İletişimi (NFC) gibi IoT teknolojileri de binalara erişim kontrolünde ve mobil ödemelerde kullanılarak stadyum işlevlerine entegre edilmektedir (Mahdi ve ark., 2021).

**Ağ/5G–Wi-Fi ve Bulut/Edge Bilişim:** Ağ katmanında toplanan veriler, kablolu ve kablosuz bağlantı protokolleri aracılığıyla mevcut İnternet ve diğer ağlar üzerinden dağıtılmaktadır (Mahdi ve ark., 2021). 5G teknolojinin stadyum mekanlarına dahil edilmesi, mobil uygulama hizmetlerinin kapsamını genişletmekte ve artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) özelliklerinin uygulanmasını mümkün kılmaktadır (Uhrich, 2022). Bulut Bilişim (Cloud Computing), stadyumlar gibi karmaşık organizasyonların daha etkili çalışmasını

sağlayan dönüştürücü bir model olarak kabul edilmektedir (Mahdi ve ark., 2021). Bulut, IoT sistemlerinin sınırlı depolama, işleme ve iletişim gibi teknik eksikliklerini telafi etmek için neredeyse sınırsız kapasite ve kaynak sunmaktadır (Botta ve ark., 2016; Mahdi ve ark., 2021). Bulut bilişim hizmetleri Geniş Ağ Erişimi, Kaynak Havuzu ve Elastikiyet gibi temel özelliklere dayanmaktadır (Mahdi ve ark., 2021).

Veri Platformu ve Entegrasyon: Gerçek zamanlı veriler, sensörler ve diğer veri kaynaklarından elde edildikten sonra entegre bir platforma, yani veri gölüne (data lake) yerleştirilmektedir (Van Heck ve ark., 2021). Bu platformlar, verilerin bilgiye dönüştürülmesi için analitik işlemler yapmakta ve stadyum yönetiminin veriye dayalı kararlar almasını sağlamaktadır (Mahdi ve ark., 2021; Van Heck ve ark., 2021).

### 3. Taraftar Deneyimi ve Mobil Teknolojiler

Taraftar deneyimini zenginleştirmeye odaklanan projeler, akıllı stadyum girişimlerinin önemli bir uygulama alanını oluşturmaktadır (Panchanathan ve ark., 2017; Mahdi ve ark., 2021).

**Taraftar Yolculuğu (Öncesi–Sırası–Sonrası):** Taraftarın deneyim yolculuğu, sadece stadyum içindeki etkileşimlerini değil, etkinliğe aylar öncesinden yapılan hazırlıkları, stadyuma ulaşım ve stadyumdan ayrılma koordinasyonunu ve sosyal medyada etkinlik öncesinde, sırasında ve sonrasında gerçekleşen tüm faaliyetleri kapsamaktadır (Panchanathan ve ark., 2017).

**Mobil Uygulama Fonksiyonları ve Kişiselleştirme:** Stadyum içi kullanım için tasarlanmış mobil uygulamalar (FEA: Fan Experience Apps), oyun istatistikleri, oyuncu performans verileri ve diğer taraftarlarla etkileşim kurma fırsatları gibi çeşitli özellikler sunarak taraftar deneyimini dönüştürmektedir. Taraftarların bu uygulamaları benimsemesinin temel nedenleri arasında eğlence, kullanım

kolaylığı, oyunla ilgili içerik ve sosyal etkileşim gibi faktörler pozitif yönde etki etmektedir. Özellikle algılanan eğlencenin, FEA benimsenmesi için en güçlü sebep olduğu belirlenmiştir (Uhrich, 2022). Akıllı telefon kullanımı, taraftarların stadyum deneyimlerinin bir parçası haline gelmiştir ve sporla ilgili bilgileri kontrol etme, kulüp medyalarında gezinme ve fotoğraf/video çekme gibi eylemler yoluyla değer yaratılmasına katkı sağlamaktadır (Inversini ve ark., 2016; Horbel ve ark., 2021).

Dijital ikiz teknolojisi, izleyicilere sanal mekanlarda gezinebilme, gerçek zamanlı bilgilere erişme ve etkinliğin çeşitli unsurlarıyla etkileşim kurma imkanı sunarak deneyimi hiper-gerçekçi ve kişiselleştirilmiş kılmaktadır (Glebova ve ark., 2023). Bireysel tercihlere göre kamera açılarının seçilebilmesi, gerçek zamanlı istatistiklere erişilmesi ve mobil uygulamalar aracılığıyla özel içerikler ve ödüller sunulması, kişiselleştirmeyi derinleştirmektedir (Öner, 2024; Glebova ve ark., 2023). Ayrıca taraftar tokenları, taraftarlara takımla etkileşim kurma, oy kullanma hakkı ve özel içeriklere erişim gibi avantajlar sağlayarak bir topluluk duygusu yaratmakta ve katılımı artırmaktadır (Ryu, 2018; Zachariadis & Ozcan, 2017; Öner, 2024).

#### 4. Operasyonel Verimlilik ve Hizmet Tasarımı

Akıllı stadyumlar, operasyonel verimliliği artırmayı ve kaynakları daha akılcıca yönetmeyi hedefleyen girişimlerin ikinci temel odağını oluşturmaktadır (Panchanathan ve ark., 2017; Mahdi ve ark., 2021). Operasyonel verimlilik hedefleri genellikle maliyet azaltma gibi finansal hedeflerle yakından ilişkilendirilmektedir (Van Heck ve ark., 2021).

**Kapasite, Alan Yönetimi ve Bakım-Onarım:** Akıllı araçlar, stadyumun gerçek veya planlanmış alan kullanımına ilişkin verileri toplamakta ve bu bilgileri operasyonları optimize etmek için kullanmaktadır (Van Heck ve ark., 2021). Kapasite yönetimi, seyirci deneyimini ve operasyonel verimliliği artırmak için

akıllı cihazların potansiyelinden yararlanılmasıyla sağlanmaktadır (Panchanathan ve ark., 2017). Dijital ikiz teknolojileri, tesislerin günlük yönetimini desteklemek için kullanılmakta, ekipman ve koşullar hakkında bütüncül bir görünüm sağlayarak optimize edilmiş stadyum kullanımına imkan vermektedir (Dyton, 2022; Iveson, 2020). Örneğin, Akıllı Çim İzleme Sistemi, çimin kalitesini gerçek zamanlı verilerle izlemekte ve çimin değiştirilme ihtiyacını belirleyerek pitch değişimlerini yılda birden fazla kez yerine bir kez ile sınırlamaktadır (Van Heck ve ark., 2021).

**Enerji Yönetimi ve Sürdürülebilirlik:** Akıllı stadyumlarda enerji tüketimi ve pil yönetimi gibi araçlar, daha iyi içgörü ve daha sürdürülebilir enerji üretimi elde etme amacıyla uygulanmaktadır (Van Heck ve ark., 2021). Dijital ikizler, aydınlatma, ısıtma, havalandırma ve kalabalık akışı gibi sistemleri optimize ederek enerji kullanımını ve çevresel etkiyi en aza indirmek için kullanılabilir (Meta ve ark., 2021; Tzachor ve ark., 2022; Glebova ve ark., 2023). IoT ve bulut bilişim, aydınlatma kulelerinin işlevini kontrol etmek ve takip etmek için önemli bir rol üstlenmektedir (Mahdi ve ark., 2021).

**Personel Planlama ve Hizmet Kalitesi:** Personel ihtiyacının etkinliğin türüne göre BT sistemi üzerinden talep edilmesi, iletişimde yüksek verimlilik sağlamak ve zaman kaydına ilişkin daha net bir fikir sunmaktadır (Van Heck ve ark., 2021). Bilet gişeleri ve ikram stantlarındaki bekleme sürelerinin gerçek zamanlı tahmini, hizmet kalitesini doğrudan iyileştirmeyi hedeflemektedir (Panchanathan ve ark., 2017). Elde edilen içgörülere gerçek zamanlı yanıt verme yeteneği, akıllı araçların izleme ve kontrol işlevinden optimizasyon rolüne doğru kaymasını sağlamaktadır (Van Heck ve ark., 2021).

## 5. Güvenlik ve Kalabalık Yönetimi

Stadyumlar, binlerce insanın toplandığı ve halk güvenliği açısından önemli risklerin bulunduğu çok amaçlı mekanlar olarak kabul edilmektedir (Panchanathan ve ark., 2017).

### 5.1. Giriş-Çıkış Optimizasyonu ve Yoğunluk İzleme

Kalabalık anlayışı projesi, stadyumdaki insanların davranış dinamiklerine dair ek içgörüler elde etmek amacıyla görsel ve görsel olmayan sensör verilerini kullanmaktadır. Yoğunluk izleme, stadyum genelindeki insanların dağılımını görselleştirmeye olanak tanımaktadır. Yoğunluk seviyeleri, sahnenin sabit boyutlu bir ızgaraya bölünmesi ve izlenen noktalar tarafından işgal edilen ızgara hücrelerinin sayılmasıyla hesaplanmaktadır (Panchanathan ve ark., 2017). Bu, stadyum giriş kapılarındaki meşguliyetin anlık durumunu yansıtarak bilet kontrol verimliliğini iyileştirmek için kullanılmaktadır (Van Heck ve ark., 2021).

### 5.2. Acil Durum Senaryoları ve Risk Yönetimi

Acil bir durumda erken tespit ve hızlı yanıt süresi, özellikle stadyum gibi yoğun bir kamusal alanda esastır (Panchanathan ve ark., 2017). Kalabalık anormalliklerinin tespiti, düşük boyutlu, bütüncül özellikler kullanılarak verimli bir şekilde gerçekleştirilmektedir; bu özellikler arasında kalabalık kolektifliği, kalabalık çatışması, ortalama hareket hızı ve kalabalık yoğunluğu bulunmaktadır (Marsden ve ark., 2016; Panchanathan ve ark., 2017). Acil durum tahliyeleri sırasında aşırı paniğe bağlı yaralanmaları ve ölümleri azaltmak için IoT tabanlı pozitif duygusal bulaşma (IoT-PEC) yöntemleri önerilmektedir (Zhang ve ark., 2020; Sapkal, 2020). Akıllı stadyumlar, trafik kameraları ve bağlantılı araçlar gibi çeşitli algılayıcı cihazlardan ağ bilgisi toplayan IoT tabanlı kalkış kontrol ve navigasyon sistemleri aracılığıyla büyük etkinliklerden sonra araç kalabalığı yönetimini sağlamaktadır (Elbery ve ark., 2020; Sapkal, 2020).

## 6. Veri, Analitik ve Dijital İkiz ile Karar Destek

Akıllı stadyumlar, toplanan verilerin operasyonları izlemek, optimize etmek ve karar destek mekanizmalarını güçlendirmek için kullanılmasını sağlamaktadır (Mahdi ve ark., 2021).

### 6.1. Gerçek Zamanlı İzleme ve Tahminleme

Akıllı stadyumun veri analitik birimi, gerçek zamanlı izleme sağlayarak ilgi çekici verileri belirlemekte ve algoritmaları iyileştirmektedir (Kakderi ve ark., 2019; Mahdi ve ark., 2021). Kuyruk Bekleme Süresi ve Tahmini projesi, stadyum genelindeki gişe ve tuvalet hatlarının bekleme süreleri için mobil uygulama aracılığıyla gerçek zamanlı ve doğru erişim sağlamaktadır. Makine öğrenimi algoritmaları, kalabalık davranış anormalliklerini tespit etmek için normal kalabalık davranışının "sabit bir durumu"nu öğrenmeyi hedeflemektedir (Panchanathan ve ark., 2017). Matris tamamlama algoritmaları, nesne sayma probleminde (örneğin kuyruktaki kişi sayısı) sadece ikili (evet/hayır) kullanıcı geri bildirimini kullanarak tahminleme ve regresyon analizi yapmaktadır (Mareček ve ark., 2017; Panchanathan ve ark., 2017).

### 6.2. Simülasyon/Dijital İkizle Senaryo Planlama

Dijital İkiz (DT), bir spor mekanının tüm sisteminin hiper-gerçekçi, sanal ve interaktif bir temsildir. DT, kalabalık akışı, oturma düzenlemeleri ve aydınlatma koşulları gibi etkinliğin farklı yönlerini görselleştirmeye ve simüle etmeye olanak tanımaktadır (Glebova ve ark., 2023). Simülasyonlar, etkinlik organizatörlerinin kaynak tahsisini optimize etmesine, lojistiği düzene koymasına ve operasyonel verimliliği artırmasına izin vermektedir (Glebova ve ark., 2023; Paul, 2023). DT'ler, bilet fiyatlandırması, güvenlik planlaması ve kaynak tahsisi gibi karmaşık karar verme süreçlerini bilgilendirmek için gerçek zamanlı veri ve analitikler sunarak karar desteği sağlamaktadır (Glebova ve ark., 2023; Jiang ve ark., 2021).

## 7. Yönetişim ve Sürdürülebilir İş Modeli

Sürdürülebilir bir iş modeli oluşturmak için akıllı stadyumlar hem gelir kaynaklarını çeşitlendirmeye hem de etik ve yönetim sorunlarını çözmeye odaklanmaktadır.

### 7.1. Veri Gizliliği/Siber Güvenlik ve Etik

Akıllı araçların kişisel verileri yoğun bir şekilde toplaması, ziyaretçilerin gizliliğini ihlal etme potansiyeli taşımakta ve bu durum etik bir zorluk olarak değerlendirilmektedir (Van Heck ve ark., 2021; O’Brolcháin ve ark., 2019). Taraftarların gizliliğini sağlamak için iyi bir veri yönetim yapısı oluşturulması, bu riskin en aza indirilmesi için elzemdir (Van Heck ve ark., 2021). Akıllı stadyumlar tarafından toplanan verilerin yetkisiz üçüncü taraflarca erişilme riski, taraftarların uygulamaları benimsemesinin önünde önemli bir engel oluşturmaktadır (Uhrich, 2022; Mani & Chouk, 2018; Joachim ve ark., 2018). Siber güvenlik endişeleri, trafik yönetim sistemlerinde dahi önemli bir sorun olarak belirtilmektedir (Chowdhury, 2016). Bu sorunların üstesinden gelmek için güvenilir düzenleyici çerçeveler ve daha yaygın dijital eğitim çözümleri gereklidir (Shen ve ark., 2018; Zhu ve ark., 2016; Öner, 2024).

### 7.2. Gelir Modelleri (E-Bilet, Nakitsiz Ödeme, Sponsorluk/Dijital Servisler)

Dijital finans, spor organizasyonlarının yeni gelir akışları geliştirmesine olanak tanımaktadır (Öner, 2024).

- **E-Bilet ve Nakitsiz Ödeme:** Blokzincir tabanlı biletleme teknolojisi, sahtecilik riskini ortadan kaldırarak şeffaflığı ve kolaylığı artırmaktadır (Yermack & Fingerhut, 2019; Öner, 2024). Nakitsiz ödeme teknolojileri, mobil cüzdanlar ve kripto para ödemeleri, bilet alımından stadyum içi alışverişlere kadar birçok alanda yaygınlaşmıştır (Georgiev, 2021; Öner, 2024). Bu hem daha iyi hizmet

hem de artan gelirler gibi finansal hedeflere katkıda bulunmaktadır (Van Heck ve ark., 2021).

• **Taraftar Tokenları ve Sponsorluklar:** Blokzincir tabanlı taraftar tokenları, kulüpler için yeni bir gelir kapısı açarken, taraftar katılımını da derinleştirmektedir (Ryu, 2018; Zachariadis & Ozcan, 2017; Öner, 2024). Dijital finans, sponsorlukların daha şeffaf ve ölçülebilir hale gelmesini sağlamaktadır (Öner, 2024). Dijital ödeme sistemlerinden elde edilen veriler, takımların hedefli reklamcılık ve özelleştirilmiş sponsorluk paketleri sunmasına imkan vermektedir (Öner, 2024). E-spor sektöründeki mikro ödemeler ve dijital varlıklar da çok katmanlı gelir akışları oluşturmaktadır (Hamari & Sjöblom, 2017; Öner, 2024).

**Değerlendirme Çerçevesi ve Sürdürülebilirlik:** Akıllı stadyumlar, maliyetleri düşürme ve ek hizmetler oluşturma potansiyeli sayesinde stadyumun iş potansiyelini optimize etme yeteneğine sahiptir (Paramio ve ark., 2008; Sartori & Nienhoff, 2013). Dijital finans uygulamaları, Hedef 8 (İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme) ve Hedef 9 (Sanayi, Yenilik ve Altyapı) olmak üzere Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) ile uyumlu kabul edilmektedir (Nguyen, 2016; Afzal, 2016). Dijital ikizler, fiziksel mevcudiyet ihtiyacını azaltarak çevresel etkiyi en aza indirmekte ve sürdürülebilir uygulamaları desteklemektedir (Glebova ve ark., 2023). Akıllı stadyumun başarılı olması için, operasyonel iyileştirmeler ile ziyaretçi gizliliğinin dengelenmesi gerekmektedir (Van Heck ve ark., 2021; O’Brocháin ve ark., 2019).

## Sonuç ve Gelecek Perspektif

Bu bölümde ele alınan literatür, spor endüstrisinin dijital finans (fintech) ve akıllı tesis teknolojileri üzerinden hem ekonomik hem de operasyonel düzeyde yeniden kurgulandığını göstermektedir (Öner, 2024). Blokzincir tabanlı biletleme ve taraftar tokenları, dijital ödeme sistemleri ve kitle fonlama gibi araçlar; gelir kaynaklarının çeşitlenmesini, taraftar katılımının derinleşmesini ve finansal

kapsayıcılığın artmasını destekleyen mekanizmalar olarak öne çıkmaktadır (Parada & Bull, 2018; Zachariadis & Ozcan, 2017; Öner, 2024). Bu yönüyle dijital finans, yalnızca “yeni gelir” üretme kapasitesi değil, aynı zamanda spor ekosisteminde ölçek farklarının yarattığı finansmana erişim problemlerine alternatif kanallar sunması bakımından da stratejik bir rol üstlenmektedir (Öner, 2024).

Akıllı stadyum perspektifinde ise IoT sensörleri, 5G–Wi-Fi ağları ve bulut/edge bilişim altyapıları; veri toplama, entegrasyon ve gerçek zamanlı karar alma süreçlerini mümkün kılarak tesis yönetimini daha ölçülebilir ve optimize edilebilir hale getirmektedir (Mahdi ve ark., 2021; Botta ve ark., 2016; Van Heck ve ark., 2021). Mobil uygulamalar ve deneyim odaklı çözümler, “stadyum içi deneyimi” evde deneyimle rekabet edebilir bir düzeye taşımayı hedeflerken; kişiselleştirme, etkileşim ve eğlence unsurlarının benimsemeyi güçlendirdiği vurgulanmaktadır (Uhrich, 2022; Inversini ve ark., 2016; Horbel ve ark., 2021). Dijital ikiz yaklaşımı, yalnızca taraftar deneyimini zenginleştiren bir arayüz değil; aynı zamanda kapasite, enerji, bakım-onarım, güvenlik ve kaynak tahsisi gibi alanlarda senaryo planlama ve karar destek açısından da kritik bir araç seti sunmaktadır (Glebova ve ark., 2023; Van Heck ve ark., 2021).

Ayrıca veri yoğun teknolojilerin yaygınlaşması; gizlilik, siber güvenlik ve etik yönetim konularını akıllı stadyumların “başarı koşulu” haline getirmektedir. Taraftar verisinin kapsamlı biçimde toplanması, benimseme üzerinde risk algısını artırabilmekte; bu nedenle veri yönetimi, şeffaflık, güvenlik tasarımı ve düzenleyici çerçevelerle uyum, dijital dönüşümün sürdürülebilirliği açısından temel öncelikler arasında yer almaktadır (O’Brolcháin ve ark., 2019; Van Heck ve ark., 2021; Mani & Chouk, 2018; Uhrich, 2022).

Sonuç olarak, spor endüstrisinde dijital dönüşüm; teknoloji yatırımlarının tek başına değil, iş modeli tasarımı + operasyonel süreç entegrasyonu + veri yönetimi üçlüsü birlikte ele alındığında kalıcı değer üretebilmektedir (Van

Heck ve ark., 2021; Öner, 2024). Akıllı stadyumların başarılı olabilmesi için (i) taraftar deneyimi ile operasyonel verimlilik hedeflerinin dengelenmesi, (ii) dijital finans uygulamalarının güven ve şeffaflık temelli kurgulanması, (iii) gizlilik/siber güvenlik risklerinin proaktif biçimde yönetilmesi ve (iv) dijital ikiz ve analitik altyapının karar destek süreçlerine kurumsal olarak entegre edilmesi gerekmektedir (Glebova ve ark., 2023; Van Heck ve ark., 2021; O’Brocháin ve ark., 2019). Bu çerçeve, hem büyük ölçekli organizasyonlarda etkinlik kalitesini artırma hem de küçük-orta ölçekli spor işletmelerinde finansal kapsayıcılık üzerinden büyüme fırsatlarını güçlendirme potansiyeli taşımaktadır (Parada & Bull, 2018; Öner, 2024).

## Kaynakça

- Afzal, M. H. B. (2016, December). Sustainable development of rural communities in Bangladesh by integrating mobile internet and agent banking technology. In *Leadership, Innovation and Entrepreneurship as Driving Forces of the Global Economy: Proceedings of the 2016 International Conference on Leadership, Innovation and Entrepreneurship (ICLIE)* (pp. 361-370). Cham: Springer International Publishing.
- Botta, A., De Donato, W., Persico, V., & Pescapé, A. (2016). Integration of cloud computing and internet of things: a survey. *Future generation computer systems*, 56, 684-700.
- Buckman, A. H., Mayfield, M., & BM Beck, S. (2014). What is a smart building?. *Smart and sustainable built environment*, 3(2), 92-109.
- Chowdhury, A. (2016). Priority based and secured traffic management system for emergency vehicle using IoT. *2016 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)* 1–60..
- Dyton, J. (2022). How the NFL's largest stadium is being managed using a digital twin. *Tomorrow's World Today*.  
<https://www.tomorrowstoday.com/2022/09/12/how-the-nfl-uses-digital-twins/>
- Elbery, A., Hassanein, H. S., & Zorba, N. (2020). Vehicular crowd management: An iot-based departure control and navigation system. In *ICC 2020-2020 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Giorgio, P., Deweese, C., Reicheld, A., & Ebb, S. (2018). The stadium experience: Keeping sports fans engaged – and loyal. Deloitte.
- Glebova, E., Book, R., Su, Y., Perić, M., & Heller, J. (2023). Sports venue digital twin technology from a spectator virtual visiting perspective. *Frontiers in sports and active living*, 5, 1289140.
- Hamari, J., & Sjöblom, M. (2017). What is eSports and why do people watch it?. *Internet research*, 27(2), 211-232.
- Horbel, C., Buck, C., Diel, S., Reith, R., & Walter, Y. (2021). Stadium visitors' smartphone usage and digital resource integration. *Sport, Business and Management: An International Journal*, 11(1), 10-27.
- Inversini, A., Sit, J., & Pyle, H. T. (2016). Mapping mobile touchpoints in sport events. In *Information and Communication Technologies in Tourism 2016: Proceedings of the International Conference in Bilbao, Spain*,

February 2-5, 2016 (pp. 535-547). Cham: Springer International Publishing.

- Iveson, A. (2020). Digital twin of Los Angeles 2028 venue SoFi Stadium to be built to further data analysis. *Inside the Games*. <https://www.insidethegames.biz/articles/1100074/la28-sofi-digital-twin>
- Jiang, Y., Yin, S., Li, K., Luo, H., & Kaynak, O. (2021). Industrial applications of digital twins. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379(2207), 20200360.
- Joachim, V., Spieth, P., & Heidenreich, S. (2018). Active innovation resistance: An empirical study on functional and psychological barriers to innovation adoption in different contexts. *Industrial Marketing Management*, 71, 95-107.
- Kakderi, C., Komninos, N., & Tsarchopoulos, P. (2019). Smart cities and cloud computing: lessons from the STORM CLOUDS experiment. *Journal of Smart Cities*, 1(2), 4-13.
- Lawrence, S., & Crawford, G. (2018). The hyperdigitalization of football cultures. In *Digital Football Cultures* (pp. 1-16). Routledge.
- Mahdi, M. J., Aljuboori, A. F., & Hussein, A. M. (2021). Smart stadium using cloud computing and Internet of Things (IoT): Existing and new models. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 10(5), 111-118.
- Mani, Z., & Chouk, I. (2018). Consumer resistance to innovation in services: challenges and barriers in the internet of things era. *Journal of Product Innovation Management*, 35(5), 780-807.
- Mareček, J., Richtárik, P., & Takáč, M. (2017). Matrix completion under interval uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 256(1), 35-43.
- Marsden, M., McGuinness, K., Little, S., & O'Connor, N. E. (2016). Holistic features for real-time crowd behaviour anomaly detection. In *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)* (pp. 918-922). IEEE.
- Melander, B. A. (2016). Smart stadiums: an illustration of how the internet of things is revolutionizing the world. *Ariz. St. U. Sports & Ent. LJ*, 6, 349.
- Meta, I., Serra-Burriel, F., Carrasco-Jiménez, J. C., Cucchiatti, F. M., Divi-Cuesta, C., García Calatrava, C., ... & Eguskiza Martínez, I. (2021). The camp nou stadium as a testbed for city physiology: a modular framework for urban digital twins. *Complexity*, 2021(1), 9731180.

- Nguyen, Q. K. (2016). Blockchain-a financial technology for future sustainable development. In *2016 3rd International conference on green technology and sustainable development (GTSD)* (pp. 51-54). IEEE.
- O'Brolcháin, F., De Colle, S., & Gordijn, B. (2019). The ethics of smart stadia: a stakeholder analysis of the Croke Park project. *Science and engineering ethics*, 25(3), 737-769.
- Öner, A. (2024). Dijital finansın spor inovasyonu üzerindeki etkisinin teorik olarak irdelenmesi. *Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 87–98.
- Öner, İ., Karadağ, T. F., Karataş, Ö., & Karataş, E. Ö. (2024). Olimpiyatlarda Kullanılan Teknolojik Yeniliklerin Rolü. *Kafkas Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 4(2), 12-27.
- Panchanathan, S., Chakraborty, S., McDaniel, T., Tadayon, R., Fakhri, B., O'Connor, N. E., ... & Monaghan, D. (2017). Enriching the fan experience in a smart stadium using internet of things technologies. *International Journal of Semantic Computing*, 11(02), 137-170.
- Parada, M., & Bull, G. L. (2018). In the fast lane: Innovations in digital finance (No. 128219, pp. 1-24). *The World Bank*.
- Paramio, J. L., Buraimo, B., & Campos, C. (2008). From modern to postmodern: the development of football stadia in Europe. *Sport in society*, 11(5), 517-534.
- Paramio, J. L., Buraimo, B., & Campos, C. (2008). From modern to postmodern: the development of football stadia in Europe. *Sport in society*, 11(5), 517-534.
- Ryu, H. S. (2018). Understanding benefit and risk framework of fintech adoption: Comparison of early adopters and late adopters.
- Sapkal, P. S. (2020). Crowd Management System Using Iot. *INTERNATIONAL JOURNAL*, 5(12).
- Sartori, A., & Nienhoff, H. (2013). *A blueprint for successful stadium development*. KPMG.
- Shen, Y., Hu, W., & Hueng, C. J. (2018). The effects of financial literacy, digital financial product usage and internet usage on financial inclusion in China. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 228, p. 05012). EDP Sciences.
- Tzachor, A., Sabri, S., Richards, C. E., Rajabifard, A., & Acuto, M. (2022). Potential and limitations of digital twins to achieve the sustainable development goals. *Nature Sustainability*, 5(10), 822-829.

- Uhrich, S. (2022). Sport spectator adoption of technological innovations: A behavioral reasoning analysis of fan experience apps. *Sport Management Review*, 25(2), 275-299.
- Van Heck, S., Valks, B., & Den Heijer, A. (2021). The added value of smart stadiums: a case study at Johan Cruijff Arena. *Journal of Corporate Real Estate*, 23(2), 130-148.
- Wakefield, K. L., Blodgett, J. G., & Sloan, H. J. (1996). Measurement and management of the sportscape. *Journal of sport management*, 10(1), 15-31.
- Yang, C., & Cole, C. L. (2022). Smart stadium as a laboratory of innovation: Technology, sport, and datafied normalization of the fans. *Communication & Sport*, 10(2), 374-389.
- Yermack, D., & Fingerhut, A. (2019). Blockchain technology's potential in the financial system. In *Proceedings of the 2019 financial market's conference*. sn.
- Zachariadis, M., & Ozcan, P. (2017). The API economy and digital transformation in financial services: The case of open banking.
- Zhang, G., Lu, D., & Liu, H. (2020). IoT-based positive emotional contagion for crowd evacuation. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(2), 1057-1070.
- Zhu, X., Song, B., Ni, Y., Ren, Y., & Li, R. (2016). Digital finance—from traditional finance to digital and internet finance. In *Business Trends in the Digital Era: Evolution of Theories and Applications* (pp. 161-190). Singapore: Springer Singapore.

## BÖLÜM 7:

### Sporda Finansal Yönetim ve Pazarlama

Doç. Dr. Murat AYGÜN<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

<sup>2</sup>Ardahan Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

#### Özet

Teknolojinin gelişimi ve yapay zekâ uygulamaları bilimin daha evrensel bir yapı kazanmasına neden olmuştur. Para piyasasındaki değişiklikler kurum ve kuruluşların finansal bir yapı kazanmalarına olanak tanımıştır. Özellikle önemli bir ekonomik potansiyele sahip olan spor sektörü aracılığıyla ülkeler, çeşitli yatırım olanakları yaratmaya başlamışlardır. Uluslararası alanda NBA, NHL ve NFL gibi spor liglerinin yapıları ile sporcu transferleri, günümüzde ciddi ekonomik boyutlara ulaşmıştır. Bu nedenle pazar hacmi ve spor pazarlaması bilim insanlarının ve özel sektörün araştırma konusu haline gelmiştir. Hükümetler dünya'nın en büyük spor organizasyonu olan Olimpiyat oyunları için ciddi bir bütçe ayırırken sporcu gelişimi için üstün çaba harcamaktadırlar. Kurum ve kuruluşlar sporcu gelişiminin yanı sıra, sponsorluk, marka, pazarlama ve diğer iş birlikleri için ciddi bir yarış içerisine girmişlerdir. Özel sektörde şirketlerin tanıtım faaliyetleri açısından sportif başarıyı elde etmek giderek daha önemli hâle gelmiştir. Bu durum, spor piyasasında ciddi bir rekabet hacminin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla spor kulüplerinin finansal açıdan incelenmesi ve sporda pazarlama kavramlarının ele alınması, ekonomi ve spor ekonomisi literatürünün önemli çalışma alanlarından biri hâline gelmiştir.

## 1. Giriş

Belirli bir zaman aralığında üretilen mal ve hizmetlerin bir önceki dönemden fazla olması ekonomik büyüme olarak tanımlanmaktadır. Smith'in 1776 yılında "Ulusların Zenginliğinin Doğası ve Nedenleri" üzerine yaptığı bir inceleme ile ekonomik büyüme ve iktisadi büyüme teorisini açıklanmaya çalışılmıştır (Genç ve Göçeri, 2020; Işık ve Bilgin, 2016; Stigler, 1976). Ekonomik büyümede çeşitli faktörlerin belirleyici olduğu ifade edilirken, kurumların ekonomik büyüme için ciddi bir etken olduğu görülmektedir (Tutgun ve Savaş, 2023). İktisatta, piyasadaki arz ve talep mekanizmasının dengeyi sağlaması ve ekonomideki kaynakların en iyi şekilde tahsis edilmesini sağlaması nedeniyle krizler içsel değil dışsal olarak görülmüştür (Savaş ve Çakmak Şahin, 2021). Bu durumun kaynağı olarak, teknolojik değişimler, siyasi veya kurumsal/yapısal gelişmelerin etken olabileceği düşünülmektedir.

Bu nedenle ekonomik büyümenin belirleyicileri zaman içinde farklılaşmıştır. Neoklasik yaklaşım, başlangıçta sermaye birikimi ve verimlilik üzerinde dururken (Solow ve Ramsey modelleri), daha sonraki dönemde içsel büyüme teorileri teknolojik ilerlemeyi sürecin merkezine yerleştirmiştir (Tutgun ve Savaş, 2023). Literatürde, ekonominin sürekli değişim ve gelişim dinamikleri üzerinde yoğunlaşıldığı görülmektedir. Özellikle teknolojik gelişmeler, kaynaklara erişimi kolaylaştırmakta ve pazarlama alanında yeni çalışmaların ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır.

Sporda finansal yönetim ve pazarlama, spor sektörünün gelişmesindeki önemli iki kavramdır. Giderek artan ekonomik büyüme ve ticarileşme, kurumların mali yapılarını daha verimli kullanarak stratejik kararlar almalarına olanak tanımaktadır. Marka, reklam ve sponsorluk gibi unsurlar ise spor pazarlamasının bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasına katkı sağlamaktadır.

Bu nedenle, ekonomik büyümenin belirleyicileri zaman içinde farklılaşmıştır. Neoklasik yaklaşım, başlangıçta sermaye birikimi ve verimlilik üzerinde dururken (Solow ve Ramsey modelleri), daha sonra içsel büyüme teorileri teknolojik ilerlemeyi sürecin merkezinde durmaya başlamıştır (Tutgun ve Savaş, 2023). Literatürde, ekonominin sürekli değişim ve gelişim dinamikleri üzerinde yoğunlaşıldığı görülmektedir. Özellikle teknolojik gelişmeler, kaynaklara erişimi kolaylaştırırken pazarlama alanında da yeni çalışmaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Sporda finansal yönetim ve pazarlama, spor sektörünün gelişmesindeki iki önemli kavramlardır. Giderek artan ekonomik büyüme ve ticarileşme, kurumların mali yapılarını daha verimli kullanarak stratejik hamleler yapmalarına olanak tanımaktadır. Marka, reklam ve sponsorluk gibi kavramlar, spor pazarlamasının bütüncül bir yaklaşımda değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır.

## 2. Finansal Yönetim

Ekonomik büyüme konusunda finansal gelişim, iktisat alanında sıklıkla gündeme gelen ve araştırmacılar tarafından tartışılan bir konudur. Bu konuda teorik açıdan net bir uzlaşıya varılamaması, yeni araştırmaların ortaya çıkmasına ve tartışmaların devam etmesine neden olmaktadır. Finansal gelişimin ekonomik büyüme üzerinde etkili bir unsur olduğunun ifade edilmesiyle birlikte, finansal sistemler ve kurumsal düzenlemeler, tasarruf ile yatırımların daha etkin bir şekilde eşleşmesini sağlamaktadır. Sermayenin bu yolla verimli alanlara yönlendirilmesi, ekonomik büyüme üzerinde genişletici bir etki yaratacaktır (Bölükoğlu, 2021). Finansal temeller ise gelir, gider, bilanço, borç, öz sermaye ve yatırım getirisi gibi temel kavramları kapsamaktadır (Longley ve Agha, 2014).

Finansal gelişimin ekonomik büyümeyi destekleyip desteklemediği sorusunun yanıtlanmasında, sektör ve firma düzeyindeki veriler de analize dâhil edilmiştir. Mikroekonomik araştırmalar, ülkeler arası ve panel veri çalışmaları yoluyla

mevcut zayıflıkları aşmayı, nedensellik sorunlarını çözmeyi ve finansın ekonomik büyümeyi etkilediği mekanizmaları (varsa) daha ayrıntılı biçimde ortaya koymayı amaçlamaktadır (Levine, 2003). Finans ve ekonomik büyüme üzerine yapılan ampirik çalışmalar, finansal sistemin büyüme üzerindeki etkisini, bankalar ile borsalar gibi finansal bileşenlerin kalkınmanın farklı aşamalarında rol oynadığını göstermektedir (Levine, 2005). Bu nedenle ekonomik sistemlerin incelenmesi ekonomik büyüme göstergeleri için oldukça önemlidir.

Sanayi Devrimi ile birlikte bazı ülkelerin diğerlerine kıyasla daha hızlı büyüdüğü ve geliştiği görülmüştür. Ekonomik büyüme niceliksel olarak gelir artışını ifade etse de kişi başına gelir düzeyinin yükseldiği ülkelerde refah göstergeleri de genel olarak iyileşmektedir. Bu nedenle ekonomik büyüme, önemli bir refah ölçütü hâline gelmiştir. Demokratik yönetimlerde hükümetlerin başarısı, toplumun refahını artırabilme düzeyiyle ilişkilendirildiğinden, büyüme hedefleri politika öncelikleri arasında yer almaktadır. Özellikle kişi başına geliri gelişmiş ülkelerin gerisinde kalan ülkelerde, ekonomik büyümeye yönelik politikaların önemi daha da artmaktadır (Çeştepe ve Yıldırım, 2016).

En başarılı yöneticiler planlama sürecinde sadece karar vermekten ziyade finansal becerilerininide kullanırlar. Finansal başarıyı belgelemek ve planlamak için spor organizasyonlarının finansal beceriye, analiz edilmeye ve yorumlanma konusunda alan uzmanına ihtiyaç duyulmaktadır. Kulüplerin ekonomik yapıları eski dönemlerde sadece birkaç antrenörden oluşurken, şimdilerde başarı için alan uzmanları daha da önemli bir hale gelmiştir (Fried vd., 2013).

### ***2.1. Spor Kulüplerinde Finansal Yönetim***

Toplumların sporu sosyal ve kültürel gelişimleri için bir araç olarak kullandıkları düşünülmektedir. Özellikle gelişmiş ülkeler, sporu hayatlarının bir parçası olarak benimsemiş ve ekonomik büyümenin bir kaynağı olarak değerlendirmişlerdir. Spor tüketimi ve endüstrilerindeki artış ekonomik büyümeye katkıda bulunabilir

ve ekonomik büyüme spor endüstrileri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir (Aygün vd., 2023). Önemli bir sektör haline gelen spor, birçok faaliyet alanını ve sektörü kapsamaktadır. Özellikle boş zaman endüstrisinin de parçası olması ciddi bir ekonomik etki yaratmaktadır (Devecioğlu, 2022).

Ekonomik kalkınmanın etkisi, mevcut literatürde kapsamlı bir şekilde araştırılan bir alan haline gelmiştir (Aygün ve Savaş, 2024). Spor faaliyetleri; bilet satışları, turizm, ürün ve hizmet pazarlaması, sponsorluklar ve medya gelirleri yoluyla ekonomik büyümeyi destekleyen önemli bir ekonomik etki yaratmaktadır. Dahası, yeni tesislerin inşası ve sayıların artması, yönetim ve istihdam fırsatları için umutlar sunmaktadır. Aynı zamanda sporcu gelişiminde altyapı çalışmalarına öncelik verilmesi, ulusal ve uluslararası başarıyı ve kulüplerin kalite düzeyini artırma potansiyeli nedeniyle politika açısından büyük önem taşımaktadır (Aygün vd., 2023).

Ekonomik değişkenlerin sporcu performansının önemli bir göstergesi olarak kabul edilmesi, finansal kaynakların, tesislerin, politikaların ve sporcu destek sistemlerinin mevcudiyetine bağlıdır. Daha yüksek gayri safi milli hasılaya ve daha kapsamlı spor politikalarına sahip ülkelerin madalya sonuçlarında daha fazla istikrar sağlayacağına inanılmaktadır. Bu nedenle, ekonomik göstergelerin Olimpiyat performansı ve madalya sonuçlarıyla ilişkisinin incelenmesi, ülkelerde yeni spor politikalarının geliştirilmesi ve başarıyı artırmayı hedefleyen bilinçli bir spor kültürünün oluşturulması için önemli bir faktördür (Aygün ve Savaş, 2024). Bu nedenle finansal yönetim, özellikle kâr amacı gütmeyen kuruluşlar açısından, spor federasyonlarının finansal performansının sürdürülebilirliğini sağlamak üzere araçlar geliştirmeye odaklanmaktadır (Winand vd., 2012; Hoye vd., 2015). Bilimsel çalışmaların belirli konular veya spor dalları üzerinde yoğunlaşmasının temel nedeni, toplumsal ilgi ve araştırma talebidir. Bu nedenle sporun gelişmiş yapısı ve ekonomik büyüklüğü, spor ile ekonomi arasındaki ilişkinin incelenmesini önemli kılmaktadır (Aygün ve Savaş, 2025).

“Spor endüstrisi ve ekonomik güçlenme” başlığı 10. Kalkınma planı bünyesinde yer alırken, spor endüstrisi ve ekonomiye ilişkin birim oluşturularak, geliştirici ve önleyici tedbirler alınması gerekliliği belirtilmektedir. “Spor Finansmanının İyileştirilmesi ve Sponsorluğun” teşvik edilmesi başlığında, yerel yönetimlerin ve özel kuruluşlar tarafından yapılan yatırımların amatör spor branşları için önemli bir kaynak olarak yetersiz kaldığı belirtilmektedir. Bu nedenle spor alanında alternatif finansman modelleri geliştirilmesi gereklidir (Yücel vd., 2016). 2024 yılında çıkarılan Finansal Fair Play düzenlemesi ile anstronomik seviyelere ulaşan sporcu finansal değerlerinin makul seviyelere düşürülmesi amaçlanırken, alt yapılara yapılacak yatırım olanaklarını genişletmek ve kulüplerin ekonomik başarısı için mali sorumlulukların zamanında yerine getirilmesi hedeflenmektedir (Özer, 2020). Profesyonel Spor Finansmanı, profesyonel takım sporlarının finansmanının Avrupa ve Kuzey Amerika'daki büyük sporlar arasında yoğunlaştığı, öncelikle TV yayın hakları gelirlerine, ardından ticari mal satışına, kurumsal finansmana, oyuncu ticaretine ve borsaya dayandığı gözlemlenmiştir

**Tablo 1.** “Yayın Haklarına”ne ait veriler (Fried vd., 2013).

| <b>Zaman Aralığı</b> | <b>Yayın Hakları</b> | <b>Tahmini Yıllık Değerler<br/>(Milyar)</b> |
|----------------------|----------------------|---------------------------------------------|
| 2006-2013            | ESPN                 | \$1.1 (2012-2013 +1.8\$)                    |
| 2006-2013            | FOX                  | \$720                                       |
| 2006-2013            | CBS                  | \$619                                       |
| 2006-2013            | NBC                  | \$603                                       |
| 2011-2014            | DirecTV              | \$1                                         |

2006-2013 ve 2011-2014 dönemlerine ilişkin yayın hakları verileri değerlendirildiğinde, medya kuruluşlarının spor içeriklerine yönelik yatırımlarında belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir. ESPN, yıllık ortalama 1.1 milyar dolarlık ödemesi ve özellikle 2012-2-013 sezonunda 1.8 milyar dolara ulaşan harcamasıyla dönemin en yüksek yatırım yapan kuruluşu olarak öne çıkmaktadır. DirecTV, 2011-2014 döneminde yıllık 1 milyar dolarlık ödeme ile ciddi bir strateji izlemiştir. FOX (720 milyon dolar), CBS (619 milyon dolar) ve NBC (603 milyon dolar) ise birbirine yakın seviyelerde ve daha dengeli bir yatırım profili sergileyen kuruluşlar olarak dikkat çekmektedir.

Spor finansmanı, sektördeki finansman yapısının hem makro hem de mikro düzeydeki yönlerini kapsamaktadır. Sporda finansal evrim ve finansal yönetim ilkeleri şunlardır;

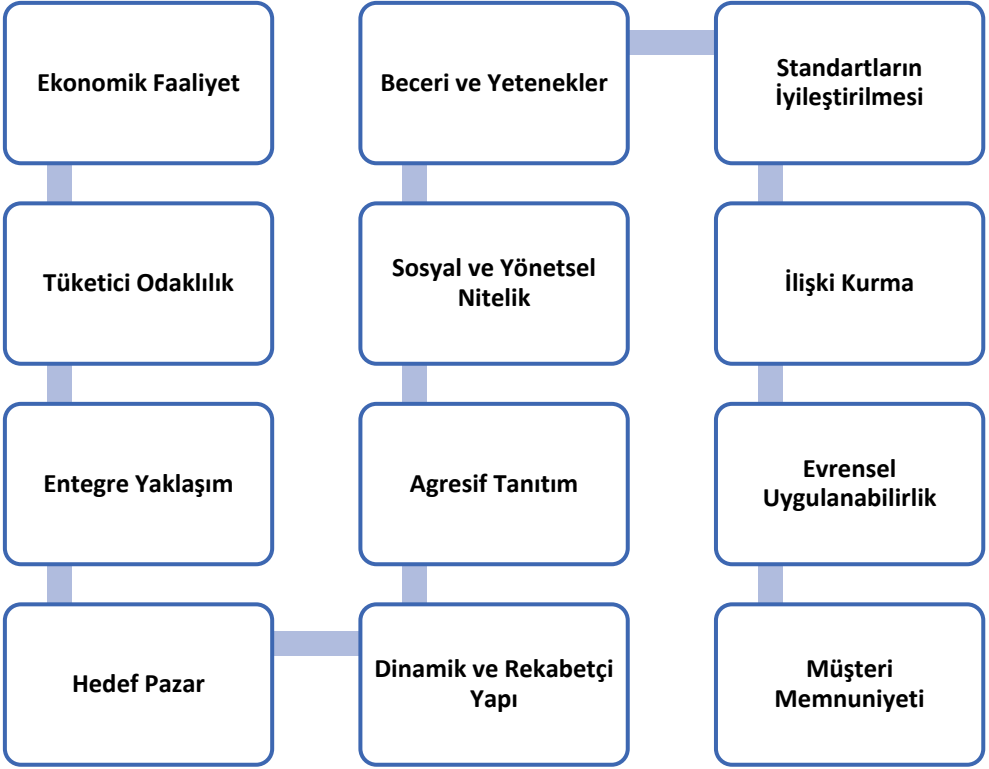
- Spor Finansının Evrimi: Spor finansmanını, sporun basit operasyonel faaliyetlerden yönetim kurulu odaklı, küresel bir finans sektörüne doğru evrimi bağlamında ele almaktadır.
- Finansal Yönetim İlkeleri: Bütçeleme, finansal projeksiyonlar, bağış toplama, fiyatlandırma (Stewart, 2017), bilet, ürün satışları, spor bahisleri, sponsorluk ve yayın hak ücretlerini kapsayan ekonomik konuları içermektedir (Hoye vd., 2015; Gümüşdağ, 2024).

### 3. Pazarlama

Pek çok akademisyen, pazarlamanın 1561 yılında İngilizce diline girmesiyle birlikte birçok olumsuz tepkiyle karşılaştıklarını ifade etmektedir (Gamble vd., 2011). Pazarlama kavramı, istek ve ihtiyaçların işletme amaçlarını sağlayacak şekilde yönetilmesi olarak tanımlanmaktadır. Pazarlama süreci üretici ile başlayıp, toptancı, perakendeci ve tüketiciye doğru ilerlemektedir (Özmen, 2013).

Pazarlama, teknolojinin gelişmesi ile birlikte karmaşık bir hal almıştır. Eski dönemlerde yabancılar tarafından önemsenmeyen yapı, küresel çerçevede artık büyük yatırımcılarında kazanç kapısı haline gelmiştir. Pazarlamadaki çeşitlilik, teknolojik hız ve yenilik, rekabeti önemli ölçüde artırmaktadır. Özellikle teknolojik gelişmeler, “ARGE” faaliyetlerine ayrılan bütçenin artmasına ve tüketicilere teknik açıdan üst düzey ürünler sunmayı amaçlamaktadır. Bu da yoğun tüketim faaliyeti içerisinde yaşam tarzının değişmesine neden olmaktadır. 1960 yılında Amerika Pazarlama Derneği tarafından yapılan tanıma göre; “*mal ve hizmetlerin üreticiden tüketiciye veya kullanıcıya yönlendiren işletme faaliyetlerinin yürütülmesi*” olarak tanımlanmaktadır (Kapoor, 2021). Tüketici, mal veya hizmetlerin kullanılması olarak tanımlanırken, müşteri bir ürünü satın alan kişi olarak ifade edilmektedir (Baines vd., 2017).

Pazarlamada temel kavramlar; İhtiyaç, istek ve talep, ürün, değer ve iş tatmini, değişim ve işlem, pazarlama, pazarlamacıdır (Kapoor, 2021).



Şekil 1. Modern pazarlama yapısı (Kapoor, 2021).

### 3.1. Sporda Pazarlama

Sporun daha geniş ekonomik sistemde karşılık bulması, sporun kültürel ve ekonomik yönünü yansıtmaktadır (Alma Savaş, 2024). Uluslararası yönetim grubu tarafından 1960'lı yılların sonuna doğru spor pazarlamasının ortaya çıktığı yayın bir görüştür. Geleneksel pazarlama ile spor pazarlaması arasında birtakım farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Geleneksel yapıda;

- Bir kuruluşun başarısı rakiplerini yenmeye veya ortadan kaldırmaya bağlı olabileceği,
- Daha çok tutarlı bir yapı,
- Mükemmel ürün algısını ortaya çıkarmak için arge çalışmalarının önemli olduğu ön plana çıkarmaktadır.

Spor pazarlamasında;

- Birçok farklı durumda hem rekabet etmeli hemde iş birliği yapılması,
- Spor ürün ve hizmetleri aynı anda üretilip, tüketilir olduğu,
- Spor ürünlerinin tutarsız ve tahmin edilemez bir yapıya sahip olması,
- Sporun evrensel yapısı, insanların katılım sağlamasına ve çekici bir yapı kazanmasına neden olmaktadır (Clark, 2014).

Sporla pazarlama kavramı, pazarlamanın alt başlığı olarak yer alsada disipliner özelliğinden dolayı bazı farkların oluşmasına neden olmuştur. Bu nedenle spor pazarlamasının kendi dinamiklerinin ortaya konulması oldukça önemlidir.

Sporla en sık ilişkilendirilen pazarlama karması “4P” olarak ifade edilmektedir (Kotler, 2003; Mihai, 2013). Bazı kaynaklar spor pazarlamasında tanıtım ve halkla ilişkiler ayrı tutularak pazarlama karmasını “5P” olarak adlandırmaktadır. Bunlar; Ürün (product), fiyat (prices), yer (places), tanıtım (promotion) ve halkla ilişkilerdir (public relation) (Clark, 2014). Bu pazarlama karması unsurları, spor sektörünün kendine özgü dinamikleri çerçevesinde farklılaşmakta ve spor pazarlamasına olan ihtiyacın artmasında belirleyici rol oynamaktadır.

Sporla istek ve ihtiyaçların değişkenlik göstermesi, rekabetçi yapının ortaya çıkmasıyla pazarlamaya olan talebi arttırmıştır. İki temel yapıda gelişen spor pazarlaması, spor ürün ve hizmetlerinin doğrudan tüketiciye pazarlanması ve endüstriyel ürün ve hizmetlerin tanıtım faaliyetlerini kapsamaktadır (Mullin ve Hardy, 2007). Spor ürünlerinin özelliklerinde; temel fayda, genel spor formu,

spesifik spor formu ve pazarlama karması yer almaktadır. Her başlığın kendi içerisinde birtakım özellikleri bulunmaktadır (Mullin vd., 2014).

Tablo 2. Spor ürünlerinin özellikleri

| <b>SPOR ÜRÜNLERİNİN ÖZELLİKLERİ</b> |                         |                            |                          |
|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Temel Fayda</b>                  | <b>Genel Spor Formu</b> | <b>Spesifik Spor Formu</b> | <b>Pazarlama Karması</b> |
| Sağlık                              | Oyunlar                 | Hokey                      | Yer                      |
| Eğlence                             | Kurallar                | Tenis                      | Fiyat                    |
| Sosyalleşme                         | Ekipman                 | Beyzbol                    | Halkla ilişkiler         |
| Başarı                              | Fiziksel beceri         | Futbol                     | Tutundurma/Tanıtım       |
|                                     | Tesisler                | Voleybol                   | Ürün                     |
|                                     |                         | Golf                       |                          |

Spor pazarlaması içerisinde spor faaliyetlerine katılan izleyiciler için, yer ve spor araçları oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Mullin vd.. (2014), tarafından yapılan bir çalışmada, ülkelere göre seyirci sayıları belirtilmiştir (bkz. Tablo 3). Sporda izleyici sayılarına ilişkin veriler, pazar büyüklüğünü, tüketici ilgisini ve futbol kültürünün gelişmişliği hakkında bilgi vermektedir. Bu nedenle, spor kulüplerine yapılan yatırımların karşılığında sponsorluk, ürün ve hizmetlerin tanıtımı, yatırım getirileri önemli bir rol oynamaktadır. Futbol ekonomisinin coğrafi farklılıkları Avrupa merkezli bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, öncelikle spora verilen önemi ön plana çıkarırken, kulüp gelir yapısını, futbolun ticarileşme düzeyini ve taraftar bağlılığı gibi çok boyutlu faktörlerle ilişkilendirilebilir.

Spor pazarlaması içerisinde yer alan pazarlayıcı kavramı, doğrudan seyir sporlarına ilişkin, katılım sporlarına ilişkin, spor malzemelerine ilişkin ve spor dışı ürünler olarak gruplandırılmaktadır (Fullerton ve Merz, 2008).

**Tablo 3.** Futbol liglerinde ortalama seyirci sayıları

| Lig                           | Ülke      | Ortalama Seyirci | Sezon     |
|-------------------------------|-----------|------------------|-----------|
| Bundesliga                    | Almanya   | 45.134           | 2011–2012 |
| Campeonato Brasileiro Série A | Brezilya  | 14.976           | 2011      |
| Chinese Super League          | Çin       | 17.651           | 2011      |
| Eredivisie                    | Hollanda  | 19.538           | 2011–2012 |
| J League 1                    | Japonya   | 15.797           | 2011      |
| La Liga                       | İspanya   | 30.275           | 2011–2012 |
| Major League Soccer           | ABD       | 17.872           | 2011      |
| Premier League                | İngiltere | 35.283           | 2010–2011 |
| Primera División de México    | Meksika   | 25.837           | 2010–2011 |
| Serie A                       | İtalya    | 24.031           | 2010–2011 |

#### 4. Sonuç ve Gelecek Perspektif

Modern spor endüstrisi kapsamında önemli bir yer tutan finansal yönetim ve pazarlama, sporun devamlılığı için önemlidir. Gelir farklılıkları, sportif başarı, turizm olanakları ve marka faktörü spor kulüpleri ve spor organizasyonlarının

rekabet gücünü belirleyen önemli faktörler arasındadır. Doğru bir pazarlama stratejisi ile kulüplerin marka değerlerinin artmasına, sponsorluk ilişkilerine ve yayın haklarının ciddi oranda artmasına olanak tanımaktadır. Finansal sürdürülebilirlik kavramını tek başına düşünmek doğru değildir. Sürecin doğru devam edebilmesi için, planlama, sermaye, finansal risk, yatırım ve teknoloji gibi unsurların hep birlikte ele alınması gerekmektedir. Bu nedenle bütüncül bir yaklaşımla sürdürülebilirlik daha etkin yürütülecektir.

Spor kulüplerinin her geçen gün daha büyük bir ekonomik güce sahip olması, rekabet hacmini arttırmaktadır. Bu kadar hızla gelişen bir yapıda spor kulüplerinin ve spor işletmelerinin değişim ve gelişime ayak uydurması zorunlu bir hal almaya başlamıştır. Dijitalleşme ve veri analitiğine dayalı sistemlerin yaygınlaşması finansal yönetim açısından doğru analiz edilmeye imkân tanıyacaktır. 21. yüzyılın gelişen teknolojilerinden biri olan yapay zekâ ile kişiselleştirme, dijital sponsorluk ve pazarlamada daha kolay erişim imkânı sağlarken, rekabetçi yapıda zor bir hal almıştır. Ayrıca teknolojinin gelişimi, verilere erişimi kolaylaştırırken, spor kulüplerinin ve ülkelerin sürdürülebilir çevre kapsamında mali tasarruf sağlamayı amaç edinen girişimlerinde ortaya çıkarmaktadır. Özellikle spor tesislerinde finansal kazanım sağlamak için, karbon ayak izi ve yeşil finansman gibi kavramların ön plana çıktığı görülmektedir. Sonuç olarak, gelecekte daha dijital ve veri odaklı bir yapının ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Bu dönüşüm ve gelişime uyum sağlayabilen kurumlar/işletmeler hem küresel hemde ekonomik açıdan güçlü bir konuma sahip olacaklardır.

## Kaynakça

- Alma Savaş, D. (2024). Sports product market dynamics in Europe: Consumption and production insights. *Sport Economics Research*, 1(1), 39–58.
- Aygün, M., Savaş, Y., & Alma Savaş, D. (2023). The relation between football clubs and economic growth: The case of developed countries. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1-11.
- Aygün, M., & Savaş, Y. (2024). Analysing winter olympic medals through economic variables: A comprehensive examination. *Research in Sport Education and Sciences*, 26(4), 197-209.
- Aygün, M. & Savaş, Y. (2025). Bibliometric analysis technique in sports and economics studies: A new approach. *Journal of Sports and Science*, 3(1), 161-181.
- Baines, P., Fill, C., & Rosengren, S. (2017). *Marketing*. Oxford University Press.
- Bölükoğlu, A. (2021). Finansal gelişme ve ekonomik büyüme arasındaki doğrusal olmayan ilişki: IMF finansal gelişmişlik endeksi ile yeni bulgular. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 385-402.
- Çeştepe, H., & Yıldırım, E. (2016). Türkiye’de finansal gelişme ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 12(12), 12-26.
- Clark, J. (2014). Marketing principles applied to sport management. *Principles and Practices of Sport Management*, 50-70.
- Devecioğlu, S. (2022). *Küresel spor ekonomisi*. In A. Dever & E. Erdoğan (Eds.), *Küreselleşme ve spor*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Fullerton, S., & Merz, G. R. (2008). The four domains of sports marketing: A conceptual framework. *Sport Marketing Quarterly*, 17(2), 90-108.
- Fried, G., DeSchraver, T. D., & Mondello, M. (2013). *Sport finance*. Human Kinetics.
- Gamble, J., Gilmore, A., McCartan-Quinn, D., & Durkan, P. (2011). The Marketing concept in the 21st century: A review of how Marketing has been defined since the 1960s. *The Marketing Review*, 11(3), 227-248.
- Genç, S. Y., & Göçeri, K. (2020). Politik iktisadın gelişiminde iskoç aydınlanmasının etkisi. *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, 12(2), 132-146.
- Gümüşdağ, H. (2024). Sport Economics and Financial Management. *Economic Research*, 8(4), 155-166.

- Hoye, R., Smith, A. C., Nicholson, M., & Stewart, B. (2015). *Sport management: principles and applications*. Routledge.
- Işık, H. B., & Bilgin, O. (2016). Finansal gelişme ve ekonomik büyüme ilişkisi Türkiye örneği. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 5(7), 1757-1765.
- Kapoor, N. (2021). *Principles of Marketing*. PHI Learning Pvt. Ltd.
- Kotler, P. (2003). *Marketing management*. Upper Saddle River. Prentice Hall.
- Levine, R. (2003). More on finance and growth: more finance, more growth?. *Review-Federal Reserve Bank of Saint Louis*, 85(4), 31-46.
- Levine, R. (2005). Finance and growth: theory and evidence. *Handbook of Economic Growth*, 1, 865-934.
- Longley, N., & Agha, N. (2014). Financial and economic principles applied to sport management. In L. P. Masteralexis, C. A. Barr, & M. A. Hums (Eds.), *Principles and practice of sport management*. Jones & Bartlett Learning.
- Mihai, A. L. (2013). Sport marketing mix strategies. *SEA-Practical Application of Science*, 1(01), 298-303.
- Mullin, B. J., & Hardy, S. (2007). *Sport Marketing*. Human Kinetics Publishers.
- Mullin, B. J., Hardy, S., & Sutton, W. A. (2014). *Sport marketing* (Fourth edition). Human Kinetics.
- Özer, U. (2022). Spor hukukunun temel işlevleri. In Z. F. Dinç (Ed.), *Spor bilimleri IV*. Akademisyen Kitabevi.
- Özmen, M. (2013). Pazarlamada temel kavramlar. In Ö. Torlak & M. Özmen (Eds.), *Pazarlama ilkeleri*. Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Savaş, Y., & Çakmak Şahin, S. (2021). Income inequality and crisis theories. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 16(3), 873 – 899.
- Stigler, G. J. (1976). The successes and failures of professor Smith. *Journal of Political Economy*, 84(6), 1199-1213.
- Stewart, B. (2017). *Sport funding and finance*. Routledge.
- Tutgun, S., & Savaş, Y. (2023). Kurumsal kalite ve finansal gelişmenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi sahra altı Afrika ülkeleri örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(3), 879-904.
- Yücel, A. S., Atalay, A., & Korkmaz, M. (2016). *Türkiye’de yerel yönetimler ve spor hizmetleri*. Nobel Akademik Yayıncılık.

Winand, M., Zintz, T., & Scheerder, J. (2012). A financial management tool for sport federations. *Sport, Business and Management: An International Journal*, 2(3), 225-240.

## BÖLÜM 8:

### Adaptif Yapay Zekâ ve Mobil Uygulamalar ile Antrenman Programlama

Buket ŞERAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

#### Özet

Bu bölüm, spor bilimlerinde antrenman programlamasının dijital dönüşümünü ele alarak, adaptif yapay zekâ (YZ) ve mobil uygulamaların performans optimizasyonundaki rolünü kapsamlı bir çerçevede incelemektedir. Geleneksel antrenman programlama yaklaşımları, çoğunlukla statik periodizasyon modellerine dayanmakta ve sporcuların bireysel farklılıklarını, günlük performans dalgalanmalarını ve çevresel değişkenleri yeterince dikkate alamamaktadır. Mobil cihazlar ve giyilebilir sensör teknolojileri, yerleşik sensörler ve kablosuz veri aktarım sistemleri aracılığıyla sporcuların biyomekanik, fizyolojik ve psikososyal verilerinin gerçek zamanlı ve saha içi koşullarda toplanmasına olanak sağlamaktadır. Bu veriler, makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmalarıyla analiz edilerek antrenman yüklerinin bireye özgü ve dinamik biçimde düzenlenmesini mümkün kılmaktadır. Bölümde; antrenman yükünün çok boyutlu izlenmesi ve adaptif düzenlenmesi, performans ve teknik analiz, psikolojik durumun izlenmesi ve yetenek tespiti gibi güncel uygulama alanları ele alınmakta ve bununla birlikte veri kalitesi, model yorumlanabilirliği, veri dengesizliği ve saha içi ölçeklendirme gibi metodolojik sınırlılıklar eleştirel bir bakış açısıyla tartışılmaktadır. Sonuç olarak, adaptif yapay zekâ destekli mobil antrenman sistemlerinin, antrenörler ve spor bilimciler için etkili karar destek mekanizmaları sunarak sürdürülebilir, güvenli ve bireyselleştirilmiş antrenman programlamasına anlamlı katkılar sağladığı vurgulanmaktadır.

## Giriş

Spor bilimleri alanı, son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler ile birlikte, atletik performansı izleme, analiz etme ve optimize etme yöntemlerinde köklü bir değişim yaşamaktadır (Giblin vd., 2016; Li vd., 2016; Mali & Dey, 2020). Geleneksel yaklaşımlarda atletik performansın gerçek zamanlı ve ekolojik geçerliliği yüksek ortamlarda değerlendirilmesi, çoğunlukla sensör ağırları gibi kablosuz izleme sistemlerinin kullanımını gerektirmiştir. Ancak bu tür ticari sensör paketlerinin yüksek maliyetli olması, kurulum ve kullanım süreçlerinin teknik uzmanlık gerektirmesi ve çoğunlukla belirli performans göstergelerine odaklanan niş çözümler sunması, bu teknolojilerin yaygın kullanımını sınırlandırmıştır. Bu nedenle söz konusu sistemler, uzun süre boyunca yalnızca elit ve profesyonel sporcularla yürütülen araştırmalar ve uygulamalarla sınırlı kalmıştır (McCarthy vd., 2013).

Bu bölüm, adaptif yapay zekâ (YZ) ve mobil uygulamaların antrenman programlarındaki rolünü inceleyerek, akıllı cihazların ve yapay zekâ algoritmalarının bu maliyet, karmaşıklık ve erişilebilirlik engellerini nasıl aştığını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Akıllı telefonlar ve tabletler, yerleşik donanımları (ivmeölçerler, jiroskoplar, GPS ve yüksek çözünürlüklü kameralar) sayesinde birçok spor aktivitesini yakalamak için yeterli yeteneklere sahip, daha uygun maliyetli ve daha yaygın teknolojilerdir (Lim, 2020; McCarthy vd., 2013; Shaw vd., 2021). Bu cihazlar, karmaşık kullanım bilgisi ya da yüksek maliyet gerektirmeden, farklı alanlarda hızlı ve kolay biçimde kullanılabilir (McCarthy vd., 2013). Bu entegrasyonun en önemli katkısı, antrenörler ve sporcular için gerçek zamanlı ve saha içi izleme olanağı sunmasıdır. Mobil cihazlar, bireysel sporcuların aktivite verilerini doğrudan toplayıp anlık geri bildirim sağlayabilmekte (McCarthy vd., 2013) aynı zamanda Bluetooth ve ANT+ gibi kablosuz protokoller aracılığıyla harici sensörlerden elde edilen daha ayrıntılı verileri tek bir merkezi platformda birleştirebilmektedir. (Baca vd., 2010;

McCarthy vd., 2013). Yapay zekâ ve makine öğrenimi teknikleri, bu büyük ve karmaşık veri hacmini (*big data*) işleyerek, geleneksel istatistiksel yöntemlerin geride bıraktığı boşlukları dolduran uygulanabilir bilgi ve pratik çözümler üretmekte kritik bir rol oynamaktadır (Claudino vd., 2019; Molavian vd., 2023). Bu sayede antrenörler, sporcuların performansını en üst düzeye çıkarmak ve sakatlanma riskini azaltmak için bilimsel kanıtlara dayalı kararlar alabilmektedir (Claudino vd., 2019; Rico-Gonzalez vd., 2023).

## Literatürdeki Yeri ve Güncel Eğilimler

### *Yapay Zekâ ve Mobil Teknolojinin Yükselişi*

Antrenman planlamasının geleneksel modeli olan periodizasyon, yaklaşık elli yıl önce, sporcuların antrenman yanıtlarına ilişkin bilimsel bilginin ve biyolojik izleme olanaklarının sınırlı olduğu bir dönemin koşulları altında geliştirilmiştir. Bu yaklaşımın temel sınırlamaları arasında, aynı dönemde birden fazla atletik özelliğin hedeflenmesinin çelişkili fizyolojik uyarılar oluşturmaları, birikimli yorgunluğa yol açması ve sezon boyunca birden fazla zirve performansın sürdürülebilir biçimde sağlanamaması yer almaktadır (Issurin, 2010). Bu sorunları gidermeye yönelik arayışlar, blok periodizasyonu gibi daha odaklı ve adaptasyonu kolaylaştıran alternatif antrenman modellerinin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır (Issurin, 2010). Bununla birlikte, spor bilimlerinde en güncel paradigma değişimi, antrenman sürecinin statik planlamalar yerine veri temelli ve bireye özgü biçimde yönetilmesini mümkün kılan veri bilimi ve yapay zekâ uygulamalarının entegrasyonu ile gerçekleşmiştir (Rico-González vd., 2023). Yapay zekâ tekniklerinin spor performans analizindeki ilk uygulamaları 1995'e kadar uzanmakta olup (Lapham & Bartlett, 1995), bu dönemde özellikle yapay sinir ağlarının karmaşık hareket ve performans örüntülerini modellemedeki potansiyeli erken dönemde dikkat çekmiştir (Claudino vd., 2019). Günümüzde, makine öğrenimi algoritmaları, spor bilimleri literatüründe yetenek tespiti,

sakatlanma önleme ve performans tahmini gibi alanlarda hızla artan bir ilgi görmektedir (Claudino vd., 2019; Rico-Gonzalez vd., 2023).

Mobil cihazlar, spor izlemede yaygın olarak kullanılan temel araçlar haline gelmiş ve bu yaygınlık yapay zekâ temelli uygulamaların gelişimini desteklemiştir (Giblin vd., 2016). Akıllı telefonlar, dikey sıçrama performansı (örneğin My Jump 2 uygulaması), sprint hızı ve halter hızı (örneğin My Lift uygulaması) gibi biyomekanik değişkenleri kaydetmek için doğrulanmış ve güvenilir, uygun maliyetli çözümler sunmaktadır. Bu, geleneksel olarak pahalı ve karmaşık laboratuvar ekipmanlarıyla (kuvvet plakaları, lineer transdüser sistemleri) sınırlı olan ölçüm yeteneklerini saha içine taşımaktadır (Lim, 2020; Shaw vd., 2021).

## Adaptif Antrenman Programlamada Güncel Yapay Zekâ Eğilimleri

### 1. Sakatlanma Riski Tahmini ve Antrenman Yüğü Yönetimi

Makine öğrenimi yöntemleri, profesyonel futbolda sporcu sakatlıklarının önceden tahmin edilmesinde giderek daha etkin biçimde kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlarda antrenman yükü, maç sayısı, koşu mesafesi, hızlanma verileri ve yorgunluk göstergeleri gibi çok sayıda performans verisi birlikte analiz edilmektedir. Güncel çalışmalar, makine öğrenimi tabanlı modellerin sakatlanma riskini yüksek doğrulukla öngörebildiğini göstermektedir (Rico-Gonzalez vd., 2023). Özellikle karar ağacı (*Decision Tree*) gibi algoritmalar, sakatlanmaların büyük bir kısmını tespit edebilmekte ancak bu yüksek yakalama oranı, orta düzeyde tahmin hassasiyeti ile birlikte görülmektedir (Rossi vd., 2018). Bu durum, makine öğreniminin sakatlık riskini erken fark etmede güçlü bir araç olduğunu, ancak tek başına mutlak karar verici olarak değil, antrenör ve spor bilimcileri destekleyici bir sistem olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Eckard vd., 2018; Rossi vd., 2018). Bu bulgular doğrultusunda, antrenman programlamasında yük artışlarının bireysel geçmiş ve güncel yük

profilleri dikkate alınarak kademeli ve kontrollü biçimde düzenlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Rossi vd., 2022; Rossi vd., 2018).

## **2. Gerçek Zamanlı Geri Bildirim ve Biyomekanik Analiz**

Mobil uygulamalar, akıllı telefonlar ve giyilebilir cihazlara entegre ataletsel ölçüm birimlerinden (ivmeölçer ve jiroskop) elde edilen verileri analiz ederek, sporcunun hareket örüntülerini ve bunlara dayalı yük, kuvvet ve güçle ilişkili performans göstergelerini gerçek zamana yakın biçimde tahmin edebilmekte ve bu sayede antrenman sırasında anlık geri bildirim ve teknik düzenlemelere yönelik karar desteği sunmaktadır (McCarthy vd., 2013). Artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisi ve bilgisayarlı görü (Computer Vision), antrenman kalitesini artırmak için mobil uygulamalarla entegre edilmektedir (Giblin vd., 2016; Lim, 2020). Örneğin, (AR Squat) uygulaması doğru çömelme derinliğini takip ederken, (HomeCourt) gibi uygulamalar çeviklik testlerini oyunlaştırarak motivasyonu artırmaktadır (Lim, 2020).

## **3. Derin Öğrenmeye (Deep Learning) Geçiş**

Makine öğrenimi uygulamaları, son dört yılda klasik yöntemlerden *derin öğrenmeye* kaymıştır (Vec vd., 2024). Derin öğrenme modelleri, daha büyük ve karmaşık veri setlerini (örneğin, vücudun farklı yerlerine yerleştirilmiş çoklu giyilebilir sensörlerden gelen veriler) işleyerek, daha yüksek doğruluk ve karmaşık korelasyonları tespit etme yeteneği sunmaktadır (Molavian vd., 2023). Derin öğrenme çalışmalarında sıklıkla vücudun farklı bölgelerine yerleştirilmiş birden fazla giyilebilir sensör kullanılmaktadır (Vec vd., 2024).

## **4. Yetenek Tespiti ve Performans Tahmini**

Makine öğrenimi algoritmaları, fiziksel özellikler, motor beceriler ve maç istatistikleri gibi objektif verilere dayanarak genç sporcuların gelecekteki performans başarısını tahmin etmekte ve geleneksel antrenör değerlendirmelerine

kıyasla daha yüksek doğruluk sergilemektedir (Siener vd., 2021). Bu alan, makine öğrenimi yaklaşımları açısından giderek artan bir ilgi odağı hâline gelmiştir (Rico-Gonzalez vd., 2023).

## Adaptif Yapay Zekâ ve Mobil Uygulamaların Kritik Değerlendirmesi: Metodolojik Zorluklar ve Uygulama Kısıtlamaları

### *1. Kritik Değerlendirme: Metodolojik Zorluklar ve Uygulama Kısıtlamaları*

Adaptif yapay zekâ ve mobil teknolojilerin antrenman programlamaya entegrasyonu büyük potansiyel sunsa da bu araçların pratik kullanımı ve bilimsel geçerliliği, dikkatle ele alınması gereken önemli metodolojik ve teknik zorlukları beraberinde getirmektedir.

### *2. Veri Kalitesi, Güvenilirlik ve Geçerlilik Sorunları*

Mobil uygulama tabanlı izleme sistemlerinin en önemli kısıtlamalarından biri, piyasaya sürülen birçok tüketiciye yönelik cihaz ve uygulamanın geçerliliğinin ve güvenilirliğinin bağımsız araştırmalarla kanıtlanmamış olmasıdır (Lim, 2020; Peake vd., 2018). Yeni teknolojilerin piyasaya sürülme hızı, bu teknolojilerin bilimsel olarak doğrulanma hızını aşabilmekte bu da antrenörleri ve sporcuları, performansı olumsuz etkileyebilecek, geçersiz ve güvenilmez verilere dayalı geri bildirimler kullanma riskiyle karşı karşıya bırakmaktadır (Giblin vd., 2016; Shaw vd., 2021). Ayrıca, bu tüketici odaklı teknolojilerin büyük bir kısmı tıbbi cihaz olarak sınıflandırılmamasına rağmen, sporcuların genel sağlık durumu ve kondisyon düzeyi hakkında dolaylı çıkarımlar ve öngörüler üretmektedir (Peake vd., 2018). Bu durum, elde edilen verilerin klinik veya performans temelli karar süreçlerinde ne ölçüde güvenilir ve bilimsel olarak geçerli olduğunun sorgulanmasını gerekli kılmakta ve spor bilimcileri ve antrenörler açısından, kullanılan verilerin kanıta dayalı olmasını sağlama noktasında önemli bir güçlük oluşturmaktadır (McCarthy vd., 2013).

### 3. Yapay Zekâ Modellerinin Metodolojik Zorunlulukları

Adaptif yapay zekâ modellerinin, antrenman programlamada güvenilir ve etkili bir karar destek aracı olarak kullanılabilmesi için, geleneksel istatistiksel yaklaşımların ötesine geçen, veri yapısı, model şeffaflığı ve uygulama bağlamını dikkate alan titiz metodolojik gerekliliklerin karşılanması gerekmektedir.

*1.Yorumlanabilirlik ve Şeffaflık:* Antrenman yükü yönetiminde yapay zekâ modellerinin yalnızca yüksek doğruluk üretmesi yeterli değildir (Rossi vd., 2018). Antrenörler ve spor uzmanları, bir sporcuda sakatlık riskinin veya performans düşüşünün hangi nedenlerle ortaya çıktığını açık biçimde görebilmek istemektedir. Bu nedenle, derin öğrenme gibi kara kutu (*black box*) yaklaşımlar yerine karar ağacı (*Decision Tree*) gibi yorumlanabilir modellerin tercih edilmesi ya da karmaşık modeller için açıklanabilir yapay zekâ tekniklerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır (Rossi vd., 2022; Rossi vd., 2018).

*2. Veri Dengesizliği (Unbalanced Data) Yönetimi:* Sakatlık tahmini gibi alanlarda veri setleri doğal olarak dengesizdir ve sakatlık vakaları toplam verinin çok küçük bir bölümünü oluşturur. Bu durum, makine öğrenimi modellerinin çoğunlukla “sakatlık yok” sınıfına yönelmesine ve sakatlık riskini doğru tahmin edememesine yol açabilmektedir (Rossi vd., 2022). Bu sorunu azaltmak için, eğitim sürecinde ADASYN veya SMOTE gibi sentetik örnekleme yöntemlerinin kullanılması gerekli görülmektedir (Rossi vd., 2018; Rossi vd., 2022).

### 4. Saha İçi Uygulama ve Ölçeklendirme Zorlukları

Mobil cihazların geniş ölçekte, özellikle takım sporlarında kullanılması, teknik ve lojistik zorluklar doğurur:

*1. Sinyal Paraziti ve Tıkanıklık Etkileri:* Akıllı telefonlar bireysel izleme için yeterli donanıma sahip olsa da takım sporlarında çok sayıda cihazın aynı anda Wi-Fi veya Bluetooth gibi protokollerle iletişim kurması sinyal parazitine yol

açabilmektedir. Ayrıca sporcuların birbirine yakın konumlanması, vücutların sinyali engellemesi nedeniyle veri iletim menzilini azaltan tıkanıklık etkisine neden olmaktadır (McCarthy vd., 2013).

2. *Giyilebilirlik ve Montaj Kısıtlamaları:* Akıllı telefonlar ve benzeri mobil cihazların boyut ve ağırlıkları, çoğunlukla gövde veya bel bölgesine sabitlenmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu durum, vücudun farklı segmentlerine yerleştirilebilen özel giyilebilir sensör sistemlerine kıyasla hem giyilebilirlik hem de ölçüm esnekliği açısından belirgin bir sınırlılık yaratmaktadır (McCarthy vd., 2013).

3. *Veri Hacmi ve Analiz Felci:* Takım sporlarında mobil cihazlar yoluyla üretilen yüksek hacimli verinin depolanması, işlenmesi ve karar verme süreçlerine entegre edilmesi önemli güçlükler doğurmaktadır. Bu yoğun veri akışı, antrenör ve analistlerin kritik göstergeleri ayırt etmesini zorlaştırarak, literatürde “analiz felci” olarak tanımlanan karar verme sorunlarına yol açabilmektedir (Giblin vd., 2015; McCarthy vd., 2013). Bu riski azaltmak amacıyla, mobil cihazların yerleşik işlem kapasitelerinin veriyi ön işleme tabi tutarak sadeleştirmede kullanılması önerilmektedir (McCarthy vd., 2013).

### ***Önemli Performans Ölçümleri:***

- *Sıçrama ve Güç Performansı:* My Jump 2 gibi mobil uygulamalar, dikey sıçrama performansı ve buna bağlı kuvvet, güç ve Reaktif Kuvvet İndeksi gibi parametreleri ölçebilmektedir. Bu ölçümlerin, laboratuvar ortamında kullanılan altın standart ekipmanlarla karşılaştırıldığında geçerli ve güvenilir olduğu bilimsel çalışmalarla gösterilmiştir (Lim, 2020).

- *Maksimal Kuvvet Tahmini:* My Lift uygulaması, video tabanlı hız analizi yoluyla sporcunun 1 Tekrar Maksimum (1RM) yükünü güvenilir biçimde tahmin edebilmektedir (Balsalobre-Fernández vd., 2018; Lim, 2020).

- *Teknik Analiz ve Geri Bildirim:* Artırılmış gerçeklik tabanlı *AR Squat* uygulaması çömelme derinliğini standartlaştırırken, bilgisayarlı görü kullanan *HomeCourt* uygulaması çeviklik testlerini oyunlaştırarak motivasyonu artırmaktadır (Lim, 2020).

- *Giyilebilir Biyosensörler:* Giyilebilir biyosensörler, kalp atış hızı, HRV, cilt sıcaklığı ve SpO<sub>2</sub> gibi fizyolojik parametreleri sürekli izleyerek performansa ilişkin objektif veriler sağlamaktadır (Li vd., 2017)

#### *Yapay Zekâ ile Taktik ve Teknik Analiz*

Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme teknikleri, spor performansının değerlendirilmesinde giderek daha yaygın biçimde kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda, klasik makine öğrenimi yöntemlerinden daha karmaşık veri yapılarını işleyebilen derin öğrenme yaklaşımlarına doğru belirgin bir yönelim gözlenmiştir (Vec vd., 2024; Molavian vd., 2023). Özellikle 2017 yılından itibaren makine öğrenimi çalışmalarında derin öğrenme yöntemlerine doğru belirgin bir kayma görülmüştür (Vec vd., 2024).

*1. Maç Sonucu ve Taktiksel İlgörüler:* Makine öğrenimi modelleri, konumsal veriler ve notasyon analizlerinden yararlanarak takım formasyonlarını, oyun stillerini ve hücum örüntülerini sınıflandırabilmekte; bu analizler doğrultusunda maç sonuçları ve lig performansına ilişkin öngörüler üretebilmektedir (Rico-González vd., 2023).

*2. Bireysel Teknik Optimizasyon:* Yapay zekâ ve makine öğrenimi, spor biyomekaniğinde insan hareketlerinin analiz edilmesini ve karar verme süreçlerinin iyileştirilmesini sağlamaktadır (Molavian vd., 2023). Özellikle tenis gibi bireysel sporlarda vuruş gücü, top yörüngesi ve psikolojik durumlar analiz edilerek performans değerlendirilebilmektedir. Yapay Sinir Ağları ve Destek Vektör Makineleri gibi yöntemler, antrenörlerin sporcu yeteneklerini daha doğru

değerlendirmesine ve bireye özgü antrenman programları oluşturmasına destek olmaktadır (Claudino vd., 2019; Sampaio vd., 2024).

*3. Psikolojik Durum İzleme:* Makine öğrenimi ve giyilebilir teknolojilerden elde edilen bilgiler kullanılarak, sporcuların optimal performans durumu yüksek doğrulukla tahmin edilebilmektedir (Havlucu vd., 2022; Sampaio vd., 2024). Ayrıca, video analizi temelli yapay zekâ sistemleri, sporcuların duygusal durumlarını (örneğin olumlu ya da olumsuz duygusal tepkiler) ayırt edebilme potansiyeline sahiptir (Sampaio vd., 2024).

## Temel Kavramlar ve Kuramsal Arka Plan

Spor bilimlerinde performansın optimize edilmesi ve antrenman sürecine ilişkin risklerin yönetimi, mobil teknolojiler ve yapay zekâ gibi ileri dijital çözümlerin entegrasyonu ile önemli bir dönüşüm geçirmiştir. Bu dönüşümün temelinde, biyomekanik, fizyolojik ve psikososyal boyutları kapsayan büyük ölçekli veri kümelerinin analiz edilerek anlamlı ve uygulanabilir içgörülere dönüştürülmesi yer almaktadır.

## Mobil Teknolojiler ve Veri Toplama Altyapısı

Modern spor biliminde, antrenörlerin ve sporcuların performanslarını doğal koşullar altında ve gerçek zamanlı olarak inceleyebilmeleri büyük önem taşımaktadır. Bu amaca ulaşmak için kablosuz sensör çözümleri gereklidir (McCarthy vd., 2013)

### 1. Mobil Sensörler ve Akıllı Cihazlar

Akıllı telefonlar ve benzeri mobil cihazlar, sporcu performansının izlenmesinde düşük maliyetli, taşınabilir ve erişilebilir bir altyapı sunmaktadır. Geleneksel kablosuz sensör sistemlerinin yüksek maliyet ve teknik uzmanlık gerektiren yapısı, performans izleme uygulamalarının uzun süre yalnızca elit sporcularla sınırlı kalmasına neden olmuştur. Mobil teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte

bu sınırlılık aşılmış ve performans izleme ve geri bildirim süreçleri amatör ve alt-elit sporcu gruplarını da kapsayacak şekilde genişletilebilmiştir. (McCarthy vd., 2013; Peake vd., 2018).

#### *a. Gömülü Sensörler*

Akıllı telefonların yerleşik donanımı, sporla ilgili aktiviteleri yakalamak için yeterli yeteneklere sahiptir (McCarthy vd., 2013). Tipik gömülü sensörler şunları içerir:

- **İvmeölçerler:** Telefonun oryantasyonunu ve hareketini algılayan üç eksenli ivmeölçerler (Li vd., 2017; McCarthy vd., 2013)
- **GPS:** Kullanıcının konumunu belirlemek için kullanılmaktadır (Li vd., 2017; McCarthy vd., 2013)
- **Jiroskop ve Manyetometreler:** Daha yeni akıllı telefonlarda bulunabilen ek sensörlerdir (McCarthy vd., 2013)
- **Yüksek Çözünürlüklü Kameralar:** Bu kameraların yüksek kare hızları ve ağır çekim video kaydetme yetenekleri, performansı değerlendiren mobil uygulamalar için esastır (Lim, 2020).

#### *b. Harici ve Giyilebilir Sensörler*

Akıllı cihazlar, Bluetooth, ANT+ ve Bluetooth Düşük Enerji (BLE) gibi standart kablosuz iletişim protokolleri aracılığıyla harici sensörlerle entegre olabilmektedir (Düking vd., 2016; McCarthy vd., 2013). Bu entegrasyon, akıllı telefonların kişisel ve vücut alanı ağları (PAN/BAN) kapsamında farklı sensörlerden gelen verileri merkezi bir yapı altında toplamasına ve yönetmesine olanak tanımaktadır (McCarthy vd., 2013)

- **Biyosensörler:** Giyilebilir biyosensörler, kalp atış hızı, cilt sıcaklığı ve kan oksijen doygunluğu (SpO<sub>2</sub>) gibi temel fizyolojik değişkenlerin yanı sıra yürüme,

koşma ve bisiklet sürme gibi fiziksel aktivite türlerini sürekli ve yüksek frekansta izleyerek sporcuya ait objektif fizyolojik verilerin elde edilmesini mümkün kılmaktadır (Düking vd., 2016; Li vd., 2017).

• **EPTS (Elektronik Performans ve Takip Sistemleri):** Profesyonel futbolda kullanılan Elektronik Performans ve Takip Sistemleri (EPTS), 10 Hz GPS, 100 Hz üç eksenli ivmeölçer, jiroskop ve dijital pusula sensörlerinin entegrasyonu sayesinde antrenman ve müsabaka sırasında yüksek çözünürlüklü veri akışı sağlamaktadır. Bu sistemler, sporcuların antrenman yükünü kinematik, metabolik ve mekanik bileşenleriyle ayrıntılı biçimde tanımlayarak performansın ve yüklenme profillerinin bütüncül olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (Rossi vd., 2018).

## ***2. Veri Toplama Yöntemleri ve Analitik Araçlar***

### ***a. Gerçek Zamanlı İzleme***

Spor izleme teknolojilerinin en önemli avantajlarından biri, verilerin gerçek zamanlı ya da gerçek zamana yakın biçimde toplanabilmesi ve bu verilere dayalı anında geri bildirim sunulabilmesidir (McCarthy vd., 2013; Giblin vd., 2014). Akıllı cihazlar, toplanan verileri uzak sistemlere aktarabilmekte; sinyal kalitesi, vücut tıkanıklığı ve iletim mesafesi gibi çevresel etkenlerden etkilenebilse de saha koşullarında veri iletiminin genel olarak güvenilir olduğu gösterilmiştir (McCarthy vd., 2013).

## *Antrenman Yüğü ve Sakatlık Tahmini Kuramı*

Antrenman yükünün izlenmesi, bir sporcunun antrenman programına adapte olup olmadığını belirlemek ve sakatlık riskini en aza indirmek için hayati öneme sahiptir (Carey vd., 2017; Fernandez Cuevas, 2010; Gabbett, 2010; Halson, 2014; Hulin vd., 2014; Murray vd., 2017; Peake vd., 2018).

### *a. Yüğü Kategorileri*

Yüğü, genel olarak iki ana kategoriye ayrılır.

- **Dışsal Yüğü:** Sporcunun gerçekleştirdiğı fiziksel işin nesnel göstergelerini ifade eder ve sporcunun içsel özelliklerinden bağımsız olarak değerlendirilir. Koşulan toplam mesafe, hız, ivmelenme sayıları, maç sıklığı ve antrenman süresi gibi değişkenler dışsal yüğü örnek oluşturmaktadır (Bourdon vd., 2017).

- **İçsel Yüğü:** Sporcunun maruz kaldığı dışsal yüğü verdiği fizyolojik ve psikolojik yanıtları nicel olarak ortaya koyar. Algılanan Zorluk Derecesi, kalp atış hızı, kan laktat düzeyleri, psikolojik ölçekler ve öznel iyi oluş anketleri içsel yüğü göstergeleri arasında yer almaktadır (Bourdon vd., 2017).

### *b. Nispi ve Mutlak Yüğüler*

**Mutlak Yüğüler:** Belirli bir zaman dilimi içinde (örneğin bir gün veya bir hafta) sporcunun maruz kaldığı toplam antrenman yükünü ifade eder ve yükün büyüklüğünü doğrudan yansıtır (Eckard vd., 2018).

**Nispi Yüğüler:** Antrenman yükündeki değişim hızını ve yüklenme örüntüsünü dikkate alarak, farklı zaman dilimleri arasındaki yüğü dalgalanmalarını sporcunun önceki yükleme geçmişi ve mevcut kondisyon düzeyi bağlamında değerlendirmeyi amaçlar (Eckard vd., 2018; Soligard vd., 2016).

**Akut:Kronik İş Yüğü Oranı:** Sporcunun kısa vadeli antrenman yükünün (genellikle son 7 gün) daha uzun vadeli yüklenme geçmişine (çoğunlukla önceki

28 günün ortalaması) oranlanmasıyla hesaplanan bir göstergedir (Hulin vd., 2014; Eckard vd., 2018). Bu oran, sporcunun mevcut yüklenmeye ne ölçüde hazır olduğunu değerlendirmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde, akut-kronik iş yükü oranı değerinin belirli eşiklerin üzerine çıkmasının, özellikle ani ve hızlı yük artışlarını yansıtarak sakatlık riskinde artışla ilişkili olduğu bildirilmektedir (Hulin vd., 2014).

**Monotoni ve Gerginlik:** Monotoni, belirli bir zaman diliminde uygulanan antrenman yükünün değişkenliğini yansıtan bir göstergedir ve genellikle ortalama yükün standart sapmaya oranı olarak hesaplanır. Bu ölçüt, antrenman programının ne derece tekdüze veya değişken olduğunu ortaya koyarak yük dağılımının tutarlılığını değerlendirmeye olanak tanır (Brink vd., 2010; Rossi vd., 2018). Gerginlik ise, antrenman monotonisinin haftalık toplam antrenman yükü ile çarpılmasıyla elde edilir ve sporcunun maruz kaldığı toplam fizyolojik stres düzeyini yansıtan bütüncül bir göstergedir (Brink vd., 2010). Bu iki ölçüt birlikte ele alındığında, aşırı yüklenme ve yetersiz toparlanma risklerinin izlenmesinde önemli bilgiler sunmaktadır.

## Yapay Zekâ ve Mobil Teknolojiler: Spor Biliminde Dönüşüm Özeti ve Gelecek Perspektifleri

Yapay zekâ, makine öğrenimi ve mobil teknolojilerin entegrasyonu, spor bilimlerinde performansın optimize edilmesi, antrenman yükünün yönetilmesi ve sporcu takibine yönelik yaklaşımları köklü biçimde dönüştürmüştür. Bu dönüşümün temelinde, antrenman ve müsabaka ortamlarında toplanan biyomekanik, fizyolojik ve psikososyal nitelikteki büyük ve karmaşık veri kümelerinin gelişmiş analitik yöntemlerle işlenmesi yer almaktadır (Molavian vd., 2023; Rico-González vd., 2023).

Mobil cihazlar ve giyilebilir sensör teknolojileri sayesinde veri toplama süreçleri, laboratuvarla sınırlı kalmaktan çıkarak saha koşullarına taşınmış ve bu durum,

sporcu performansının gerçek zamanlı ve ekolojik geçerliliği yüksek biçimde izlenmesini mümkün kılmıştır (McCarthy vd., 2013).

### *Temel Çıkarımlar ve Bulgular*

#### *(Performans ve Taktiksel Analiz Alanında)*

**1. Mobil Uygulama Erişilebilirliği ve Geçerliliği:** Akıllı telefonların yavaş çekim video kaydı gibi yerleşik donanımlarını kullanan mobil uygulamalar, kas gücü ve nöromüsküler yorgunluk belirteçleri (örneğin dikey sıçrama performansı) gibi biyomekanik değişkenleri, pahalı laboratuvar ekipmanlarına kıyasla ekonomik, taşınabilir ve bilimsel olarak doğrulanmış bir şekilde ölçmektedir (Lim, 2020; Shaw vd., 2021).

**2. Gelişmiş Taktiksel ve Teknik Analiz:** Makine öğrenimi ve derin öğrenme temelli yaklaşımlar, müsabaka sırasında elde edilen konumsal verileri analiz ederek takım formasyonlarını, oyun stillerini ve etkili hücum örüntülerini sınıflandırabilmektedir (Rico-González vd., 2023). Bu yöntemler, takım sporlarında taktiksel yapıların çözümlenmesinin yanı sıra, tenis gibi bireysel sporlarda vuruş gücü ve top yörüngeleri gibi performans göstergelerine ilişkin ayrıntılı içgörüler sunmakta ve ayrıca maç sonuçları ve performans çıktılarının öngörülmesine olanak tanımaktadır (Ghosh vd., 2014; Makino vd., 2020; Sampaio vd., 2024).

**3. Psikolojik Durum İzleme:** Giyilebilir ataletsel ölçüm birimlerinden elde edilen verilerin yapay zekâ ile analiz edilmesi, sporcuların optimal performans durumu olarak tanımlanan bölgeyi öngörme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu yaklaşım, sporcunun zihinsel durumuna ilişkin gerçek zamanlıya yakın geri bildirim sağlanmasına olanak tanıyarak, mental performansın izlenmesi ve desteklenmesi açısından önemli bir araç sunmaktadır (Havlucu vd., 2022; Sampaio vd., 2024).

4. **Yetenek Tespiti:** Makine öğrenimi modelleri, genç sporcuların motor becerileri ve fiziksel özelliklerine ilişkin verileri bütüncül biçimde analiz ederek, gelecekteki performans potansiyelinin öngörülmesinde etkili bir araç sunmaktadır. Literatür, bu veri temelli yaklaşımların, yalnızca gözleme dayalı geleneksel antrenör değerlendirmelerine kıyasla daha tutarlı ve nesnel sonuçlar üretebildiğini göstermektedir (Siener vd., 2021; Panjan vd., 2010; Sampaio vd., 2024).

## Geleceğe Yönelik Öneriler

*1. Teknolojinin Bağımsız Doğrulanması:* Literatürde, tüketiciye yönelik mobil uygulamalar ve giyilebilir cihazların önemli bir bölümünün bağımsız bilimsel geçerlilik ve güvenilirlik çalışmalarından geçmediği vurgulanmaktadır (Peake vd., 2018; Düking vd., 2016). Teknolojik gelişmelerin pazara sunulma hızı, çoğu zaman bilimsel doğrulama süreçlerinin önüne geçmekte ve bu durum uygulayıcılar için güvenilir veri seçimini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, geliştiricilerin söz konusu teknolojilerin geçerlilik ve güvenilirliğini destekleyen bilimsel çalışmalara yatırım yapması ve elde edilen bulguları şeffaf biçimde paylaşması, antrenörler ve spor bilimcilerin kanıta dayalı araçlar kullanabilmesi açısından kritik önem taşımaktadır (Peake vd., 2018; Shaw vd., 2021).

*2. Çok Faktörlü ve Kişiselleştirilmiş Model Geliştirme:* Gelecekteki araştırmalar, antrenman yükü, sakatlık geçmişi ve biyomekanik gibi fiziksel faktörlerin yanı sıra psikolojik, duygusal durum, uyku kalitesi ve genetik verileri entegre eden bütüncül yapay zekâ modellerine odaklanmalıdır (Rossi vd., 2022; Sampaio vd., 2024). Bu modellerin bireysel sporcuya özgü (*subject-specific*) olarak eğitilmesi, tahmin gücünü artırabilir (Vec vd., 2024).

*3. Uygulanabilir Geri Bildirim Sistemlerinin Geliştirilmesi:* Yapay zekâ temelli analizlerden elde edilen bulguların, antrenörler ve sporcular tarafından doğrudan kullanılacak, gerçek zamanlı ve eyleme dönüştürülebilir geri bildirimlere

aktarılması gerekmektedir (Giblin vd., 2014). Bu yaklaşım, aşırı veri yükünün yol açabileceği *analiz felci* riskini azaltarak karar verme süreçlerini desteklemeyi ve saha içi uygulamaların etkinliğini artırmayı amaçlamaktadır (Peake vd., 2018; Giblin vd., 2014; Sampaio vd., 2024).

## KAYNAKÇA

- Baca, A., Kornfeind, P., Preuschl, E., Bichler, S., Tampier, M., & Novatchkov, H. (2010). A server-based mobile coaching system. *Sensors*, 10(12), 10640-10662. <https://doi.org/10.3390/s101210640>
- Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. L. (2018). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of Sports Sciences*, 36(1), 64-70. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1280610>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 161-170. <https://doi.org/10.1123/Ijspp.2017-0208>
- Brink, M. S., Visscher, C., Arends, S., Zwerver, J., Post, W. J., & Lemmink, K. A. P. M. (2010). Monitoring stress and recovery: New insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 44(11), 809-815. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.069476>
- Carey, D. L., Blanch, P., Ong, K. L., Crossley, K. M., Crow, J., & Morris, M. E. (2017). Training loads and injury risk in Australian football-differing acute: Chronic workload ratios influence match injury risk. *British Journal of Sports Medicine*, 51(16). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096309>
- Claudino, J. G., Capanema, D. D., de Souza, T. V., Serrao, J. C., Pereira, A. C. M., & 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(1). <https://doi.org/ARTN 2810.1186/s40798-019-0202-3>
- Düking, P., Hotho, A., Holmberg, H. C., Fuss, F. K., & Sperlich, B. (2016). Comparison of non-invasive individual monitoring of the training and health of athletes with commercially available wearable technologies. *Frontiers in Physiology*, 7. <https://doi.org/ARTN 7110.3389/fphys.2016.00071>
- Eckard, T. G., Padua, D. A., Hearn, D. W., Pexa, B. S., & Frank, B. S. (2018). The relationship between training load and injury in athletes: A

systematic review. *Sports Medicine*, 48(8), 1929-1961.  
<https://doi.org/10.1007/s40279-018-0951-z>

- Fernandez Cuevas, I. (2010). Economic costs estimation of soccer injuries in first and second spanish division professional teams (PDF Download Available). In.
- Gabbett, T. J. (2010). The development and application of an injury prediction model for noncontact, soft-tissue injuries in elite collision sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2593-2603.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f19da4>
- Giblin, G., Tor, E., & Parrington, L. (2016). The impact of technology on elite sports performance. *Sensoria: A Journal of Mind, Brain & Culture*, 12(2).
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, 44 Suppl 2(Suppl 2), S139-147.  
<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Havlucu, H., Akgun, B., Eskenazi, T., Coskun, A., & Ozcan, O. (2022). Toward detecting the zone of elite tennis players through wearable technology. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4. <https://doi.org/ARTN93964110.3389/fspor.2022.939641>
- Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Blanch, P., Chapman, P., Bailey, D., & Orchard, J. W. (2014). Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. *British Journal of Sports Medicine*, 48(8), 708-712. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092524>
- Issurin, V. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization block periodization: New horizon or a false dawn? Reply. *Sports Medicine*, 40(9), 805-807. [https://doi.org/Doi 10.2165/11535120-000000000-00000](https://doi.org/Doi%2010.2165/11535120-000000000-00000)
- Lapham, A., & Bartlett, R. (1995). The use of artificial intelligence in the analysis of sports performance: A review of applications in human gait analysis and future directions for sports biomechanics. *Journal of Sports Sciences*, 13(3), 229-237.
- Li, R. T., Kling, S. R., Salata, M. J., Cupp, S. A., Sheehan, J., & Voos, J. E. (2016). Wearable performance devices in sports medicine. *Sports Health-a Multidisciplinary Approach*, 8(1), 74-78.  
<https://doi.org/10.1177/1941738115616917>

- Li, X., Dunn, J., Salins, D., Zhou, G., Zhou, W. Y., Rose, S. M. S. F., Perelman, D., Colbert, E., Runge, R., Rego, S., Sonecha, R., Datta, S., McLaughlin, T., & Snyder, M. P. (2017). Digital health: Tracking physiomes and activity using wearable biosensors reveals useful health-related information. *Plos Biology*, 15(1). <https://doi.org/ARTN e200140210.1371/journal.pbio.2001402>
- Lim, J. (2020). Measuring sports performance with mobile applications during the COVID-19 pandemic. *SPSR*, 103, v1.
- Mali, N. P., & Dey, S. (2020). Modern technology and sports performance: An overview. *International Journal of Physiology*, 5(1), 212-216.
- McCarthy, M. W., James, D. A., & Rowlands, D. D. (2013). Smartphones: Feasibility for real-time sports monitoring. *6th Asia-Pacific Congress on Sports Technology (Apcst)*, 60, 409-414. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.07.044>
- Molavian, R., Fatahi, A., Abbasi, H., & Khezri, D. (2023). Artificial intelligence approach in biomechanics of gait and sport: A systematic literature review. *J Biomed Phys Eng*, 13(5), 383-402. <https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.2305-1621>
- Murray, N. B., Gabbett, T. J., Townshend, A. D., & Blanch, P. (2017). Calculating acute: Chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages. *British Journal of Sports Medicine*, 51(9), 749-754. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097152>
- Peake, J. M., Kerr, G., & Sullivan, J. P. (2018). A critical review of consumer wearables, mobile applications, and equipment for providing biofeedback, monitoring stress, and sleep in physically active populations. *Frontiers in Physiology*, 9. <https://doi.org/ARTN 74310.3389/fphys.2018.00743>
- Rico-Gonzalez, M., Pino-Ortega, J., Mendez, A., Clemente, F. M., & Baca, A. (2023). Machine learning application in soccer: A systematic review. *Biology of Sport*, 40(1), 249-263. <https://doi.org/10.5114/biolport.2023.112970>
- Rossi, A., Pappalardo, L., & Cintia, P. (2022). A narrative review for a machine learning application in sports: An example based on injury forecasting in soccer. *Sports*, 10(1). <https://doi.org/ARTN 510.3390/sports10010005>

- Rossi, A., Pappalardo, L., Cintia, P., Iaia, F. M., Fernández, J., & Medina, D. (2018). Effective injury forecasting in soccer with GPS training data and machine learning. *Plos One*, 13(7). <https://doi.org/ARTN e020126410.1371/journal.pone.0201264>
- Sampaio, T., Oliveira, J. P., Marinho, D. A., Neiva, H. P., & Morais, J. E. (2024). Applications of machine learning to optimize tennis performance: A systematic review. *Applied Sciences-Basel*, 14(13). <https://doi.org/ARTN 551710.3390/app14135517>
- Shaw, M. P., Satchell, L. P., Thompson, S., Harper, E. T., Balsalobre-Fernández, C., & Peart, D. J. (2021). Smartphone and tablet software apps to collect data in sport and exercise settings: Cross-sectional international survey. *Jmir Mhealth and Uhealth*, 9(5). <https://doi.org/ARTN e2176310.2196/21763>
- Siener, M., Faber, I., & Hohmann, A. (2021). Prognostic validity of statistical prediction methods used for talent identification in youth tennis players based on motor abilities. *Applied Sciences-Basel*, 11(15). <https://doi.org/ARTN 705110.3390/app11157051>
- Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Hägglund, M., & Hutchinson, M. R. (2016). How much is too much?(Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030-1041.
- Vec, V., Tomazic, S., Kos, A., & Umek, A. (2024). Trends in real-time artificial intelligence methods in sports: A systematic review. *Journal of Big Data*, 11(1). <https://doi.org/ARTN 14810.1186/s40537-024-01026-0>

## BÖLÜM 9:

### Sporcu Verilerinin Güvenliği ve Etik Yönetimi: Teknolojik Gelişmeler, Gizlilik İhlalleri ve Hukuki Düzenlemeler

Deniz BEDİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

#### Özet

Bu bölüm, spor bilimlerinde giderek artan veri temelli yaklaşımlar çerçevesinde sporcu verilerinin güvenliği ve etik yönetimini kapsamlı biçimde ele almaktadır. Günümüzde giyilebilir teknolojiler, mobil uygulamalar, IoT sistemleri ve yapay zekâ destekli analiz araçları sayesinde sporculara ait fizyolojik, performans, konumsal ve psikolojik veriler yüksek çözünürlükte ve sürekli olarak toplanabilmektedir. Bu veriler, performans optimizasyonu, sakatlık önleme ve bireyselleştirilmiş antrenman planlaması açısından önemli fırsatlar sunmakla birlikte, mahremiyet ihlalleri ve siber güvenlik risklerini de beraberinde getirmektedir. Literatür doğrultusunda sporcu verilerinin korunmasında gizlilik, bütünlük, erişilebilirlik ve güvenilirlik ilkelerinin (CIA üçlüsü) temel bir çerçeve sunduğu vurgulanmaktadır. Yetkisiz erişim, veri sızıntıları, manipülasyon ve amaç dışı kullanım gibi riskler hem sporcunun kişisel haklarını hem de sportif kariyerini olumsuz etkileyebilecek potansiyele sahiptir. Özellikle sağlık ve psikolojik veriler gibi hassas nitelikli bilgilerin kötüye kullanımı, etik açıdan ciddi sorunlar doğurabilmektedir. Bu nedenle teknik önlemler (şifreleme, erişim kontrolü, yedekleme, siber güvenlik protokolleri) ile yönetsel ve etik politikaların birlikte uygulanması gerekmektedir. Bölümde ayrıca GDPR, KVKK ve WADA gizlilik standartları gibi hukuki düzenlemelerin sporcu verilerinin korunmasındaki rolü tartışılmakta; spor kurumları ve teknoloji sağlayıcılarının yasal uyumun ötesinde proaktif bir veri koruma kültürü geliştirmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte,

mahremiyet korumalı analiz yöntemleri ve model açıklanabilirliği kavramları da önem kazanmıştır. Sonuç olarak, sporcu verilerinin güvenli ve etik yönetimi; teknolojik yenilik, hukuki çerçeve ve spor etiğinin dengeli biçimde bütünleştirildiği disiplinler arası bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır.

## Sporcu Verilerinin Güvenliği: Derinlemesine Literatür İncelemesi

Günümüz spor bilimlerinde, veri odaklı yaklaşımlar atlet performansını geliştirmek, sakatlıkları önlemek ve antrenmanları optimize etmek için kritik hale gelmiştir. Sporcu hakkında toplanan veriler arasında sağlık göstergeleri, performans metrikleri ve hatta psikolojik durumlar yer alır. Bu veriler son derece hassas olup, güvenli biçimde işlenmezlerse sporcuların mahremiyetini, kariyerlerini ve haklarını tehlikeye atabilir (Goldstick & Tantleff, 2025). Bu bölümde, sporcu verilerinin türleri ve bu verilerin toplanmasında kullanılan teknolojiler ele alınmakta, verilerin gizliliğini, bütünlüğünü, erişilebilirliğini ve güvenilirliğini korumak için gereken ilkeler tartışılmakta, mobil uygulamalar ve giyilebilir cihazlar üzerinden veri toplamanın riskleri değerlendirilmektedir. Ayrıca sporcu verilerinin saklanması ve paylaşımı sırasındaki güvenlik/etik riskleri, bu verilerin kötüye kullanılma olasılıkları ile ortaya çıkan mahremiyet ihlalleri ve siber güvenlik tehditleri incelenmektedir. Son olarak spor teknolojileri alanındaki veri koruma mevzuatı (ör. GDPR, KVKK, WADA standartları) ve gelişen yapay zekâ uygulamalarında gizlilik ile model açıklanabilirliği sorunları güncel literatüre dayanarak ele alınmaktadır.

## Sporcu Verisi Türleri

Sporcularla ilgili toplanan veriler çeşitlilik göstermekte olup, farklı kaynaklardan ve teknolojilerden elde edilebilir. Temel sporcu verisi türleri şunlardır:

- **Fizyolojik Veriler:** Sporcuların iç beden fonksiyonlarına dair ölçümler olup kalp atış hızı, kan oksijen düzeyi, vücut sıcaklığı, kan basıncı, solunum hızı gibi değerleri içerir (Seçkin ve ark., 2023). Bu veriler

elektrofizyolojik sensörlerle (EKG, EMG, EEG vb.) ya da giyilebilir nabız, solunum ve ter sensörleriyle toplanır. Fizyolojik veriler sporcunun sağlık durumu ve performans kapasitesi hakkında doğrudan bilgi verdiği için oldukça değerlidir (Halsen, 2014).

- **Biyometrik Veriler:** Spor bilimleri literatüründe fizyolojik sporcu verilerine bazen "biyometrik veri" denilse de bu terim dikkatle kullanılmalıdır. Teknik anlamda biyometrik veriler, **parmak izi, yüz taraması, iris görüntüsü** gibi bireyin kimliğini eşsiz biçimde tanımlayan verileri ifade eder. Sporcu bağlamında ise biyometrik veri terimi daha çok sporcunun bedensel ölçümleri ve fizyolojik sinyalleri için kullanılmaktadır. Örneğin bir sporcunun koşu sırasında kaydedilen kalp ritmi veya kas aktivitesi verisi onun performans biyometrikleri olarak anılabilir. Ancak bu veriler kimlik tespitine yarayan biyometrik tanımlayıcılardan farklıdır ve hukuki açıdan yanlış anlaşılmalara yol açabilir. Yine de spor ortamında parmak iziyle tesis giriş-çıkış kontrolü gibi biyometrik kimlik doğrulama uygulamaları da kullanılabilir (Karkazis & Fishman, 2017).
- **Performans Verileri:** Sporcunun sahalardaki fiziksel çıktısına dair tüm ölçümleri kapsar. Koşu hızı, kat edilen mesafe, ivmelenme ve yavaşlama sayıları, sıçrama yüksekliği, güç ve kuvvet ölçümleri, topa vuruş hızı gibi metrikler performans verilerine örnektir. Bu veriler genellikle GPS tabanlı konum izleyiciler, ivmeölçer ve jiroskop içeren **IMU sensörleri** ve benzeri giyilebilir cihazlar aracılığıyla toplanır. Örneğin bir futbolcunun maç sırasında kat ettiği mesafe ve sprint sayısı GPS saatleri veya yelekleriyle otomatik kaydedilebilir. Performans verileri, sporcunun antrenman yükünü ve müsabaka performansını objektif olarak değerlendirmek için kullanılır (Cummins ve ark., 2013).

- **Konumsal Veriler:** GPS ve diğer konum belirleme teknolojileri sayesinde sporcunun pozisyonu ve hareket rotası sürekli izlenebilmektedir. Özellikle takım sporlarında her bir oyuncunun saha içindeki konumu, koşu hızları ve hareket kalıpları yüksek çözünürlükte veri olarak kaydedilir. Bu konumsal izleme verileri, taktik analizler, oyun içi mesafe ve hız hesaplamaları için vazgeçilmezdir. Örneğin, bir futbolcunun maçın farklı bölümlerinde ne kadar mesafe katettiği veya bir tenis oyuncusunun kort içindeki hareket alanı konumsal verilerle çıkarılabilir. Konum verileri aynı zamanda **doping denetimleri** kapsamında sporcuların belirli zamanlarda nerede olduklarını bildirmelerini gerektiren uygulamalarda da (WADA “Whereabouts” kuralı gibi) önemli rol oynar. Elit sporcuların her gün 06:00-23:00 arasında belirledikleri bir saat diliminde konumlarına dair bilgi vermeleri istenerek sürpriz testlere hazır olmaları sağlanmaktadır. Bu, performans takibi dışındaki amaçlarla da konumsal verilerin toplandığını gösterir (Cummins ve ark., 2013).
- **Psikolojik ve Diğer Veriler:** Sporcuların ruhsal durumu, bilişsel performansı ve psikolojik iyi oluşu ile ilgili veriler de gün geçtikçe daha fazla önem kazanıyor. Antrenman günlüklerinde sporcunun **ruh hali, motivasyon düzeyi, stres ve yorgunluk hissi** gibi subjektif geri bildirimler toplanabiliyor. Ayrıca bazı giyilebilir teknolojiler veya uygulamalar, sporcuların uyku kalitesi, mental reaksiyon süreleri ya da odaklanma seviyeleri hakkında veri sağlayabiliyor. Beyin dalgalarını ölçen EEG bantları veya dikkat düzeyini test eden mobil uygulamalar bu kapsamdadır. Bu **psikolojik ve nörolojik veriler**, fiziksel performansla iç içe olduğundan sporcunun bütüncül değerlendirmesinde kullanılıyor. Ancak bu tür veriler çok mahrem nitelikte olabilir; örneğin bir sporcunun anksiyete seviyesi veya zihinsel yorgunluğu hakkındaki bilgiler, kötüye kullanıldığında kariyerine zarar verebilir. Dolayısıyla psikolojik verilerin

toplanması ve paylaşımı, en az fiziksel veriler kadar gizlilik hassasiyeti gerektirir (Goldstick & Tantleff, 2025).

## Sporcu Verilerinin Korunmasında Temel İlkeler

Sporcu verileri, içerdiği sağlık ve performans bilgileriyle **kişisel verilerin en hassas alt türlerinden** birini oluşturur. Bu verilerin korunması için genel bilgi güvenliği alanında kabul görmüş bazı temel ilkelerin spor bağlamında titizlikle uygulanması gerekir:

- **Gizlilik (Mahremiyet):** Gizlilik ilkesi, sporcu verilerine yalnızca yetkilendirilmiş kişilerin erişebilmesini ifade eder. Bir sporcunun sağlık kayıtları, performans istatistikleri veya özel durumları izinsiz şekilde başkalarının eline geçmemelidir. Örneğin, bir futbol takımında oyuncuların kalp ritmi veya GPS verileri sadece takım doktorları, antrenörler ve ilgili teknik personelle sınırlı tutulmalıdır. Bu ilke ihlal edilirse, sporcunun **özel hayatı ihlali** söz konusu olur ve veriler kötü niyetli kişilerce suistimal edilebilir. Bu nedenle sporcu verileri genellikle şifreleme, erişim kontrolü gibi yöntemlerle korunur ve paylaşım durumunda sporcu rızası veya yasal zorunluluk aranır (European Union, 2016).
- **Bütünlük:** Bütünlük, verinin doğruluğunu ve tutarlılığını koruma ilkesidir. Bir sporcuyla ilgili kayıtların yetkisiz kişilerce değiştirilmemesi, yanlışlıkla bozulmaması veya sistem hataları nedeniyle kayba uğramaması bütünlük kapsamında değerlendirilir. Örneğin, bir atlete ait performans verilerinin (koşu hızları, güç ölçümleri vb.) antrenör analiz yaparken doğru ve üzerinde oynanmamış olması elzemdir. Yetkisiz erişim sonucu veriler üzerinde yapılacak küçük bir değişiklik bile sporcunun antrenman programının hatalı planlanmasına yol açabilir. Bu nedenle sistemlerde **veri doğrulama** mekanizmaları (ör. dijital imza,

hash kontrolleri) uygulanır ve veri manipölasyonuna karşı önlemler alınır. Sporcu verilerinin güvenilirliğı de bütönlökle ilişkilidir; verinin kaynağına (cihazın doğruluğı, kalibrasyonu) güvenilmesi ve kayıtların eksiksiz olması gerekir ki çıkan sonuçlar sahih olsun (Bertino, 2016).

- **Erişilebilirlik:** Erişilebilirlik (Kullanılabilirlik) ilkesi, yetkili kullanıcıların ihtiyaç duydukları anda verilere erişebilmesini garanti altına alır. Spor ortamında verinin zamanında erişilebilir olması kritik önemdedir; örneğın bir sporcunun gerçek zamanlı nabız verisi, antrenman sırasında antrenörün tabletinde anlık görünmezse, sporcunun aşırı zorlanması fark edilmeyebilir. Benzer şekilde, sakatlıktan dönen bir atlete ait rehabilitasyon verilerinin takım hekimi tarafından istenildiğinde ulaşılabilir olması, sporcunun sağılığı için gereklidir. Bu nedenle verilerin **sunucu kesintileri, cihaz arızaları veya ağ problemleri** nedeniyle erişilemez hale gelmemesi için yedekleme, sunucu sürekliliğı, felaket kurtarma planları gibi önlemler spor bilişim altyapısında uygulanır. Ancak erişilebilirlik ile gizlilik arasında denge kurulmalıdır; örneğın bulut ortamında yüksek erişilebilirlik için verinin fazla kopyalanması, uygun güvenlik önlemleri yoksa gizlilik riskini arttırabilir (Bertino, 2016).
- **Güvenilirlik:** Sporcu verilerinin güvenilirliğı hem verinin üretildiğı kaynaklara hem de işlendiğı sistemlere duyulan güveni ifade eder. Sensörlerden elde edilen ham verilerin hatasız veya kabul edilebilir ölçüde doğru olması, analiz eden yapay zekâ modellerinin **yanıltıcı önyargılar içermemesi**, veri işleme süreçlerinin şeffaflığı gibi unsurlar bu kavrama dahildir. Güvenilirlik ilkesi, diğör ilkelerin (gizlilik, bütönlük, erişim) sağılanmasıyla da yakından ilişkilidir. Örneğın, veri güvenliğı iyi sağılanmamış bir sistemde bütönlük bozulduysa artık verilere güvenilmez; ya da bir yapay zekâ modeli hangi verilerle

eğitildiği belirsiz biçimde kararlar veriyorsa sporcunun kariyerini etkileyen bu kararlara güven duyulmaz. **Güvenilir veri**, doğru zamanda doğru kişiye ulaştırılan, doğruluğu korunmuş ve kaynağı belli veridir. Spor alanında güvenilir veriye sahip olmak hem performans gelişimi hem de sporcunun haklarının korunması için esastır (Seçkin ve ark., 2023).

Bu temel ilkeler, genel siber güvenlik prensiplerinin spor verilerine uyarlanmış halidir. Literatürde sıklıkla **CIA üçlüsü** (Confidentiality, Integrity, Availability – Gizlilik, Bütünlük, Erişilebilirlik) olarak anılan bu kavramlar, spor organizasyonlarına dijital altyapılarında hangi güvenlik gereksinimlerine odaklanmaları gerektiği konusunda rehberlik eder. Sporcu verilerinin yönetildiği her türlü sistem (ör. bulut veritabanı, giyilebilir cihaz yazılımı, veri analitik platformu), bu ilkeleri sağlamaya yönelik tasarlanmalı ve düzenli denetlenmelidir. Aksi takdirde, hem teknik riskler (veri sızıntıları, manipölasyonlar) hem de hukuki yaptırımlar (kişisel veri ihlalleri nedeniyle cezalar) söz konusu olacaktır.

## Veri Toplama Teknolojileri: Mobil Uygulamalar, Giyilebilir Cihazlar ve IoT

**Spor teknolojilerinin gelişimi**, sporcu verilerinin toplanma şeklini kökten değiştirmiştir. Geçmişte laboratuvar testleri veya saha gözlemleriyle sınırlı kalan performans ölçümleri, artık her an sporcunun üzerinde taşıdığı cihazlar sayesinde kesintisiz elde edilebilmektedir. Öne çıkan veri toplama araç ve teknolojileri şunlardır:

- **Giyilebilir Teknolojiler (Wearables):** Akıllı saatler, kalp monitörleri, GPS sensörlü yelekler, adım sayar bileklikler, akıllı tekstiller ve benzeri giyilebilir cihazlar sporculardan sürekli veri toplamaya imkân tanır. Bu cihazlar esasında birer IoT (Nesnelerin İnterneti) elemanıdır ve genellikle üç katmandan oluşur: çeşitli sensörler (vücut üzerinden biyolojik ve

mekânsal veri toplar), bir işlemci (veriyi yerel olarak işler veya depolar) ve bir ağ modülü (veriyi kablosuz olarak merkeze iletir). Giyilebilir cihazlar yardımıyla gerçek zamanlı nabız, adım sayısı, anlık hız, vücut sıcaklığı, kandaki oksijen doygunluğu, uyku kalitesi gibi sayısız veri noktası elde edilebilir. Örneğin profesyonel futbolcuların antrenmanlarda giydiği GPS'li yelekler ve hızlanma sensörleri, **anlık performans verilerini** antrenörlerin tabletine aktararak antrenmanın dozajının ayarlanmasına yardımcı olur. Giyilebilir teknolojiler sayesinde artık sporcuların antrenman ve maç verileri sürekli kaydedilebilmekte ve büyük veri kümeleri oluşmaktadır (Seshadri ve ark., 2019).

- **Mobil Uygulamalar ve Akıllı Cihazlar:** Sporcular, antrenörler veya sağlık ekipleri tarafından kullanılan akıllı telefon ve tablet uygulamaları da önemli bir veri toplama kaynağıdır. Örneğin, birçok spor kulübü sporcularına günlük antrenman detaylarını, beslenme bilgilerini veya hissettikleri antrenman yoğunluğunu (RPE - Rating of Perceived Exertion) girebilecekleri özel uygulamalar sunar. Bu mobil uygulamalar üzerinden sporcuların **subjektif geri bildirimleri, ağrı/sakatlık bildirimleri, uyku ve beslenme takibi** yapılabilir. Akıllı telefonların sensörleri (ivmeölçer, GPS, kamera vb.) de sporcunun hareketlerini veya çevresel koşulları izlemek için kullanılabilir. Örneğin koşu sporu ile uğraşan bireyler için geliştirilen bir mobil uygulama, telefonun ivmeölçerini ve GPS'ini kullanarak koşu mesafesini, temposunu ve rotasını kaydederken, aynı anda kalp atış hızını eşleştirilmiş bir göğüs bandından alabilir. Mobil uygulamalar **kullanıcı dostu arayüzleriyle** sporcu verilerinin toplanmasını kolaylaştırmış, ancak bu verilerin güvenliği konusunda ek riskler doğmuştur (cihaz kaybolması, uygulama açıklarının istismarı, vb.) (Çetin & Kaya, 2022; Brown & Brown, 2021).

- **IoT ve Sensör Ağları:** Spor tesislerinde ve ortamlarında kurulan IoT sistemleri, sporcular hakkında çevresel ve performans verilerini toplayabilir. Örneğin akıllı spor salonlarında, ağırlık ekipmanlarına yerleştirilmiş sensörler kaldırılan yük miktarını ve tekrar sayılarını otomatik olarak kaydedebilir. Basketbol antrenmanlarında potalara takılan sensörler ve kameralar, isabet yüzdesi veya şut mekaniği hakkında veri sağlayabilir. Yine yüzme havuzlarındaki basınç ve hareket sensörleri, yüzücünün tur zamanlarını ve dönüş verimliliğini anlık olarak ölçebilir. Tüm bu cihazlar, bir araya gelerek sporcuların çevresindeki dijital ekosistemden veri üretir. Nesnelerin İnterneti yaklaşımıyla, **saha kenarı cihazları, stadyum sensörleri, bağlantılı antrenman ekipmanları** ve giyilebilirler birbirleriyle iletişim halinde çalışarak bütüncül bir veri akışı oluşturur. Bu sayede bir sporcunun hem vücudundan gelen sinyaller hem de etkileşimde bulunduğu ekipmandan gelen veriler entegre biçimde analiz edilebilir (Mao ve ark., 2023)
- **Yapay Zekâ Destekli Kameralar ve Video Analitiği:** Görüntü işleme tabanlı veri toplama, özellikle takım sporlarında öne çıkmaktadır. Gelişmiş kamera sistemleri ve bilgisayarlı görü (CV) algoritmaları sayesinde, maç veya antrenman görüntülerinden sporcuların hareketleri otomatik olarak izlenip sayısallaştırılabilir. Örneğin, tüm oyuncuların pozisyonlarını gerçek zamanlı tespit eden kamera sistemleri, bu konum verilerini yapay zekâ analizine hazır ham veriler olarak sunar. Bu yöntemle top takip sistemleri, maç içinde kat edilen mesafeler, ikili mücadele istatistikleri, ısı haritaları gibi veriler insan müdahalesi olmadan çıkarılabilir. Video tabanlı veri toplama aynı zamanda **biyomekanik analiz** (sporcuların duruş ve hareket kalıplarının analizi) için de kullanılır; yüksek hızlı kameralar ve marker'lar aracılığıyla eklem açılarından sıçrama tekniklerine kadar ince detaylar sayısal veriye dönüştürülebilir. Görüntü temelli veri toplamanın avantajı, sahada ekstra

bir cihaz taşımaya gerek kalmadan zengin performans verisi üretebilmesidir. Ancak bu alandaki yapay zekâ uygulamaları da sporcu mahremiyeti ve onayı konularını gündeme getirmektedir (örneğin sporcuların sürekli kamerayla izlenmesi, yüz tanıma ile takip edilmesi gibi) (Rico-González ve ark., 2020).

Veri toplama teknolojilerinin bunca çeşitlenmesi, sporcuya ait verilerin hacmini ve ayrıntı seviyesini benzeri görülmemiş ölçüde artırmıştır. Artık bir elit sporcu hakkında, antrenmanından uykusuna, beslenmesinden psikolojik durumuna kadar pek çok veri noktası gerçek zamanlı veya periyodik olarak kayıt altına alınabilmektedir. Bu durum, spor bilimcilerine ve teknik ekiplere muazzam bir analiz imkânı sağlarken beraberinde ciddi **güvenlik ve gizlilik sorumlulukları** getirmektedir. Donanım ve yazılım altyapılarının güvenliği, veri iletimindeki şifreleme, bulut servislerinin korunması ve sporcu mahremiyetine saygı gibi konular, bu teknolojilerin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Aşağıda, veri saklama, paylaşma ve kötüye kullanıma dair riskler ile bunlara karşı alınması gereken önlemler literatür ışığında ele alınmaktadır.

### Veri Saklama, İşleme ve Paylaşımında Güvenlik ve Etik Riskler

Sporcu verilerinin toplanması kadar, bu verilerin **nerede saklandığı, nasıl işlendiği ve kimlerle paylaşıldığı** da kritik bir meseledir. Literatürde, sporcu verilerinin yönetimi sürecinde karşılaşılan başlıca güvenlik ve etik riskler şu şekilde vurgulanmaktadır:

- **Veri Saklama ve Bulut Sistemleri:** Bir sporcudan toplanan veriler genellikle mobil cihazdan veya giyilebilir sensörden bulut üzerindeki bir veri tabanına ya da takımın kendi sunucularına aktarılır. Bulut bilişim spor sektörü tarafından da benimsendiğinden, sporcu verileri uzak sunucularda depolanıp analiz edilebiliyor. Ancak verinin uzak mesafelere iletimi ve merkezi sunucularda tutulması önemli riskleri

beraberinde getirir. Özellikle ham biyolojik verilerin gerçek zamanlı olarak uzak sunuculara gönderilmesi, siber suçluların hedefi haline gelebilir; ağ trafiği gözetlenerek veya sunucuya sızılarak özel sağlık bilgilerinin çalınması mümkün hale gelir (Chen & Xiao, 2025). Nitekim profesyonel spor ortamında, cihazlar hareket halinde ve her an bağlantı kesilebileceğinden, kesintiye uğrayan bir veri akışı sporcunun güvenliği açısından sorun oluşturabilir. Bu nedenle, kritik sağlık verilerinin (ör. kalpte ritim bozukluğu alarmı gibi) anlık değerlendirilmesi gereken durumlarda sadece bulut tabanlı işleme güvenmek yerine yerel veri işleme (edge computing) çözümleri önerilmektedir. Aynı zamanda, verilerin merkezi depolanması kaçınılmaz olduğunda güçlü şifreleme yöntemleri, erişim kontrol katmanları ve **güncel güvenlik protokolleri** uygulanması şarttır. Örneğin bir kulüp, sporcu verilerini barındıran sunucuları için düzenli sızma testleri yaptırmalı, verileri şifreli tutmalı ve sadece yetkili kullanıcıların (hekimler, performans analistleri vb.) erişebileceği rol tabanlı bir sistem kurmalıdır (Seçkin ve ark., 2023).

- **Yetkisiz Erişim ve Veri Sızıntıları:** Sporcu verileri, yetkisiz erişim durumunda ciddi mahremiyet ihlallerine yol açabilir. Kişisel sağlık ve performans bilgilerinin kötü niyetli aktörlerin eline geçmesi, sporcuların gizliliğine büyük zarar verir ve bu veriler kötüye kullanılabilir. Örneğin, bir sporcunun kronik sakatlık geçmişi veya yorgunluk belirtileri gibi bilgiler rakip takımlar veya bahis amaçlı kişiler için çok cazip olabilir. Benzer şekilde, kişisel antrenman verilerinin basına sızması sporcunun imajını zedeleyebilir. Örnek bir vaka olarak, 2016 yılında gerçekleşen bir siber saldırıda Rus hacker grubu "Fancy Bear", Dünya Dopingle Mücadele Ajansı (WADA) veritabanına sızarak birçok sporcunun **tıbbi kayıtlarını ve tedavi muafiyetlerini** ifşa etmiştir (Wada ve ark., 2025). Bu olay, spor dünyasında veri güvenliği açığının gerçek sonuçlarını göstermiş; olimpiik sporcuların hassas sağlık bilgilerinin internete

sızması büyük mahremiyet tartışmaları yaratmıştır. Dolayısıyla spor organizasyonları, **siber saldırılara karşı proaktif önlemler** almak (güçlü güvenlik duvarları, çok faktörlü kimlik doğrulama, izinsiz giriş tespit sistemleri vb.) ve olası bir veri ihlali durumunda hızla müdahale edebilmek zorundadır. Aksi halde, tek bir veri sızıntısı bile sporcunun kariyerine ve kuruma onarılamaz hasarlar verebilir (Rush & Osborne, 2022).

- **Veri Paylaşımı ve Yetkilendirme:** Sporcu verilerinin işleme sürecinde, bu verilerin kimlerle, hangi amaçla paylaşılacağı net sınırlarla belirlenmelidir. Yetkili kişi/kurumlar genelde takım doktorları, fizyoterapistler, antrenörler, teknik yöneticiler ve bazen de sporcunun kendisi veya menajeridir. Paylaşımın bu çerçeveye dışına çıkması, örneğin verilerin sponsor şirketlerle, bahis şirketleriyle ya da basınla izinsiz paylaşılması etik ve hukuki sorunlar doğurur. Spor literatüründe, profesyonel liglerde bile bu konuda boşluklar olabildiği belirtilmiştir. Brown ve Brison (2020)'nın Kuzey Amerika'daki beş büyük spor ligine ait toplu iş sözleşmelerini (CBA) analiz ettiği çalışmada, sporcu fizyolojik verilerinin korunmasında önemli açıklar bulunduğu ve mevcut anlaşmalarda bu verilerin toplanması/paylaşılmasıyla ilgili tutarsız hükümler olduğu gösterilmiştir. Araştırmacılar, liglerin bu teknolojik imkânlardan faydalanabilmesi için sporcu verileri konusunda daha güçlü ve standart koruma mekanizmaları getirmesi gerektiğini vurgulamıştır. Paylaşım boyutunun bir diğer kritik yönü de sporcuların rızasıdır. Sporcular, kendi verilerinin kimlerle paylaşılacağı konusunda söz sahibi olmalıdır. Özellikle amatör ve üniversite sporcuları üzerinde yapılan değerlendirmeler, veri paylaşımı konusundaki onayın gerçek anlamda gönüllü olması gerektiğini, sporcuların oyun süresinden veya takım kadrosundan çıkarılma korkusuyla verilerini paylaşmaya zorlanmaması gerektiğini belirtmektedir. İdeal olarak, sporcu verisi paylaşımı **açık rıza**

**metinleri** ile düzenlenmeli ve sporcu dilediğinde onayını geri çekebilmelidir. Ancak pratikte, profesyonel düzeyde sporcular çoğu zaman antrenman ve sağlık verilerini paylaşmayı sözleşmesel olarak kabul etmek zorunda kalırlar. Bu da etik bir ikilem yaratır. Sporda başarı için veriye ihtiyaç duyulurken, sporcunun veri üzerindeki mahremiyet kontrolü zayıflar (Osborne, 2017).

- **Etik Sorunlar ve Veri Kullanım Amacı:** Sporcu verilerinin toplanması ve kullanılması, her zaman sporcu yararına olmayabilir. Verinin amacı dışında veya sporcunun çıkarlarına aykırı kullanılma riski mevcuttur. Örneğin, bir takım yönetimi elindeki biyometrik verilere dayanarak bir oyuncunun sakatlık riskinin yüksek olduğunu öngörüp o oyuncunun sözleşmesini yenilememeyi düşünebilir. Bu durumda veri, oyuncuya karşı bir koz haline gelir. Nitekim güncel vakalarda, oyuncu menajerlerinin **veri şeffaflığı** konusunda endişe duyduğu; takımların ellerindeki ayrıntılı sağlık verilerinin sözleşme pazarlıklarında oyuncu aleyhine kullanılabileceği belirtilmiştir. Aynı şekilde, sporcunun sürekli veri takibine maruz kalması onun üzerinde davranışsal bir baskı da oluşturabilir; her adımının izlendiğini bilen sporcu mental stres yaşayabilir ve bu durum performansına olumsuz yansiyabilir. Bu tür etik meseleler, **veri kullanımı ile sporcunun özerkliği** arasındaki dengeyi gündeme getirir. Sporcuların kendi vücutlarına ve verilerine ilişkin karar hakları, ileri teknolojiyle donatılmış spor ortamında bulanıklaşabilir; oyuncular kendilerini adeta “takımın mülkü” gibi hissedebilir. Bu nedenle sporcu verilerinin işlenmesinde amaç sınırlaması ilkesine uyulması çok önemlidir: Veriler sadece toplanma amacı doğrultusunda ve sporcunun onay verdiği kapsamda kullanılmalıdır. Örneğin antrenman verileri yalnızca performans iyileştirme amaçlı analiz edilmeli, ticari kazanç veya sporcuyu değersizleştirme amacıyla kullanılmamalıdır (Brown ve ark., 2020; Osborne, 2017).

- **Veri Güvenliği Açıkları ve Teknik Tedbirler:** Bir diğer risk alanı, sporcu verilerini toplayan ve işleyen sistemlerin teknik açıdan zaaflar barındırabilmesidir. Mobil uygulamalardaki yazılım açıkları, giyilebilir cihazların iletim protokollerindeki şifreleme eksikleri veya takım merkezinde kullanılan bilgisayarların güncel olmayan güvenlik yazılımları, siber saldırganların işini kolaylaştırır. Örneğin, Bluetooth ile veri aktaran bir kalp atış hızı sensörü, uygun şekilde kimlik doğrulaması yapmıyorsa, saldırganlar bu cihaza bağlanıp verileri kopyalayabilir veya veriyi manipüle edebilir. Benzer şekilde, antrenman verilerinin tutulduğu bir veri tabanına zayıf parolalar nedeniyle sızılması, tüm takımın yıllara yaygın performans arşivini ifşa edebilir. Bu nedenle, spor kuruluşları **siber hijyen** denilen iyi güvenlik uygulamalarını eksiksiz uygulamalıdır. Temel tedbirler olarak: veri tabanlarının şifrlenmesi, ağ trafiğinin SSL/TLS gibi protokollerle korunması, tüm kullanıcılar için güçlü parolalar ve mümkünse çift faktörlü kimlik doğrulamanın sağlanması, sistemlerin düzenli güncellenmesi ve yedeklenmesi, log (kayıt) takibinin yapılması sayılabilir. Ayrıca sporcu verileri işleyen üçüncü taraf yazılımların (bulut analitik araçları, sakatlık yönetim yazılımları vb.) güvenilirliği de denetlenmelidir. Kısacası **teknoloji altyapısının güvenliği**, sporcu verisinin yaşam döngüsünün her aşamasında (toplama, iletme, depolama, analiz, silme) ele alınmalı; herhangi bir zayıf halka bırakılmamalıdır (Studnicka, 2020; Zadeh ve ark., 2021).

Özetle, sporcu verilerinin yaşam döngüsünde güvenlik ve etik riskler iç içe geçmiştir. Bir yandan verilerin çalınması, sızması, manipüle edilmesi gibi **siber güvenlik riskleri** mevcutken, diğer yandan verinin amaç dışı veya sporcunun aleyhine kullanımı gibi **etik riskler** bulunmaktadır. Güvenilir bir spor veri ekosistemi kurmak için hem gelişmiş teknik önlemler (şifreleme, erişim kontrolü, saldırı tespiti) hem de güçlü veri yönetim politikaları (açık rıza, şeffaflık, kullanım amacı kısıtı, anonimleştirme) birlikte uygulanmalıdır. Aşağıdaki

bölümde, bu politikaların hukuki boyutu ve uluslararası düzenlemelerdeki yeri incelenmektedir.

## Spor Teknolojilerinde Veri Koruma Politikaları ve Mevzuat

Sporcu verilerinin korunması, yalnızca teknik önlemlerle değil aynı zamanda hukuki ve idari düzenlemelerle de sağlanmaya çalışılır. Son yıllarda yürürlüğe giren kapsamlı veri koruma yasaları ve uluslararası standartlar, spor alanında da bireylerin kişisel verilerini koruma altına almakta ve spor organizasyonlarına belirli yükümlülükler getirmektedir. Bu bölümde, spor teknolojileri bağlamında önemli veri koruma düzenlemeleri ve politikaları ele alınmaktadır:

- **Avrupa Birliği Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR):** 2018’de yürürlüğe giren GDPR, Avrupa’da kişisel verilerin korunması konusunda küresel ölçekte standart belirleyen bir mevzuattır. GDPR kapsamında sağlık verileri, genetik ve biyometrik veriler gibi sporcuya ait birçok bilgi hassas (özel nitelikli) kişisel veri kategorisinde kabul edilir. Bu tür verilerin işlenmesi, ilgili kişinin açık rızasına veya kanuni bir zorunluluğa dayanmak zorundadır. Örneğin bir futbol kulübü, AB vatandaşı oyuncuların kalp atış hızı veya sakatlık kayıtlarını toplayıp analiz ederken, bu verilerin kullanım amacı, saklama süresi, kimlerle paylaşılacağı gibi konularda GDPR’ın şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkelerine uymalıdır. Aksi takdirde, çok ciddi para cezaları ve yaptırımlarla karşılaşabilirler. GDPR ayrıca veri sorumlularına güvenlik yükümlülükleri de getirir: uygun teknik ve organizasyonel önlemlerin alınması, veri ihlallerinin 72 saat içinde bildirilmesi, veri minimizasyonu gibi prensiplere uyulması gerekir. Örneğin bir spor teknolojisi şirketi, Avrupa’daki sporcuların verilerini işleyen bir uygulama geliştiriyorsa, verileri yalnızca gerekli olduğu kadar toplamalı (minimizasyon), AB dışına aktaracaksa ek tedbirler almalı ve bir veri ihlali yaşandığında derhal ilgili otoritelere ve etkilenen bireylere bildirmelidir. GDPR’ın

etkisi spor sektöründe de hissedilmiş; özellikle uluslararası müsabakalarda ve Avrupa merkezli spor organizasyonlarında veri politikaları GDPR ile uyumlu hale getirilmiştir.

- **Türkiye Kişisel Verileri Koruma Kanunu (KVKK):** Türkiye’de 2016 yılında yürürlüğe giren 6698 sayılı KVKK, GDPR ile büyük ölçüde paralel bir çerçeve sunar. KVKK’ye göre de sağlık verileri ve biyometrik veriler özel nitelikli kişisel veri olarak tanımlanmış ve bunların işlenmesi sıkı şartlara bağlanmıştır. Sporcu verileri sıklıkla sağlık verisi niteliği taşıdığı için KVKK kapsamındaki kurallara tabidir. Örneğin, bir spor kulübü oyuncularının kan testlerini, sakatlık raporlarını veya beslenme bilgilerini topluyorsa, bunları ancak ilgili kişilerin açık rızasıyla veya kanunun izin verdiği durumlarda işleyebilir. KVKK, veri işleme süreçlerinde aydınlatma yükümlülüğü de getirir. Bu nedenle spor kuruluşları sporcuları hangi verileri niçin topladıkları ve nasıl korudukları konusunda bilgilendirmelidir. Nitekim Gençlik ve Spor Bakanlığı dahil olmak üzere, pek çok spor kurum ve federasyonu KVKK uyumlu **kişisel veri aydınlatma metinleri** yayınlamıştır (GSB, 2025). Ayrıca Türkiye Doping Mücadele Komisyonu gibi yapılar, doping kontrolü amacıyla topladıkları sporcu verilerini KVKK ilkelerine göre işlemektedir (TDMK, 2025). KVKK uyarınca, sporcuların verileri üzerinde bazı hakları vardır: kendi verilerini öğrenme, hatalı ise düzelttirme, silinmesini isteme gibi. Spor alanındaki veri uygulamalarında bu hakların gözetilmesi hem yasal bir zorunluluk hem de etik bir iyi uygulamadır.

- **Dünya Doping Mücadele Ajansı (WADA) Veri Standartları:** Uluslararası sporun ayrılmaz bir parçası olan doping karşıtı programlar, sporcuların **biyolojik ve konumsal verilerini** yoğun biçimde işlemektedir. WADA, tüm uluslararası federasyonlar ve ulusal doping

ajanslarınca uyulması zorunlu kılınan Dünya Doping Mücadele Kodu ile birlikte, doping süreçlerindeki veri gizliliğini sağlamak amacıyla **Uluslararası Gizlilik ve Kişisel Bilgi Koruma Standardı (ISPPPI)** geliştirmiştir. ISPPPI ilk kez 2009’da kabul edilmiş ve 2018’de GDPR’ın yürürlüğe girmesiyle güncellenerek GDPR prensipleriyle uyumlu hale getirilmiştir (Anocolympic, 2018). Bu standart, doping kontrol sürecinde yer alan tüm organizasyonların, topladıkları numune sonuçları, biyolojik pasaport verileri, sporcu konum (whereabouts) bilgileri gibi hassas veriler için etkili gizlilik korumaları uygulamasını şart koşar. Örneğin, bir doping test laboratuvarı, sporcu numune sonuçlarını paylaşırken sadece yetkili doping kuruluşlarına iletmeli, verileri belirli bir süre sonunda imha etmeli ve herhangi bir güvenlik ihlalinde WADA’yı bilgilendirmelidir. WADA’nın 2018’de yürürlüğe koyduğu güncel gizlilik standardı, GDPR’daki *güvenlik ihlali*, *açık rıza*, *şeffaflık* gibi kavramları doping alanına uyarlayarak tüm üye organizasyonlara rehberlik etmektedir. Bunun yanı sıra, WADA **“Whereabouts” (Konum Bildirim) kuralı** gibi mahremiyet tartışmalarını doğuran uygulamalar için de etik rehberlikler yayınlamıştır. WADA Etik Paneli, örneğin sporcuların konumlarının sürekli izlenmesi konusunda teknolojik takip (jeolokasyon) yöntemlerinin aşırıya kaçmaması gerektiğini ve bu alanda orantılılık ilkesinin gözetilmesini önermiştir (Borry ve ark., 2018). Özetle, doping mücadele programları bir yandan spor bütünlüğünü korumaya çalışırken, diğer yandan sporcuların kişisel verilerinin korunması için uluslararası kodlar ve standartlarla sıkı kurallar getirmiştir (Seshadri ve ark., 2019).

- **Diğer Ülke Yasaları ve Bölgesel Düzenlemeler:** Dünya genelinde birçok ülke ve eyalet, biyometrik ve sağlık verilerinin korunmasına dair özel yasalar çıkarmaktadır. Örneğin ABD’de Illinois eyaletinin **Biyometrik Bilgi Gizliliği Yasası (BIPA)**, bireylerin biyometrik

verilerinin (parmak izi, yüz geometrisi gibi) toplanması için önceden yazılı onay alınmasını ve verinin minimum düzeyde saklanmasını şart koşar. Bu tür yasalar spor endüstrisini de etkiler; zira profesyonel spor takımları ve tesisleri de taraftarlarının ya da sporcularının biyometrik verilerini (ör. yüz tanıma ile stadyuma giriş veya oyuncu takip sistemleri) kullanıyorsa, bulundukları yargı alanındaki yasalara uymak zorundadır. Yine bazı ABD eyaletlerinin (Washington, Teksas gibi) biyometrik gizlilik yasaları, biyometrik verinin satılmasını veya izinsiz paylaşılmasını yasaklayacak hükümler içermektedir. Bu, örneğin bir NBA takımının oyuncu verilerini ticari bir şirkete devretmesi durumunda hukuki sorunlar doğurabileceği anlamına gelir. Ayrıca, spor kulüpleri ile sporcular arasındaki sözleşmelerde de veri mahremiyetine ilişkin hükümler giderek daha fazla yer almaya başlamıştır. 2020’li yıllarda NFL, NBA, MLB gibi büyük Amerikan spor ligleri, kolektif iş sözleşmelerine ve lig politikalarına sporcu biyometrik verilerinin kullanımına dair kısıtlamalar eklemiştir. Örneğin NFL, 2020’de aldığı bir kararla takımların topladığı biyometrik verilerin sözleşme pazarlıklarında *aleyhte delil* olarak kullanılmasını kısıtlamış; MLB ise oyunculara kendi biyometrik verilerini gözden geçirme ve kimin erişebileceğini kontrol etme hakkı tanımıştır. Bu gelişmeler, liglerin veri gizliliği endişelerini fark etmeye başladığını gösteren önemli adımlardır (Rush & Osborne, 2022; Goldstick & Tantleff, 2025).

- **Spor Kurumlarının İç Politika ve Rehberleri:** Uluslararası Olimpiyat Komitesi (IOC), Uluslararası Futbol Federasyonları Birliği (FIFA) gibi büyük spor kurumları da dijital dönüşüm ve veri analitiğinin sporda artan kullanımı karşısında çeşitli rehberler yayınlamıştır. Örneğin IOC, 2018 Olimpiyatları öncesinde sporcu verilerinin kullanılmasına dair etik prensipler belirlemiş; sporcuların rızası olmadan hassas verilerinin paylaşılmaması, büyük verinin sporda *adil oyun* ilkesini ihlal edecek

şekilde kullanılmaması gibi konularda uyarılarda bulunmuştur. FIFA da oyuncu **izleme teknolojileriyle** (EPTS – Electronic Performance and Tracking Systems) ilgili düzenlemeler getirerek, maçlarda kullanılacak giyilebilir cihazların onaylanması ve veri sahipliğinin tanımlanması konusunda adımlar atmıştır. Örneğin FIFA, maç esnasında toplanan EPTS verilerinin oyuncuya ait olduğunu ve milli takım turnuvalarında bu verilerin ticari amaçla paylaşılmaması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca kulüpler, bu verileri transfer görüşmelerinde haksız rekabet yaratacak biçimde kullanmamaya teşvik edilmektedir. Bu tür iç politika dokümanları genellikle bağlayıcı yasa niteliğinde olmasa da spor ekosisteminde iyi uygulama örnekleri oluşturarak tüm paydaşların uyması beklenen standartları ortaya koyar (FIFA, 2021; Seçkin ve ark., 2023).

Sonuç olarak, sporcu verilerinin korunması alanında hem genel veri koruma yasaları (GDPR, KVKK gibi) hem de spor özelindeki kurallar (WADA Kodları, lig politikaları vb.) devreye girmektedir. Literatürde, teknolojinin spora entegrasyon hızının mevzuat ve politikaların hızından genellikle yüksek olduğu vurgulanır; yani teknolojik gelişmeler çoğu zaman yasal çerçevenin önünde gitmektedir. Bu da düzenlemelerde boşluklar oluşmasına yol açabilir. Bu boşlukları kapatmak için spor otoriteleri ve veri koruma uzmanları iş birliği yaparak, sporcuların temel haklarını koruyan ancak aynı zamanda yenilikçi uygulamalara engel olmayan dengeli politikalar üretmeye çalışmaktadır. Özünde, sporcu verilerinin güvenliği ve mahremiyeti, küresel düzeyde hem hukuki hem etik bir öncelik olarak kabul görmeye başlamıştır.

## Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi Uygulamaları: Gizlilik ve Model Açıklanabilirliği

Sporcu verilerinin analizinde **yapay zekâ (YZ)** ve **makine öğrenimi (MÖ)** tekniklerinin kullanımı, spor bilimlerinde yeni ufuklar açmıştır. Gelişmiş

algoritmalar, büyük veri kümeleri üzerinde çalışarak spor performansını etkileyen karmaşık ilişkileri ortaya çıkarabilmekte, sakatlık riskini önceden tahmin edebilmekte ve oyun stratejileri hakkında öneriler sunabilmektedir. Örneğin derin öğrenmeye dayalı modeller, basketbol ve tenis gibi sporlarda oyuncuların hareketlerini videodan tanıyıp %90'ları aşan doğruluklarla sınıflandırabilmekte; karma makine öğrenimi yöntemleri, futbol maçlarında konum verilerini ve fizyolojik verileri birleştirerek taktik analiz yapabilmektedir. Bununla birlikte, YZ ve MÖ'nün sporda artan kullanımı, veri gizliliği ve model açıklanabilirliği konularında önemli soru işaretlerini beraberinde getirmiştir (Seshadri ve ark., 2019; Zadeh ve ark., 2021).

**Veri Gizliliği ve Mahremiyet:** Yapay zekâ modelleri genellikle büyük ve çeşitli veri setlerine ihtiyaç duyar. Spor bağlamında bu, bir sporcunun yıllar boyu birikmiş antrenman verileri, sağlık kayıtları, performans ölçümleri ve diğer kişisel bilgileri demektir. Bu verilerin bir araya getirilip merkezi olarak işlenmesi, yukarıda değinilen gizlilik risklerini büyütebilir. Bir MÖ modelini eğitmek için tüm sporcuların ham verilerini tek bir havuzda toplamak, o verilerin kötüye kullanımı veya sızması durumunda toplu bir mahremiyet ihlaline yol açacaktır (Chen & Xiao, 2025). Nitekim literatürde, spor alanındaki birçok YZ çalışmasının yeterli veri izni ve koruması olmadan yapıldığı, sporcu verilerinin uzun vadeli kullanımı konusunda standartlaşmış onam çerçevelerinin bulunmadığı eleştirisi getirilmiştir (Pietraszewski ve ark., 2025). Bazı çalışmalar, hassas biyometrik ve performans verilerinin anonimleştirilmeden veya açık rıza alınmadan araştırmalarda kullanılmasını, **sürveyans (gözetim) ve özerklik ihlali** bağlamında eleştirmektedir. Örneğin, bir araştırmada sporcuların giyilebilir cihaz verileri yıllarca toplanıp saklanmışsa, bu sporcuların ileride bu verilerin nasıl kullanılacağını tam olarak bilme hakkı gündeme gelir.

Bu soruna çözüm olarak, mahremiyet korumalı yapay zekâ yaklaşımları geliştirilmeye başlanmıştır. Bunlardan en önemlisi Federated Learning (Birleşik

Öğrenme) gibi dağıtık öğrenme yöntemleridir. Federated Learning sayesinde, veriler merkezi bir sunucuya gönderilmeden, sporcuların kendi cihazları üzerinde modeller eğitilebilmekte, sadece model güncellemeleri merkeziyle paylaşılmaktadır (Chen & Xiao, 2025). Bu yaklaşımda ham veri cihazdan çıkmadığı için mahremiyet daha iyi korunur. Literatürde profesyonel sporcuların mobil sağlık verileri için federated learning kullanan ve diferansiyel gizlilik ile güvence ekleyen çerçeveler önerilmiştir. Örneğin bir çalışmada, elit sporcuların nabız ve kas verilerini gerçek zamanlı analiz eden bir yapay zekâ modeli, merkezi bulutta değil kenar cihazlarda (edge) çalıştırılmış; modele entegre edilen diferansiyel gizlilik tekniği sayesinde her bir sporcunun verisi istatistiksel gürültü ile maskelenerek model güncellemelerine yansıtılmıştır. Sonuç olarak model, genel bir öğrenme başarımı yakalarken tekil bir sporcunun verisini açığa çıkarmamış, ayrıca iletişim trafiğini azalttığı için veri sızıntısı riskini ve gecikmeleri de azaltmıştır. Benzer şekilde, araştırmacılar **kriptografik teknikler** (güvenli çok taraflı hesaplama, homomorfik şifreleme gibi) kullanarak da sporcu verilerinin korunduğu yapay zekâ sistemleri tasarlamaktadır. Bu gelişmeler, YZ'nin nimetlerinden faydalanırken sporcuların mahremiyetini korumak için umut vadeder. Öte yandan, bu tür çözümler henüz yaygın pratik uygulamalara tam yansımamıştır; çoğu spor kulübü ve organizasyonu, veriyi merkezileştirip işlemeye dayalı klasik yöntemleri kullanmaya devam etmektedir. Bu geçiş sürecinde hem sporcuların hem de kamuoyunun veri gizliliği konusundaki bilinç düzeyinin artması, YZ projelerinde mahremiyetin öncelikli bir tasarım unsuru haline gelmesine yardımcı olacaktır.

**Model Açıklanabilirliği ve Şeffaflık:** Yapay zekâ uygulamalarının spor alanında benimsenmesiyle ortaya çıkan bir diğer önemli konu, bu modellerin kararlarının anlaşılabilir olması, yani açıklanabilirlik (explainability) meselesidir. Bir yapay zekâ modeli, örneğin bir futbolcudaki yaklaşan sakatlık riskini %80 olarak tahmin ettiğinde, teknik ekip ve sporcu bu sonucun nedenini ve hangi faktörlere dayandığını bilmek isteyecektir. Ancak özellikle derin öğrenme gibi

karmaşık modeller bir kara kutu gibi çalışmakta, girdiler ile çıktılar arasındaki ilişki insan tarafından kolayca takip edilememektedir. Literatürde, spor analizinde kullanılan yapay zekâ modellerinin saydamlığı konusunda ciddi eksikler olduğu belirtilmiştir (Pietraszewski ve ark., 2025). Pek çok çalışma, yüksek doğruluk uğruna model açıklanabilirliğini ikinci plana atmakta; bu da pratik uygulamada spor profesyonellerinin bu modellere tam güven duymasını engellemektedir (Kim ve ark., 2025). Örneğin, bir basketbol koçuna yapay zekâ “oyuncu A’nın bugün sakatlanma riski yüksek, oynatma” diye bir öneri verirse, koç bunun hangi verilere dayanarak söylendiğini anlamadığı sürece ya öneriyi görmezden gelebilir ya da uygulasa bile tereddüt yaşayabilir. Güven inşa edilebilmesi için, yapay zekâ sistemlerinin açıklanabilir olması gerekir.

Bu ihtiyaca binaen, son dönemde **Açıklanabilir Yapay Zekâ (XAI)** yöntemleri spor analitiği alanına da uygulanmaya başlamıştır. Örneğin, bazı çalışmalar derin öğrenme modellerinin spordaki tahminlerini görselleştirerek veya girdi özelliklerinin önem düzeylerini hesaplayarak koçlara basit açıklamalar sunmayı denemiştir (Reis ve ark., 2024). Futbolda “beklenen gol” (xG) modellerinin açıklanabilirlik teknikleriyle geliştirildiği, böylece analizlerin daha şeffaf hale geldiği rapor edilmiştir. Yine oyuncu sakatlık tahmin modellerinde, hangi biyomekanik değişkenlerin risk skorunu artırdığı belirtilerek spor hekimlerinin müdahale noktaları anlayabilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır. **Model açıklanabilirliği**, sadece güven değil aynı zamanda sorumluluk açısından da kritiktir; zira anlaşılmaz modeller hatalı çıktılar verdiğinde bunun farkına varmak zorlaşır ve sporcu kariyerleri olumsuz etkilenebilir. Örneğin bir model hatalı şekilde bir sporcuyu “formu düşüyor” diye işaretlerse ve bu anlaşılmazsa, o sporcu haksız yere kadro dışı kalabilir veya değeri düşebilir. Bu gibi durumlar, ancak modelin karar mekanizması şeffaf olursa tespit edilip düzeltilebilir.

Literatürde yapay zekâ ve spor kesişiminde, açıklanabilirlik eksikliğinin güven ve benimseme sorunlarına yol açtığı vurgulanmıştır (Kim ve ark., 2025). Bir

ankete dayalı çalışmada, profesyonel antrenörler ve performans analistlerinin, yapay zekâ sistemlerine ancak sonuçları mantıklarına uygun ve izah edilebilir olduğunda güvendikleri gösterilmiştir. Aksi durumda, en ileri model bile olsa, karar sürecine dahil etmeyi reddedebiliyorlar. Bu nedenle, geleceğin spor teknolojileri tasarımında insan-merkezli ve açıklanabilir YZ yaklaşımlarının kritik olduğu ifade edilmektedir (Pietraszewski ve ark., 2025). IEEE'nin Etik Tasarım ilkeleri veya TRIPOD-AI gibi raporlama çerçeveleri, spor alanındaki YZ çalışmalarında da benimsenmeye başlamıştır. Bunlar, araştırmacılara ve uygulayıcılara modellerini geliştirirken şeffaflığı, adaleti ve hesap verebilirliği göz ardı etmemelerini öğütler. Örneğin, sporcuların verileriyle model geliştirirken ayrımcılık yapmayan (cinsiyet, etnik köken vb. bias içermeyen) ve adil tahminler veren algoritmalar tercih edilmeli; çıktıların belirsizliği ve hata payları iletişimde açıkça belirtilmelidir.

Model açıklanabilirliği sorunu, aynı zamanda sporcuların ve koçların karar sürecine dahil olma hakkı ile da ilgilidir. Eğer bir yapay zekâ sistemi sporcu hakkında önemli bir karar önerisinde bulunuyorsa (dinlendirilmesi, kadrodan kesilmesi, özel bir antrenman programına alınması gibi), sporcu veya koç bu önerinin gerekçelerini anlayıp tartışabilmelidir. Aksi takdirde, teknoloji insanın karar alma özerkliğini gölgeleyebilir. Bu nedenle uzmanlar, spor alanında YZ kullanımının destekleyici bir rol oynaması, karar vericinin yerini almaması gerektiğinin altını çizer. YZ sistemleri ne kadar şeffaf ve kullanıcı dostu olursa, koç ve sporcuların da onları benimsemesi o kadar kolay olacaktır.

Son olarak, YZ ve MÖ uygulamalarında göz ardı edilmemesi gereken bir nokta da veri kalitesi ve temsil gücü meselesidir. Eğer bir yapay zekâ modeli eksik, hatalı veya belirli bir grubu temsil etmeyen verilerle eğitilmişse, sonuçları da hatalı veya önyargılı olacaktır. Spor literatüründe, bazı YZ çalışmalarının veri setlerinin dar kapsamlı olduğu, örneğin sadece elit erkek sporculardan gelen verilerle eğitilen modellerin kadın sporcular veya genç yaş grupları için aynı

başarıyı göstermediği bildirilmiştir. Dolayısıyla, model açıklanabilirliği kadar veri setlerinin çeşitliliği ve kalitesi de vurgulanmakta; ileride daha kapsayıcı ve genellenebilir yapay zekâ çözümleri için sporcuların farklı demografik ve fizyolojik özelliklerini barındıran verilerin toplanması önerilmektedir.

Sonuç olarak, yapay zekâ ve makine öğrenimi sporcu verilerinden en iyi şekilde yararlanma potansiyeli taşırken, bu teknolojilerin sorumlu kullanımı için gizlilik koruması ve açıklanabilirlik ilkeleri temel alınmalıdır. Veri mahremiyetini sağlamak üzere anonimleştirme ve diferansiyel gizlilik gibi yöntemler devreye sokulmalı; model kararlarının şeffaf olması için açıklanabilirlik teknikleri uygulanmalı ve insan uzmanların kontrol mekanizması korunmalıdır. Sporcuların hem verilerinin gizliliği hem de veriye dayalı karar süreçlerindeki söz hakkı, teknolojik ilerlemeyle birlikte güvence altına alınması gereken yeni nesil haklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu dengelerin gözetilmesi, spor bilimlerinde yapay zekâ kullanımının sürdürülebilir ve etik olmasını sağlayacaktır.

Mobil uygulamalar, giyilebilir cihazlar ve IoT sistemleri ile veri toplamanın yaygınlaşması, sporcunun her anının dijital izler bırakmasına neden olmuştur. Bu gelişme, spor biliminde veri temelli devrim anlamına gelse de sporcu mahremiyetini ihlal eden ve veriyi suistimale açık hale getiren riskleri beraberinde getirmiştir. Sporcu verilerinin saklanması, paylaşılması ve analizi aşamalarında karşılaşılan siber güvenlik tehditleri (yetkisiz erişimler, veri sızıntıları, hacker saldırıları vb.) somut örneklerle literatürde belgelenmiştir. Diğer yandan, bu verilerin etik dışı kullanımı (sporcunun rızası olmadan paylaşım, aleyhe kullanma, sürekli gözetim baskısı) sporcuların temel hak ve özgürlüklerini ilgilendiren ciddi sorunlar yaratmaktadır. Bu nedenle, bilgi güvenliği teknikleri ile spor etiği prensiplerinin sporcu veri yönetiminde bir arada uygulanması şarttır.

Literatür, spor teknolojileri alanında düzenleyici çerçevenin önemine de dikkat çekmektedir. GDPR ve KVKK gibi yasalar, WADA standartları gibi uluslararası

kodlar ve profesyonel liglerin kendi politika değişiklikleri, sporcu verilerinin korunması için asgari gereklilikleri tanımlamaktadır. Ancak yasal uyumluluk tek başına yeterli olmayıp, spor kulüplerinin ve teknoloji sağlayıcılarının **proaktif bir veri koruma kültürü** geliştirmesi gerekmektedir. Bu kültür; tasarım aşamasından itibaren gizlilik odaklı yaklaşımları, sporculara şeffaf iletişimi, veri minimizasyonunu ve gerektiğinde anonimleştirmeyi içermelidir. Sporcuların kendi verileri üzerindeki haklarını bilmeleri ve bu hakları talep edebilmeleri de desteklenmelidir.

Son olarak, yapay zekâ ve makine öğrenimi çağında sporcu verilerinin güvenliği, yalnızca verinin saklanması değil, veriden elde edilen bilginin adil ve açıklanabilir şekilde kullanılması anlamına da gelmektedir. Gelecekte yapay zekâ destekli antrenman programları, sakatlık öngörü sistemleri veya performans tahmin araçları yaygınlaştıkça, veri gizliliği ile inovasyonun dengesi daha da önem kazanacaktır. Akademik çalışmalar, spor özelinde yapay zekâ uygulamalarında mahremiyet ve etik konuların henüz tam olgunlaşmadığını, ancak bu alanın hızla geliştiğini göstermektedir.

Özetle, sporcu verilerinin güvenliği konusunda gerçekleştirilen bu literatür taraması, hem **teknolojik boyutu (siber güvenlik, yapay zekâ, IoT)** hem de **hukuki/etik boyutu (gizlilik yasaları, spor etiği, oyuncu hakları)** kapsayan bütüncül bir anlayışın şart olduğunu ortaya koymaktadır. Sporcuların fiziksel ve dijital alanda korunması, sahadaki başarı kadar değerli görülmelidir. Bu alandaki akademik kaynaklar da sporcu verilerinin güvenliği için disiplinler arası bir yaklaşım benimsenmesi, spor yöneticilerinin, bilişim uzmanlarının, hukukçuların ve etikçilerin birlikte çalışması gerektiğini vurgulamaktadır. Son tahlilde, **güvenli ve etik bir veri ekosistemi** oluşturmak, spor dünyasının dijital dönüşümünde başarının ve sürdürülebilirliğin anahtarı olacaktır.

## Kaynaklar

- Anocolympic. (2018, Haziran). Wada's Revised International Standard for the Protection of Privacy and Personal Information (ISPPPI) Comes into Effect. <https://www.anocolympic.org/olympic-movement/wadas-revised-international-standard-for-the-protection-of-privacy-and-personal-information-ispppi-comes-into-effect>
- Bertino, E. (2016). Data of the 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC) (pp. 400–407). IEEE. <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2016.89>
- Borry, P., Caulfield, T., Estivill, X., Loland, S., McNamee, M., & Knoppers, B. M. (2018). Geolocalisation of Athletes for out-of-Competition Drug Testing: Ethical Considerations. Position statement by the WADA Ethics Panel. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), 456-459. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098299>
- Brown, S. M., & Brown, K. M. (2021). Should your Wearables Be Shareable? The Ethics of Wearable Technology in Collegiate Athletics. *Marq. Sports L. Rev.*, 32, 97. <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/mqslr32&id=111&collection=journals&index=>
- Brown, S.M., & Brison, N.T. (2020). Big Data, Big Problems: Analysis of Professional Sports Leagues' CBAs and Their Handling of Athlete Biometric Data. *J. Leg. Asp. Sport*, 30, 63–80. <https://doi.org/10.18060/23894>
- Chen, K., & Xiao, L. (2025). Energy-Efficient Privacy-Preserving AI Models for Real-Time Health Monitoring in Mobile IoT Networks for Professional Sports Applications. *Discover Applied Sciences*, 7(9), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07626-6>
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global Positioning Systems (GPS) and Microtechnology Sensors in Team Sports: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025–1042. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0069-2>
- Çetin, O., & Kaya, S. (2022). Atletik Performans Ölçümünde ve Takibinde Kullanılan Mobil Uygulamalar: Geleneksel Bir Derleme. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 16(1), 1-21. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bsd/issue/68922/1074571>
- European Union. (2016). *Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the Protection of Natural Persons with Regard to the Processing of Personal Data and on the Free Movement of Such Data (General Data Protection Regulation)*. Official Journal of the

- European Union, L119, 1–88.  
[https://dvbi.ru/portals/0/documents\\_share/risk\\_management/eba/gdpr\\_eng\\_rus.pdf](https://dvbi.ru/portals/0/documents_share/risk_management/eba/gdpr_eng_rus.pdf)
- FIFA. (2021). *FIFA Preferred Provider for Live Player & Ball Tracking*. Retrieved from <https://kinexon.com/blog/fifa-preferred-provider-live-player-and-ball-tracking/>
- Goldstick, S. D., & Tantleff, A. K. (2025). *Gauging Professional Sport Biometric Data Privacy Concerns*. Foley & Lardner LLP. <https://www.foley.com/insights/publications/2025/05/gauging-professional-sport-biometric-data-privacy-concerns>
- GSB. (2025, Aralık). KVKK Aydınlatma Metni. <https://gsb.gov.tr/tr/sayfa/3560-kvkk-aydinlatma-metni>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(Suppl 2), S139–S147. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Karkazis, K., & Fishman, J. R. (2017). Tracking US Professional Athletes: The Ethics of Biometric Technologies. *The American Journal of Bioethics*, 17(1), 45–60. <https://doi.org/10.1080/15265161.2017.1314047>
- Kim, J. H., Kim, J., Kang, H., & Youn, B. Y. (2025). Ethical Implications of Artificial Intelligence in Sport: A Systematic Scoping Review. *Journal of Sport and Health Science*, 101047. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2025.101047>
- Seshadri, D. R., Li, R. T., Voos, J. E., Rowbottom, J. R., Alfes, C. M., Zorman, C. A., & Drummond, C. K. (2019). Wearable Sensors for Monitoring the Internal and External Workload of the Athlete. *NPJ Digital Medicine*, 2(1), 71. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0149-2>
- Mao, J., Zhou, P., Wang, X., Yao, H., Liang, L., Zhao, Y., ... & Zheng, H. (2023). A Health Monitoring System Based on Flexible Triboelectric Sensors for Intelligence Medical Internet of Things and its Applications in Virtual Reality. *Nano Energy*, 118, 108984. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2023.108984>
- Osborne, B. (2017). Legal and Ethical Implications of Athletes' Biometric Data Collection in Professional Sport. *Marquette Sports Law Review*, 28, 37–56. <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/mqslr28&id=51&collection=journals&index=>
- Pietraszewski, P., Terbalyan, A., Rocznik, R., Maszczyk, A., Ornowski, K., Manilewska, D., ... & Gołaś, A. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Sports Analytics: A Systematic Review and Meta-Analysis of

Performance Trends. *Applied Sciences*, 15(13), 7254.  
<https://doi.org/10.3390/app15137254>

- Reis, F. J., Alaiti, R. K., Vallio, C. S., & 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>
- Rico-González, M., Los Arcos, A., Clemente, F.M., Rojas-Valverde, D., & Pino-Ortega, J. (2020). Accuracy and Reliability of Local Positioning Systems for Measuring Sport Movement Patterns in Stadium-Scale: A Systematic Review. *Appl. Sci.*, 10(17), 5994. <https://doi.org/10.3390/app10175994>
- Rush, C., & Osborne, B. (2022). Benefits and Concerns Abound, Regulations Lack in Collegiate Athlete Biometric Data Collection. *Journal of Legal Aspects of Sport*, 32, 62.  
<https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/jlas32&id=62&collection=journals&index=>
- Seçkin, A. Ç., Ateş, B., & Seçkin, M. (2023). Review on Wearable Technology in Sports: Concepts, Challenges and Opportunities. *Applied Sciences*, 13(18), 10399. <https://doi.org/10.3390/app131810399>
- Seshadri, D. R., Li, R. T., Voos, J. E., Rowbottom, J. R., Alfes, C. M., Zorman, C. A., & Drummond, C. K. (2019). Wearable Sensors for Monitoring the Internal and External Workload of the Athlete. *NPJ Digital Medicine*, 2(1), 71. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0149-2>
- Studnicka, A. (2020). The Emergence of Wearable Technology and the Legal Implications for Athletes, Teams, Leagues and Other Sports Organizations Across Amateur and Professional Athletics. *DePaul J. Sports L.*, 16, i. <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/jspocpd16&id=206&collection=journals&index=>
- TDMK. (2025, Aralık). *Türkiye Doping Mücadele Komisyonu Kişisel Verilerin Korunması ve İşlenmesine İlişkin Aydınlatma Metni*.  
<https://www.tdmk.org.tr/kvkk/>
- WADA. (2016). *Cyber Hack Update: WADA's Incident Response*.  
<https://www.wada-ama.org/en/news/cyber-security-update-wadas-incident-response>
- Wada, I. U., Izibili, G. O., Babayemi, T., Abdulkareem, A., Macaulay, O. M., & Emadoye, A. (2025). AI-driven Cybersecurity in Higher Education: A Systematic Review and Model Evaluation for Enhanced Threat Detection and Incident Response. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 25(3), 2233-2245.

Zadeh, A., Taylor, D., Bertso, M., Tillman, T., Nosoudi, N., & Bruce, S. (2021). Predicting Sports Injuries with Wearable Technology and Data Analysis. *Information Systems Frontiers*, 23(4), 1023-1037. <https://doi.org/10.1007/s10796-020-10018-3>

## BÖLÜM 10:

### Gelecek 10 Yıl: Mobil Yapay Zekâ ile Spor Sektörünün ve Eğitimin Ufku

Fatih ATEŞ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erzurum Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

#### Özet

Bu bölümde, mobil yapay zekâ teknolojilerinin eğitim ve spor alanlarında yarattığı dönüşüm kapsamlı biçimde ele alınmaktadır. Mobil cihazların artan işlem kapasiteleri, sensör çeşitliliği ve sürekli bağlantı olanakları, yapay zekâ tabanlı çözümlerin bu alanlara daha etkin şekilde entegre edilmesini mümkün kılmaktadır. Eğitimde mobil yapay zekâ, öğrenme deneyimlerinin kişiselleştirilmesi, öğrencilerin anlık performanslarının izlenmesi, otomatik geri bildirim mekanizmalarının işletilmesi ve uyarlanabilir değerlendirme süreçlerinin tasarlanması gibi uygulamaları desteklemektedir. Bu gelişmeler, farklı öğrenme hızlarına, ilgi alanlarına ve gelişimsel ihtiyaçlara sahip öğrencilere daha kapsayıcı, esnek ve erişilebilir bir öğrenme ortamı sunulmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, öğretmenlerin iş yükünün azalması, veri temelli karar alma süreçlerinin güçlenmesi ve dijital pedagojik yeterliklerin gelişmesi de mobil yapay zekâ uygulamalarının eğitimdeki dönüşümünde önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Spor alanında mobil yapay zekâ, giyilebilir sensörler ve görüntü işleme sistemlerinden elde edilen verilerin analiz edilmesi yoluyla performans takibi, hareket optimizasyonu, duruş değerlendirmesi ve sakatlık riskinin öngörülmesi gibi süreçleri dönüştürmektedir. Sporcuların fiziksel kapasiteleri ve antrenman gereksinimlerine göre uyarlanmış programların hazırlanması, gerçek zamanlı geri bildirim olanakları ile birleşerek daha güvenli, etkili ve bireyselleştirilmiş bir antrenman ekosistemi sunmaktadır. Bu bölüm, mobil yapay zekânın eğitim ve spor alanlarındaki mevcut konumunu, teknolojik altyapısını,

kullanım pratiklerini ve önümüzdeki on yıla ilişkin olası gelişim eğilimlerini bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmektedir.

## Giriş

Dijital teknolojilerdeki hızlı gelişmeler, özellikle mobil cihazlar, sensörler ve yapay zekâ tabanlı uygulamalar, beden eğitimi alanında öğretim tasarımı, süreç izleme ve değerlendirme süreçlerini köklü biçimde dönüştürmektedir (Zhong ve ark., 2025). Artan işlem kapasitesine sahip akıllı telefonlar, düşük gecikmeli veri iletim teknikleri, giyilebilir sensörler ile edge ve bulut tabanlı bilişim hizmetleri, insan davranışının gerçek zamanlı olarak izlenip analiz edilebildiği akıllı ve bu tür altyapıların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır (Wazwaz vd., 2024). Bu teknolojik gelişmeler, yalnızca teknik yenilikler olarak değil, aynı zamanda öğrenme, öğretme, fiziksel performans, hareket analizi ve veri temelli karar verme süreçlerinin yeniden yapılandığı kapsamlı bir dönüşümün unsurları olarak değerlendirilmektedir (Zhong vd., 2025).

Eğitimsel büyük veri analitikleri, öğrenci davranış örüntülerinin belirlenmesi, öğrenme süreçlerine ilişkin içgörü üretilmesi ve kurumların veri temelli karar alma kapasitesinin geliştirilmesi açısından önemli yenilikler sunmaktadır (Chen vd., 2020). Derin öğrenme, doğal dil işleme ve öğrenme analitiği teknolojilerindeki gelişmeler, öğrenci davranışları ile öğrenme kalıplarının daha kapsamlı bir şekilde analiz edilmesini mümkün kılmıştır. Bu gelişmeler, uyarlanabilir öğrenme sistemlerinin eğitsel ortamlarda daha etkin kullanılmasına olanak tanımaktadır (Zhang & Aslan, 2021). COVID-19 pandemisi, çeşitli sektörlerde dijital hizmet teknolojilerinin benimsenmesini hızlandırmış ve veri temelli uygulamaların önemini artırmıştır (Lee & Han, 2021). Aynı dönemde, öğretmenlerin dijital teknolojilere yönelik farkındalık, tutum ve kullanım niyetlerini açıklamak amacıyla teknoloji kabul modellerine dayalı araştırmalarda belirgin bir artış görülmüştür. Bu kapsamda, yapay zekâ temelli uygulamaların eğitimde kullanımına ilişkin öğretmen adaylarının algı ve kaygıları da

araştırmalarda ele alınmaya başlamıştır (Scherer & Teo, 2019; Snchez-Prieto vd., 2019).

Mobil yapay zekânın yükselişi yalnızca eēitim alanını deēil, aynı zamanda spor sektörünü de önemli lde etkilemiştir (Zhao vd., 2025). Makine ērenimi tabanlı tekniklerle desteklenen spor analitiēi, veri toplama ve analiz süreçlerindeki gelişmeler sayesinde profesyonel ve amatör spor, fiziksel aktivite izleme ve performans deēerlendirme gibi alanlarda kapsamlı uygulama olanakları sunmaktadır (Vec vd., 2024). Ayrıca, hareket örüntülerinin çıkarılması, duruş analizlerinin otomatikleştirilmesi ve oyuncu hareketlerinin sayısallaştırılmasında yapay zekâ modelleri etkili sonuçlar sunmaktadır (Cai vd., 2019). Mobil yapay zekânın en önemli etkilerinden biri, gerçek zamanlı veri işleme kapasitesindeki artıştır. Giyilebilir sensörler, mobil kameralar ve IoT tabanlı veri toplama donanımları, sporcuların fiziksel durumlarının anlık olarak izlenmesini mümkün kılmaktadır (Li, 2025). Spor ve eēitim alanlarına yönelik güncel literatürün tematik ve bütüncül incelenmesi, yapay zekâ ve sensör tabanlı teknolojilerin bu alanlarda ēretim modelleri, deēerlendirme sistemleri ve saēlık odaklı uygulamalar açısından temel bir dönüşüm dinamiēi hâline geldiēini ortaya koymaktadır (Gao, 2025). Spor alanında IMU tabanlı sensörler, hareket yakalama, hız, ivme ve kuvvet gibi biyomekanik deēiřkenleri gerçek zamanlı olarak izleyebilirken, eēitim ve ērenme baēlamlarında mobil uygulamalarla entegre çalışan giyilebilir ve davranış izleme sensörleri, bireylerin ērenme ve performans süreçlerine ilişkin ayrıntılı veri üretimine olanak tanımaktadır (Aroġanam vd., 2019). Hem spor hem eēitim ekosistemlerinde bu teknolojiler, kullanıcı davranışlarının daha doēru, hızlı ve sürekli biçimde llmesini, analiz edilmesini ve veri temelli karar mekanizmalarına entegre edilmesini saēlamaktadır (Gao, 2025). Eēitimde kullanılan bu AI modelleri, ērencilerin ērenme süreçlerini desteklemek amacıyla özel eēitim, bilişsel davranışsal müdahaleler, iletişim, duygusal düzenleme ve fiziksel beceriler gibi alanlarda uygulanmakta olup; mobil cihazlarla uyumlu olmaları, bu teknolojilerin çeşitli

eğitim ortamlarında erişilebilir biçimde kullanılmasını sağlamaktadır (Hussein vd., 2025). Eğitimde yapay zekânın kabul düzeyinin artması beklenirken, algılanan kullanım kolaylığı ve algılanan fayda gibi bireysel algı faktörleri sürecin yönünü belirlemektedir. Önceki araştırmalar, öğretmen adaylarında algılanan kullanım kolaylığı ve faydanın teknoloji kullanımına yönelik tutum ve davranışsal niyeti anlamlı biçimde etkilediğini göstermektedir (Teo vd., 2015). Bu bulgular, mobil ve diğer yapay zekâ araçlarının eğitim ortamlarında etkili ve sürdürülebilir biçimde kullanılabilmesi için pedagojik açıdan güçlü öğretim tasarımlarına, uygun politikalara ve yapılandırılmış eğitim programlarına duyulan gereksinime işaret etmektedir (Yue vd., 2022). Spor analitiğinde teknolojilerin sürdürülebilir kullanımına ilişkin çeşitli teknik ve yönetsel sınırlılıklar bulunsa da veri çeşitliliğindeki artış ve derin öğrenme modellerindeki gelişmeler analiz doğruluğunu yükseltmektedir (Holbrook vd., 2019; Nistala & Guttag, 2019).

Bu bölümün temel amacı, mobil yapay zekânın spor ve eğitim alanlarında yarattığı dönüşümleri çok boyutlu bir çerçevede incelemektir. Ayrıca, bu değişimin ardındaki teknolojik ve kuramsal dinamikler açıklanmakta ve önümüzdeki on yıl için öngörülebilir gelişmeler ortaya konulmaktadır. Bölümde yalnızca teknik yenilikler değil, aynı zamanda bu teknolojilerin bireysel, kurumsal ve toplumsal etkileri de sistematik olarak ele alınmaktadır. Eğitimde ve sporda mobil yapay zekâ kullanımının sunduğu fırsatlar ve sınırlılıklar dengeli ve analitik bir bakış açısıyla değerlendirilmektedir. Sonuç olarak, mobil yapay zekânın yakın gelecekte hangi yönlerde gelişebileceği ve bu gelişimin spor ile eğitim alanlarında nasıl bir dönüşüm yaratabileceği, mevcut bilimsel literatür temelinde kapsamlı biçimde analiz edilmektedir.

## Temel Kavramlar ve Kuramsal Arka Plan

Mobil yapay zekâ teknolojileri, spor ve eğitim alanlarında giderek daha merkezi bir rol üstlenmektedir. Mobil cihazların artan işlem gücü, sensör teknolojilerindeki gelişmeler, düşük gecikmeli veri aktarımı, bulut ve uç bilişim entegrasyonu, yapay zekâ modellerinin mobil ortamlara uyarlanabilirliği ve kullanıcıların günlük yaşamda sürekli veri üretimi, bu iki alanın yeniden tanımlanmasına olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, temel teknolojik bileşenlerin ayrıntılı incelenmesi, geleceğe yönelik projeksiyonların bilimsel temellere dayandırılmasına katkı sağlamaktadır.

## Mobil Sensör Sistemleri ve Giyilebilir Teknolojiler

Mobil sensör sistemleri, mikroelektronik ve kablosuz iletişimdeki gelişmeler sayesinde ivmeölçer, jiroskop, manyetometre, basınç ve fotoplektizmografik sensörler aracılığıyla bireylerin fiziksel durumuna ilişkin ayrıntılı ve bağlamsal olarak yapay zekâ modelleriyle işlenebilen yüksek doğrulukta veriler sunan temel teknolojilerden biri hâline gelmiştir (Manogaran vd., 2019). Spor alanında ivmeölçer ve jiroskop sensörleri, sporcuların hareket paternlerini ve vuruş türlerini ayırtmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Badminton ve tenis gibi sporlarda, oyuncuların vuruş tipleri ve hareket örüntüleri bu sensör tabanlı sistemlerle yüksek doğrulukla sınıflandırılmıştır (Steels vd., 2020; Benages Pardo vd., 2019; Anik vd., 2016). Ayrıca, bilgisayarlı görü algoritmalarının sporculardaki ince hareket örüntülerini ayırt etmede etkili olduğu gösterilmiştir (Cai vd., 2019). Benzer şekilde, futbol ayakkabılarına entegre edilen tekstil tabanlı basınç sensörleri, oyuncunun ayak top etkileşimini izleyerek temas hızı, temas açısı ve vuruş karakteristiklerinin ayrıntılı biçimde analiz edilmesini sağlamaktadır (Zhou vd., 2016). Bu bulgular, sensör verilerinin spor analitiğinde hem teknik becerilerin değerlendirilmesi hem de profesyonel düzeyde oyuncu profillemeye açısından kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, makine öğrenmesi ile işlenen çoklu biyometrik ve sensör temelli verilerin,

sakatlık riskiyle ilişkili hareket örüntülerinin ve performans düşüşüne yol açabilecek davranışların belirlenmesine katkı sunduğu; uzun dönemli antrenman yüklerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi açısından önemli olanaklar sağladığı rapor edilmiştir (Jianjun vd., 2025).

Eğitim alanında mobil sensörler, öğrencilerin fiziksel öğrenme ortamındaki ışık, gürültü, bağlamsal konum, hava kalitesi ve fizyolojik durum gibi çoklu çevresel ve davranışsal verilerini ölçmek amacıyla yaygın biçimde kullanılmakta; bu veriler, öğrenme sürecini daha iyi anlamaya yönelik öğrenme analitiği yaklaşımlarına entegre edilmekte ve öğrenme deneyiminin iyileştirilmesi için potansiyel sunmaktadır (Ciordas-Hertel vd., 2021). Özellikle beden eğitimi derslerinde, öğrencilerin hareket doğruluğunun belirlenmesi, motor becerilerin izlenmesi ve öğrenci performansına göre uyarlanmış geri bildirimlerin sağlanması mobil sensör teknolojileriyle mümkün hâle gelmiştir. Lee ve Han'ın (2021) ele aldığı dijital izleme ve veri toplama teknolojileri, hizmet alanlarında etkileşimlerin daha bütüncül şekilde analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Sensörler ve diğer veri toplama araçları, öğrenme ortamındaki davranışsal örüntüler ile etkileşim düzeylerinin analiz edilmesine olanak sağlamakta; bu veriler öğrenme analitiği modellerinde öğrencilerin ilerlemelerini izlemek, risk durumlarını belirlemek ve öğrenme süreçlerine ilişkin eyleme dönüştürülebilir içgörüler üretmek amacıyla temel girdi olarak kullanılmaktadır (Susnjak vd., 2022).

Spor alanlarında yapılan çalışmalar, mobil sensörlerden elde edilen verinin doğruluğunun sensörün vücuda yerleştirilme biçimi, ortam gürültüsü ve bireylere özgü biyomekanik farklılıklar gibi ölçümü doğrudan etkileyen etmenlere bağlı olduğunu göstermektedir (Hossain, Khan & Roy, 2017). Bu nedenle veri temizleme, çoklu veri kaynaklarının bütünleştirilmesi ve gürültü azaltma teknikleri, eğitim odaklı sensör uygulamalarında giderek daha yaygın kullanılmaktadır. Düşük maliyetli mobil sensörlerin yaygınlaşması ise bu

teknolojilerin okul düzeyinde daha erişilebilir hâle gelmesini sağlamaktadır (Zhang & Aslan, 2021). Bununla birlikte, sensör tabanlı mobil teknolojilerin kullanıcı performansının izlenmesini kolaylaştırması, bu teknolojilerin spor ve eğitim alanlarında giderek daha yaygın biçimde kullanılmasına zemin hazırlamaktadır (Hong et al., 2025). Geleceğe yönelik çalışmalarda, farklı dijital öğrenme platformlarından toplanan verilerin bütünleştirilerek daha kapsamlı öğrenme analitiği altyapılarının geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Chen vd., 2020).

## Bilgisayarlı Görü Sistemleri ve Poz Tahmini Modelleri

Bilgisayarlı görü teknolojileri, derin öğrenme temelli hareket tanıma ve teknik analiz süreçlerini mümkün kılarak spor eğitiminde mobil yapay zekâ uygulamalarının gelişimini destekleyen temel bir bileşen hâline gelmiştir (Zhu, 2021). Becattini vd. (2024), poz tahminini insan vücudu genelinden ziyade yüz ve baş duruşu (head pose estimation, HPE) bağlamında ele almış ve bu yaklaşımı deepfake video tespiti problemi kapsamında incelemiştir. Çalışmada, literatürde yaygın olarak kullanılan FSA-Net, SynergyNet ve WSM gibi HPE tabanlı derin öğrenme modelleri kullanılarak, yüz landmark'larına dayalı baş pozisyonu örüntülerinin zamansal özellikleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, baş pozisyonu örüntülerinin deepfake içeriklerin ayırt edilmesinde ayırt edici bir özellik sunduğunu ve özellikle FSA-Net tabanlı temsillerin yüksek doğruluk sağladığını göstermektedir. Benzer biçimde Krishnapriya vd. (2023), PoseNet tabanlı iskelet çıkarımı kullanarak yoga pozlarının doğruluğunu değerlendiren bir sistem önermiş ve bu yaklaşımın kullanıcı pozlarının doğru ve hatalı biçimde sınıflandırılmasında etkili olduğunu göstermiştir. Spor bilimlerinde yapılan araştırmalar, poz tahmini modellerinin antrenman performansının değerlendirilmesi, teknik hata tespiti, çarpışma ve düşme gibi riskli durumların önceden belirlenmesi ve taktik analizlerin yapılması gibi çeşitli alanlarda etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Örneğin, Cai vd. (2019), hokey sporunda dört farklı hareket türünün poz tabanlı uzamsal-zamansal analizle

sınıflandırılabileceğini göstermiştir. McNally vd. (2019), video tabanlı bir derin öğrenme modeli kullanarak golf swingine ait sekiz temel hareket olayının anlamlı doğruluk düzeyleriyle tespit edilebildiğini göstermiştir. Alp disiplini kayak branşına odaklanan bir çalışmada, video analiz yönteminin sporcuların teknik performanslarının değerlendirilmesi ve teknik gelişim süreçlerinin desteklenmesinde doğrudan katkı sağladığı ortaya konmuştur (Aktaş, 2024). Ayrıca, futbol, basketbol ve benzeri yüksek tempolu takım sporlarında çoklu oyuncu takibi ve pozisyon analizinin, taktiksel yapının nesnel olarak incelenmesinde giderek daha önemli hale geldiği; özellikle oyuncular arası mekânsal-zamansal koordinasyon göstergelerinin takım performansının değerlendirilmesinde belirleyici olduğu bildirilmektedir (Wang vd., 2025). Bilgisayarlı görü teknikleri, oyuncuların konum ve alan kullanımına ilişkin metrikleri otomatik olarak çıkarabilmektedir (Holbrook vd., 2019; Vats vd., 2020). Bilgisayarlı görü modelleri yalnızca spor alanında değil, aynı zamanda eğitimde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle beden eğitimi ve spor eğitim derslerinde öğrencilerin duruş doğruluğunun analiz edilmesi, rehabilitasyon amaçlı egzersizlerde hata tespiti yapılması ve öğretim süreçlerinin geliştirilmesi için poz tahmini önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır (Yuan & Zhou, 2025). Son çalışmalar, poz tahmini tabanlı geri bildirim sistemlerinin eğitim senaryolarında hareket ve duruş kalitesinin nesnel olarak değerlendirilmesini mümkün kıldığını; gerçek zamanlı analiz yoluyla öğretmenlerin sürekli gözleme dayalı değerlendirme yükünü azalttığını ve bireyselleştirilmiş geri bildirim mekanizmaları aracılığıyla öğrenme süreçlerini desteklediğini göstermektedir (Hu vd., 2023; Ye vd., 2023). Ayrıca sanal gerçeklik (VR) tabanlı eğitim ortamlarında, öğrenenlerin göz ve dikkat hareketlerini izleyebilen sistemlerin, kullanıcı deneyimini daha sürükleyici ve gerçekçi hâle getirdiği; etkileşimli öğrenme deneyimlerinin tasarlanmasını ve dikkat temelli veriler aracılığıyla kişiselleştirilebilir öğrenme yaklaşımlarının geliştirilmesini mümkün kıldığı bildirilmektedir (Kuzminov vd., 2023). Bu tür

gelişmiş poz tahmin sistemleri, eğitim ve rehabilitasyon gibi alanlarda gerçek zamanlı duruş analizine yönelik uygulamalara teknik bir altyapı sunmaktadır. Bununla birlikte, çevresel ışık koşulları, arka plan karmaşıklığı, kamera konumlandırması ve mobil cihazların sınırlı işlem kapasitesi gibi etmenlerin, oturma pozisyonu tespiti ve genel insan duruşu tanıma süreçlerinde derin öğrenme tabanlı modellerin performansını olumsuz yönde etkileyebilen önemli zorluklar oluşturduğu bildirilmektedir (Kulikajevs vd., 2021). Özellikle düşük çözünürlüklü termal görüntülerde sınırlı uzamsal ayrıntı, belirsiz nesne sınırları ve yüksek sensör gürültüsü gibi etmenlerin, derin öğrenme tabanlı nesne algılama modellerinin doğruluğunu ve genelleme performansını olumsuz yönde etkileyebildiği bildirilmektedir (Lee & Kim, 2025). Bu nedenle literatürde, termal görüntülerin kendine özgü sınırlılıklarını dikkate alan daha verimli özellik çıkarım yöntemleri ve iyileştirilmiş dedektör mimarileri üzerine çalışmalar yürütülmektedir (Guo vd., 2023). Mobil izleme tabanlı modellerde, örnekleme yoğunluğu ve zamansal kapsama gibi veri toplama tasarımı bileşenlerinin model doğruluğunu doğrudan etkilediği gösterilmiştir (Blanco vd., 2022). Bu metodolojik bulgular, mobil tabanlı poz tahmini modellerinde de veri toplama stratejilerinin performans üzerinde belirleyici bir rol oynadığını düşündürmektedir. Gelecekte, poz tahmini modellerinin duygusal durum analizi, biyomekanik değerlendirme ve tamamen otonom antrenman asistanları ile entegre çalışması beklenmekte olup, bu alandaki gelişmeler spor ve eğitim uygulamalarını daha akıllı ve kişiselleştirilmiş bir noktaya taşımaya hazırlamaktadır.

## Veri İşleme Yöntemleri ve Yapay Zekâ Modelleri

Mobil yapay zekâ (YZ) teknolojileri, mobil hizmetler kapsamında sensör ve kamera gibi uç cihazlardan elde edilen çok modlu verilerin makine öğrenmesi ve derin öğrenme temelli modellerle işlenmesine dayanmaktadır. Bu yaklaşımların 6G ağlarıyla bütünleşmesiyle, mobil hizmetlerin zekâ düzeyi, gerçek zamanlı işleme kapasitesi ve kişiselleştirme yeteneklerinin önemli ölçüde artırılmasının

hedeflendiği literatürde açıkça vurgulanmaktadır (Liu vd., 2025). Spor analitiğinde kullanılan istatistiksel ve hesaplamalı modeller, performans analizi ve karar verme süreçlerini desteklemek amacıyla performans çıktılarının modellenmesi, müsabaka ve sporcu performansının nicel olarak değerlendirilmesi ve sonuç temelli ölçümlerin analizine odaklanmaktadır (Fernández vd., 2025). Video tabanlı aksiyon tanıma çalışmaları, başlangıçta SIFT, Bag-of-Words ve SVM gibi geleneksel görsel özniteliklere dayalı yöntemlerle ele alınmışken (Ballan vd., 2009), zamanla derinlik ve sensör verilerini de içeren daha veri-zengin ve çoklu-modalli yaklaşımlarla genişlemiştir (Bloom vd., 2012). Bu bağlamda, uzun kısa süreli bellek (LSTM) tabanlı modeller, sensör verilerindeki ardışık hareket akışlarını etkin biçimde modelleyerek spor hareketlerinin farklı evrelerini ayırt etmede başarılı sonuçlar sunmaktadır (Anand vd., 2017). Nistala ve Guttag (2019), oyuncuların saha içi hareket örüntülerini temsil eden gömülü vektörleri üretmek amacıyla otoenkoder tabanlı bir temsil öğrenme yönteminin etkili olduğunu göstermiştir. Pekiştirmeli öğrenme (Reinforcement Learning, RL) temelli modeller, sporcu eylemlerinin oyun içi bağlama göre değerini aksiyon-değer (Q) fonksiyonları aracılığıyla tahmin ederek oyuncu performansının nicel olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım, derin pekiştirmeli öğrenme kullanılarak bağlam duyarlı oyuncu etki ölçütlerinin geliştirildiği çalışmalarla açık biçimde ortaya konmuştur (Liu & Schulte, 2018). Benzer biçimde, makine öğrenmesi destekli karar verme mekanizmaları, HERCULES mimarisi kapsamında yüksek hacimli ve karmaşık finansal işlem ortamlarında karar süreçlerinin etkinliğini, güvenliğini ve ölçeklenebilirliğini artırmak amacıyla uygulanmaktadır (Luo vd., 2020).

Son yıllarda, CNN–LSTM ve Transformer tabanlı yaklaşımlar başta olmak üzere hibrit derin öğrenme mimarilerinin bilgisayarlı görü uygulamalarında giderek öne çıktığı görülmektedir (Bayoudh, 2023). Özellikle spor analitiğinde hem mekânsal hem de zamansal örüntüleri bütüncül biçimde yakalayabilmeleri

sayesinde bu yaklaşımlar, birçok uygulamada daha yüksek doğruluk ve daha güçlü temsil kapasitesi sunmaktadır (Ghosh vd., 2023). Vision Transformer (ViT) mimarileri ise yeterli büyüklükte veri kümeleriyle eğitildiklerinde, görüntü sınıflandırma görevlerinde geleneksel evrimsel sinir ağı (CNN) tabanlı modellere kıyasla rekabetçi ya da daha üstün performans sergileyebilmektedir (Hussain vd., 2025). Mobil cihazlarda çalıştırılabilen edge AI yaklaşımları, spor antrenmanı uygulamalarında gerçek zamanlı performans analizi ve geri bildirim sağlayarak gecikmeyi azaltmakta ve karar destek süreçlerinin daha hızlı yürütülmesine olanak tanımaktadır (Bodemer, 2023). TensorFlow Lite, ONNX Runtime Mobile ve Core ML gibi hafifletilmiş çerçeveler, karmaşık derin öğrenme modellerinin mobil ve gömülü sistemlerde yerel ve çevrimdışı biçimde çalıştırılmasına imkân tanıyarak bu tür öğrenme analitiği sistemlerinin uygulanabilirliğini artırmaktadır (Shuvo et al., 2021). Eğitim alanında veri işleme teknikleri; öğrenme analitiği, erken uyarı sistemleri, uyarlanabilir öğrenme ve otomatik geri bildirim üretimi gibi uygulamalarda kullanılmakta olup, bu uygulamalar özellikle derin öğrenme tabanlı eğitimsel veri madenciliği yaklaşımlarıyla desteklenmektedir (Lin vd., 2025). Yapay zekâ (YZ) tabanlı sınıflandırma ve regresyon modelleri, öğrencilerin performans eğilimlerini ve risk durumlarını belirlemede kullanılırken; doğal dil işleme (NLP) tabanlı yaklaşımlar ise öğrenci etkileşimlerinin ve metin temelli yanıtların analiz edilmesinde öğrenme analitiği kapsamında önemli bir rol oynamaktadır (Waheed vd., 2020). Eğitimde yapay zekâ entegrasyonu, öğrenci performansı ve öğrenme davranışlarının sistematik biçimde analiz edilmesine olanak tanımakta; bu sayede öğretmenlerin pedagojik karar verme süreçlerinin veri temelli olarak yapılandırılmasını desteklemektedir (Abou Karroum & Elshaiekh, 2025).

Derin öğrenme tabanlı duygu analizi modelleri, öğrencilerin yüz ifadeleri ve ses sinyalleri üzerinden bilişsel yük, dikkat düzeyi ve duyuşsal durum gibi parametreleri değerlendirebilmekte ve böylece uyarlanabilir öğrenme modellerine kritik veri sağlamaktadır (Zhang & Aslan, 2021). Yapay zekâ

destekli ölçme-değerlendirme teknolojilerine ilişkin öğretmenlerin algıları, güven düzeyleri ve bu teknolojileri kullanmaya yönelik kabul ve benimseme eğilimleri son yıllarda artan biçimde araştırma konusu olmakta (Nazaretsky vd., 2022) ve bu sistemlerin otomatik geri bildirim üretme potansiyeli de çalışmalarda vurgulanmaktadır (Sánchez-Prieto vd., 2019). Bu modeller, öğrenci performansını daha bütüncül değerlendirmek için öğrenme analitiği sistemlerine entegre edilmektedir. Lee ve Han'a (2021) göre COVID-19 sonrası hızlanan dijital dönüşüm, çeşitli sektörlerde veri temelli ve teknoloji destekli uygulamaların önemini artırmıştır.

### Nesnelerin İnterneti (IoT), Siber-Fiziksel Sistemler (CPS) ve Veri Güvenliği

IoT ve siber-fiziksel sistem (CPS) teknolojileri, spor tesisleri ve fiziksel izleme ortamlarında hareket, biyometrik göstergeler ve çevresel değişkenleri eşzamanlı olarak toplayan sensör ağları aracılığıyla edge bilişim destekli mobil yapay zekâ uygulamalarına gerçek zamanlı ve düşük gecikmeli veri akışı sağlayan temel bir altyapı sunmaktadır (Manogaran vd., 2019; Zou vd., 2025). CPS tabanlı akıllı tabanlık sistemleri, plantar basınç verilerini gerçek zamanlı olarak izleyerek statik ve dinamik hareketler sırasında ağırlık merkezi değişimleri ile basınç dağılımlarını ortaya koymakta; bu sayede hareket örüntülerindeki dengesizlikler üzerinden spor yaralanmaları ve düşme riskine ilişkin erken uyarı ve önleyici değerlendirmelere olanak tanımaktadır (Tao vd., 2020).

Eğitim alanında kullanılan gelişmiş sensör ve etkileşim tabanlı teknolojiler, öğrencilerin öğrenme ortamındaki davranışsal ve fizyolojik göstergelerini gerçek zamanlı ya da süreç odaklı biçimde izleyerek öğrenme davranışlarının daha ayrıntılı, nesnel ve veri temelli şekilde analiz edilmesine olanak tanımaktadır (Zhang vd., 2024). VR/AR destekli öğrenme ortamlarında davranışsal veriler, öğrenme süreçlerinin analiz edilmesi ve öğretim tasarımlarının iyileştirilmesi amacıyla giderek artan biçimde kullanılmaktadır (Qiu vd., 2021). Bu

teknolojilerin kullanımında öne çıkan temel tartışma başlıklarından biri ise AR/VR uygulamalarının topladığı çok boyutlu verilerin gizliliği ve güvenliğinin nasıl sağlanacağıdır (Alghamdi vd., 2025). Literatürde, sensör tabanlı sistemlerde veri doğruluğu, mobil ve giyilebilir cihazlardan elde edilen verilerin güvenilirliği, gerçek zamanlı analitik modellerin performansı ve CPS altyapılarının güvenliği gibi alanlarda hâlen iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Iqbal vd., 2020). Mobil yapay zekâ ve IoT tabanlı sistemlerde güvenli veri iletiminin sağlanabilmesi için şifreleme protokollerinin kullanılması ve güvenli iletişim altyapılarının oluşturulması kritik tasarım gereksinimleri arasında yer almaktadır (Marques vd., 2020).

CPS ve IoT tabanlı sistemlerde veri güvenliği, kullanıcı gizliliği ve siber güvenlik tehditlerinin azaltılabilmesi için güçlü güvenlik protokollerinin tasarlanması gerektiği vurgulanmakta ve bu gereksinim özellikle akıllı uygulamalarda artan otonomi ve dağıtık işlem yapılarının sisteme yeni saldırı yüzeyleri kazandırmasıyla daha da kritik hâle gelmektedir (Marques vd., 2020; Gupta vd., 2020). CPSS yapılarında farklı fiziksel, sosyal ve siber kaynaklardan buluta aktarılan verinin artması, hizmet bileşenlerinin entegrasyonunda hem güvenlik hem de veri yönetimi açısından yeni zorluklar doğurmaktadır (Wang vd., 2020). Siber-fiziksel sistemlere yönelik kötü amaçlı saldırıları tespit edip etkilerini telafi etmek için yapay sinir ağı tabanlı bir saldırı tahminleyicisi ile değişken yapıyı kontrol yaklaşımını birleştiren hibrit bir yöntem önermektedir (Farivar vd., 2020). Ancak kenar cihazların fiziksel olarak korunması, firmware bütünlüğünün sağlanması ve yetkisiz firmware manipülasyonuna karşı direnç geliştirilmesi hâlen önemli araştırma alanları olarak öne çıkmaktadır (AlJabri & Abawajy, 2025). Ek olarak, CPS tabanlı ağlarda güvenlik zafiyetleri yalnızca veri sızıntısı ile sınırlı değildir; kötü niyetli müdahaleler ağ performansının bozulmasına, hizmet kesintilerine ve sistem kaynaklarının tükenmesine yol açarak ciddi operasyonel riskler oluşturabilmektedir (Poongodi vd., 2019). Bu nedenle saldırı tespit sistemlerinde anomali ve yönlendirme saldırılarının tespiti için özel olarak

tasarlanmış hafif ve verimli IDS çözümleri önem kazanmıştır (Wazid vd., 2019). Blokzincir tabanlı doğrulama mekanizmalarının, IoT-CPS yapılarında özellikle veri bütünlüğü ve kimlik gizliliği açısından güvenliği güçlendirdiği görülmektedir (Shu vd., 2020). Ayrıca CPS altyapılarında QoS tabanlı gizlilik koruyucu yaklaşımlar, kullanıcıya ait hassas verilerin merkezi sistemlerde açık biçimde depolanmasına gerek kalmadan şifreli olarak analiz edilmesini sağlayarak gizliliğin korunmasına ve veri bütünlüğünün güvence altına alınmasına katkı sunmaktadır (Badsha vd., 2021).

## Spor ve Eğitimde Teknoloji Kabulü ve Kuramsal Modeller

YZ tabanlı mobil sistemlerin başarılı biçimde benimsenmesi, teknik özelliklerin yanı sıra kullanıcıların bu sistemlere yönelik tutumları, algıları, güven düzeyleri ve kullanım niyetleri gibi insan ve davranışsal faktörlere de bağlıdır (Ismatullaev & Kim, 2022). Eğitim alanındaki teknoloji kabul araştırmalarında, Teknoloji Kabul Modeli (TAM), TAM2, TAM3 ve Birleşik Teknoloji Kabul ve Kullanım Teorisi (UTAUT) en sık başvurulmuş kuramsal çerçeveleri oluşturmaktadır (Venkatesh & Bala, 2008). Yapılan çalışmalar, öğretmenlerin yeni teknolojileri, özellikle yapay zekâ temelli uygulamaları benimseme süreçlerinde algılanan kullanım kolaylığı, algılanan fayda ve teknolojiye ilişkin kaygı gibi değişkenlerin önemli belirleyiciler olduğunu ortaya koymaktadır (Sánchez-Prieto vd., 2019). Ayrıca, öğretmenlerin dijital teknolojilere yönelik tutumlarını ve kullanım niyetlerini açıklamada, Teknoloji Kabul Modeli'nin temel değişkenlerinin (PU, PEOU, ATT, BI) yüksek açıklayıcılığa sahip olduğu, kapsamlı meta-analitik çalışmalarla ortaya konmuştur (Scherer & Teo, 2019). Son yıllarda yapılan çalışmalar, yapay zekâ temelli uygulamaların öğretme-öğrenme süreçlerindeki etkisinin artmasıyla birlikte teknoloji kabul modellerinin, kullanıcıların belirsizlik ve risk algılarını açıklamada kritik bir unsur olan algılanan güven değişkeniyle genişletildiğini göstermektedir. Ayrıca, yapay zekâyâ yönelik toplumsal ve bireysel kaygıların bu güven boyutunu şekillendiren temel etmenler arasında yer aldığı vurgulanmaktadır (Choi, Jang & Kim, 2023; Johnson &

Verdicchio, 2017). Teknoloji korkusu ve tüketici güveni gibi değişkenler, kullanıcıların yapay zekâya yönelik bilişsel değerlendirmeleri ile duyuşsal tepkilerini eş zamanlı olarak etkileyerek kabul ve kullanım davranışlarının açıklanmasında daha çok boyutlu ve dinamik bir yapı ortaya koymaktadır (Cabrera-Sánchez vd., 2021). Özellikle TAM ve TAM3 temelli çalışmalarda, algılanan faydanın davranışsal niyet üzerinde en güçlü etkiye sahip olduğu; algılanan kullanım kolaylığının ise ağırlıklı olarak teknolojiye yönelik tutumu şekillendirdiği raporlanmaktadır (Wong, 2015; Teo vd., 2009). Eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik kaygı önemli bir değişken olarak ele alınmaktadır; ancak Dai vd. (2020) tarafından yürütülen çalışmada, erkek ve kız öğrenciler arasında yapay zekâ kaygısı açısından anlamlı bir fark saptanmamıştır. Ayrıca söz konusu çalışmada, yapay zekâ kaygısının öğrencilerin yapay zekâya yönelik hazırbulunuşluklarını doğrudan yordamadığı da gösterilmiştir. Literatürde yapay zekâya ilişkin kaygının; teknolojik bilinmezlik, algoritmik hatalar, veri gizliliği endişeleri ve öğretmenlik mesleğinin geleceğine dair belirsizlik gibi unsurlarla ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (Luckin vd., 2016). Spor alanında teknolojinin kullanımına ilişkin araştırmalar son yıllarda belirgin biçimde artmış; performans analizi, antrenman optimizasyonu ve sporcu sağlığı gibi alanlarda geniş bir uygulama yelpazesi ortaya çıkmıştır. Buna karşın, sporcuların, antrenörlerin ve diğer paydaşların bu teknolojileri benimseme ve kabul süreçlerine odaklanan çalışmaların görece sınırlı kaldığı görülmektedir (Bădescu vd., 2022; Reyaz vd., 2023). Gerçek zamanlı ve sensör tabanlı geri bildirim sistemleri, sporcuların performansına ilişkin anlık ve nesnel veriler sunarak teknik uygulamaların ve kinematik parametrelerin anlamlı biçimde iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır (Cai, 2025). Geri bildirimin sporcular tarafından nasıl algılandığı ve meşru kabul edilmesi, temel psikolojik ihtiyaçların doyumu aracılığıyla sporcu deneyimlerini ve iyi oluşu belirleyici biçimde etkilemektedir (Tristán vd., 2021). Bu bulgular, performans geri bildiriminin etkinliğinin yalnızca teknolojik doğrulukla değil,

aynı zamanda sporcu algıları ve ilgili psikolojik süreçlerle şekillendiğini göstermektedir (Morbée vd., 2025).

## Sonuç ve Gelecek Perspektif

Mobil yapay zekâ teknolojileri, son on yılda spor sektörü ve eğitim alanında önemli bir dönüşüm yaratmıştır. Bu dönüşüm, sensör tabanlı veri toplama araçlarının gelişimi, bilgisayarlı görü sistemlerinin yaygınlaşması, IoT ve CPS tabanlı altyapıların erişilebilirliği ile gelişmiş makine öğrenmesi modellerinin mobil cihazlarda uygulanabilir hâle gelmesine dayanmaktadır (Manogaran vd., 2019; Cai vd., 2019; Tao vd., 2020; Bodemer, 2023). Eğitimsel büyük veri analitiği, öğretmenlerin karar verme süreçlerinin desteklenmesine ve öğrenme davranışlarına ilişkin daha kapsamlı içgörüler üretilmesine katkı sağlamaktadır (Chen vd., 2020). Yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerinin hizmet sektöründe yenilikçi kapasite yarattığını vurgulamakta; bu eğilim eğitim alanındaki dijitalleşme tartışmalarına da ışık tutabilir (Lee & Han, 2021). Spor sektöründe sensör verileri ve derin öğrenme algoritmalarının kullanımı sayesinde atletik performansın çok boyutlu olarak analiz edilmesi, yüklenmeye bağlı risklerin izlenmesi ve bireysel hareket örüntülerinin değerlendirilmesi mümkün hâle gelmiştir (Ghosh vd., 2022).

Mevcut durumda mobil yapay zekâ uygulamaları hem eğitim hem de spor alanlarında erken gelişim aşamasında olmakla birlikte hızla olgunlaşmaktadır (Zhang & Aslan, 2021; Zhao vd., 2025). Literatürde, sensör tabanlı sistemlerin veri doğruluğu, giyilebilir cihazların kullanıcı uyumu, mobil ortamlarda çalışan poz tahmini modellerinin performansı ve CPS altyapılarının güvenliği gibi alanlarda hâlen iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğu belirtilmektedir (Iqbal vd., 2020). Bununla birlikte, geleceğe yönelik eğilimler, mobil yapay zekânın önümüzdeki on yılda daha bütünleşik, erişilebilir ve kullanıcı dostu hâle geleceğini göstermektedir. Mobil yapay zekânın; gerçek zamanlı performans değerlendirmesi, aşırı yüklenmeye bağlı risklerin izlenmesi, kişiselleştirilmiş

antrenman programlarının oluşturulması ve veri temelli geri bildirim mekanizmaları gibi uygulamalarda kritik bir bileşen hâline gelmesi beklenmektedir (Zhao vd., 2025). Sensör ve bilgisayarlı görü tabanlı yaklaşımların farklı sporlarda yüksek doğruluk sağlaması, bu alandaki araştırmaların daha büyük veri setleri ve daha gelişmiş derin öğrenme modelleriyle ilerleyeceğine işaret etmektedir (Steels vd., 2020; McNally vd., 2019; Nistala & Guttag, 2019). Ayrıca, VR tabanlı antrenman simülasyonlarının yaygınlaşması, sporcuların daha güvenli ve kontrollü ortamlarda karmaşık hareketleri uygulamalarına olanak tanıyacaktır (Bideau vd., 2010). Eğitim alanında mobil yapay zekânın geleceği, büyük ölçüde öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının bu teknolojileri kabul etme düzeyine bağlıdır (Sánchez-Prieto vd., 2019; Nazaretsky vd., 2022). TAM3 ve eğitim bağlamında yürütülen teknoloji kabul çalışmaları, algılanan kullanım kolaylığı ile algılanan faydanın teknoloji kabulü ve kullanım niyeti üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır (Venkatesh & Bala, 2008; Wong, 2015). Eğitim alanındaki teknoloji kabul araştırmalarında ise Teknoloji Kabul Modeli (TAM) ve bu modelin genişletilmiş sürümleri, öğretmen ve öğretmen adaylarının teknolojiye yönelik tutum ve niyetlerini açıklamada yaygın olarak kullanılan kuramsal çerçeveler arasında yer almaktadır (Wong, 2015). Bu bulgular, eğitimde yapay zekâ destekli mobil uygulamaların tasarımında kullanıcı deneyiminin ve insan merkezli yaklaşımların öncelikli olması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarının öğrencilerde öğrenme kaygısını azalttığı, öz-yeterlik ve teknolojiye yönelik benimseme tutumlarını güçlendirdiği; bu nedenle öğretmen eğitimi programlarında yapay zekâ pedagojisine yönelik yapılandırılmış bileşenlerin yer almasının mobil yapay zekâ uygulamalarının benimsenmesini kolaylaştıracağı anlaşılmaktadır (Atta et al., 2025).

Önümüzdeki on yıl içinde hem spor hem de eğitim alanında mobil yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşmasını destekleyecek bazı ortak eğilimler öne çıkacaktır. Bu eğilimler şunlardır:

- Giyilebilir cihazların daha dayanıklı, hassas ve uzun ömürlü hâle gelmesi, sensör verilerinin tutarlılığını artıracaktır.
- Sağlık, spor ve diğer sensör tabanlı CPS uygulamalarında; heterojen sensör yapıları, IoT cihazlarının sınırlı işlem kapasiteleri ve gürültülü veri akışları saldırı tespitini zorlaştırmakta, bu durum uçtan uca güvenlik mimarilerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.
- Kullanıcı merkezli tasarım: Sporcular ve öğretmenler için daha sezgisel, esnek ve kişiselleştirilebilir yapay zekâ arayüzlerinin geliştirilmesi beklenmektedir.
- Veri temelli karar verme kültürünün yaygınlaşması: Mobil yapay zekâ uygulamalarının öğretmenlik mesleği ve mahremiyet üzerindeki toplumsal etkileri giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Yapay zekânın, insan uzmanlığının yerine geçmekten ziyade bu uzmanlığı destekleyen bir araç olarak konumlandırılması önemini koruyacaktır.

Sonuç olarak, mevcut literatür mobil yapay zekânın hem spor sektörü hem de eğitim alanı için önemli bir dönüşüm potansiyeli taşıdığını göstermektedir. Önümüzdeki on yıl, bu teknolojilerin daha kapsamlı veri ekosistemleriyle bütünleştiği, kullanıcı ihtiyaçlarına daha duyarlı hâle geldiği ve disiplinler arası iş birlikleriyle desteklendiği bir dönem olarak öngörülmektedir. Kullanıcı çalışmalar, mobil yapay zekânın başarıyla uygulanmasının yalnızca teknik gelişmelere değil, aynı zamanda kullanıcı kabulü, güvenlik standartları, etik tasarım ilkeleri ve pedagojik uyum gibi faktörlere de bağlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, gelecekteki araştırmaların bu çok katmanlı yapıyı dikkate alarak ilerlemesi gerekmektedir.

## Kaynakça

- Abou Karroum, S., & Elshaiekh, N.-E. M. (2025). Exploring the role of artificial intelligence on educational dynamics: Evaluating its impact on pedagogical practices and student learning outcomes. *Qubahan Academic Journal*, 4(4), 318–329. <https://doi.org/10.48161/qaj.v4n4a691>
- Aktaş, B. S. (2024). Video Analiz Yönteminin Performans ve Teknik Gelişimine Katkısı (Alp Disiplini Örneği). In: Alaeddinoğlu, V. & Kishalı, N. F. & Dertli, M. E. (eds.), *Sporda Antrenman ve Egzersiz Üzerine Araştırmalar*. Özgür Yayınları. <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub640.c2793>
- Alghamdi, A., Al Kinoon, A., Alghuried, A., & Mohaisen, D. (2025). xr-droid: A benchmark dataset for AR/VR and security applications. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 22(2), 1418–1430. <https://doi.org/10.1109/TDSC.2024.3440662>
- AlJabri, Z., & Abawajy, J. H. (2025). Permutation-based firmware remote attestation for Internet-of-Things edge-based network. *IEEE Systems Journal*, 19(2), 346–357. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2025.3550055>
- Anand, A., Sharma, M., Srivastava, R., Kaligounder, L., & Prakash, D. (2017). Wearable motion sensor based analysis of swing sports. In *2017 16th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)* (pp. 261–267). IEEE.
- Anik, M. A. I., Hassan, M., Mahmud, H., & Hasan, M. K. (2016). Activity recognition of a badminton game through accelerometer and gyroscope. In *2016 19th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT)* (pp. 213–217). IEEE.
- Arogam, G., Manivannan, N., & Harrison, D. (2019). Review on wearable technology sensors used in consumer sport applications. *Sensors*, 19(9), Article 1983. <https://doi.org/10.3390/s19091983>
- Atta, A., Esmat, M., Amasha, N., Elayat, E., & ElSaid, W. K. (2025). A smart ChatGPT mobile application for improving C# programming skills for students in educational institutions. *Qubahan Academic Journal*, 5(2), 49–62. <https://doi.org/10.48161/qaj.v5n2a1772>
- Bădescu, D., Zaharie, N., Stoian, I., Bădescu, M., & Stanciu, C. (2022). A narrative review of the link between sport and technology. *Sustainability*, 14(23), 16265. <https://doi.org/10.3390/su142316265>
- Badsha, S., Yi, X., Khalil, I., Liu, D., Nepal, S., & Bertino, E. (2021). Privacy preserving location-aware personalized web service recommendations.

- IEEE Transactions on Services Computing, 14(3), 791–804. <https://doi.org/10.1109/TSC.2018.2839587>
- Ballan, L., Bertini, M., Del Bimbo, A., & Serra, G. (2009). *Action categorization in soccer videos using string kernels*. In *2009 Seventh International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing* (pp. 13–18). IEEE.
- Bayoudh, K. (2023). *A survey of multimodal hybrid deep learning for computer vision: Architectures, applications, trends, and challenges*. *Information Fusion*, 99, 102217. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.102217>
- Becattini, F., Bisogni, C., Loia, V., Pero, C., & Hao, F. (2024). *Head pose estimation patterns as deepfake detectors*. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, 20(11), 1–24. <https://doi.org/10.1145/3612928>
- Benages Pardo, L., Buldain Perez, D., & Orrite Uruñuela, C. (2019). *Detection of tennis activities with wearable sensors*. *Sensors*, 19(22), 5004. <https://doi.org/10.3390/s19225004>
- Bideau, B., Kulpa, R., Vignais, N., Brault, S., Multon, F., & Craig, C. (2010). *Using virtual reality to analyze sports performance*. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 30(2), 14–21. <https://doi.org/10.1109/MCG.2009.134>
- Blanco, M. N., Bi, J., Austin, E., Larson, T. V., Marshall, J. D., & Sheppard, L. (2022). Impact of mobile monitoring network design on air pollution exposure assessment models. *Environmental Science & Technology*, 57(1), 440–450. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05338>
- Bloom, V., Makris, D., & Argyriou, V. (2012, June). *G3D: A gaming action dataset and real time action recognition evaluation framework*. In *2012 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 7–12). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CVPRW.2012.6239175>
- Bodemer, O. (2023). *Enhancing individual sports training through artificial intelligence: A comprehensive review*. Authorea Preprints. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.24005916.v1>
- Cabrera-Sánchez, J.-P., Villarejo-Ramos, Á. F., Liébana-Cabanillas, F., & Shaikh, A. A. (2021). Identifying relevant segments of AI applications adopters: Expanding the UTAUT2's variables. *Telematics and Informatics*, 58, 101529. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101529>
- Cai, X. (2025). Enhancing track and field training feedback through 6G enabled transparent optical sensor networks. *Scientific Reports*, 15, 29783. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-14380-7>

- Cai, Z., Neher, H., Vats, K., Clausi, D. A., & Zelek, J. (2019). *Temporal hockey action recognition via pose and optical flows*. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*. IEEE.
- Chen, N.-S., Yin, C., Isaias, P., & Psotka, J. (2020). Educational big data: Extracting meaning from data for smart education. *Interactive Learning Environments*, 28(2), 142–147. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1635395>
- Choi, S., Jang, Y., & Kim, H. (2021). Influence of pedagogical beliefs and perceived trust on teachers' acceptance of educational artificial intelligence tools. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39(4), 910–922. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2049145>
- Ciordas-Hertel, G.-P., Rödling, S., Schneider, J., Di Mitri, D., Weidlich, J., & Drachsler, H. (2021). Mobile sensing with smart wearables of the physical context of distance learning students to consider its effects on learning. *Sensors*, 21(19), 6649. <https://doi.org/10.3390/s21196649>
- Dai, Y., Chai, C.-S., Lin, P.-Y., Jong, M. S.-Y., Guo, Y., & Qin, J. (2020). Promoting students' well-being by developing their readiness for the artificial intelligence age. *Sustainability*, 12(16), 6597. <https://doi.org/10.3390/su12166597>
- Farivar, F., Haghighi, M. S., Jolfaei, A., & Alazab, M. (2020). Artificial intelligence for detection, estimation, and compensation of malicious attacks in nonlinear cyber-physical systems and industrial IoT. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(4), 2716–2725. <https://doi.org/10.1109/TII.2019.2956474>
- Fernández, D., Estopañan, M., Baumer, B., & Casals, M. (2025). *Reporting of regression models for ordinal responses in sports sciences field: A systematic review*. *WIREs Computational Statistics*, 17(1), e70012. <https://doi.org/10.1002/wics.70012>
- Gao, Y. (2025). The role of artificial intelligence in enhancing sports education and public health in higher education: Innovations in teaching models, evaluation systems, and personalized training. *Frontiers in Public Health*, 13, 1554911. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1554911>
- Ghosh, I., Ramamurthy, S. R., Chakma, A., & Roy, N. (2022). Decoach: Deep learning-based coaching for badminton player assessment. *Pervasive and Mobile Computing*, 83, 101608. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2022.101608>
- Ghosh, I., Ramasamy Ramamurthy, S., Chakma, A., & Roy, N. (2023). Sports analytics review: Artificial intelligence applications, emerging

- technologies, and algorithmic perspective. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 13(5), e1496. <https://doi.org/10.1002/widm.1496>
- Guo, Y., Chen, Y., Deng, J., Li, S., & Zhou, H. (2023). Identity-preserved human posture detection in infrared thermal images: A benchmark. *Sensors*, 23(1), 92. <https://doi.org/10.3390/s23010092>
- Gupta, R., Tanwar, S., Al-Turjman, F., Italiya, P., Nauman, A., & Kim, S. W. (2020). Smart contract privacy protection using AI in cyber–physical systems: Tools, techniques and challenges. *IEEE Access*, 8, 24746–24772. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970576>
- Holbrook, M., Hobbs, J., & Lucey, P. (2019). Rugby-bot: Utilizing multi-task learning & fine-grained features for rugby league analysis. *arXiv*, arXiv:1910.07410. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1910.07410>
- Hong, H., Dai, L., & Zheng, X. (2025). Advances in wearable sensors for learning analytics: Trends, challenges, and prospects. *Sensors*, 25(9), Article 2714. <https://doi.org/10.3390/s25092714>
- Hossain, H. S., Khan, M. A. A. H., & Roy, N. (2017). Soccermate: A personal soccer attribute profiler using wearables. In *2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)* (pp. 164–169). IEEE. <https://doi.org/10.1109/PERCOMW.2017.7917551>
- Hu, W., Liu, K., Liu, L., & Shang, H. (2023). *A spatial-temporal transformer based framework for human pose assessment and correction in education scenarios*. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Networking Systems of AI (INSAI)* (pp. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/INSAI60116.2023.00035>
- Hussain, T., Shouno, H., Hussain, A., Hussain, D., Ismail, M., & Mir, T. H. (2025). EFFResNet-ViT: A fusion-based convolutional and vision transformer model for explainable medical image classification. *IEEE Access*, 13, 54040–54068. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3554184>
- Hussein, E., Hussein, M., & Al-Hendawi, M. (2025). *Investigation into the applications of artificial intelligence (AI) in special education: A literature review*. *Social Sciences*, 14(5), 288. <https://doi.org/10.3390/socsci14050288>
- Iqbal, R., Doctor, F., More, B., Mahmud, S., & Yousuf, U. (2020). Big data analytics and computational intelligence for cyber–physical systems: Recent trends and state of the art applications. *Future Generation Computer Systems*, 105, 766–778. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.10.021>

- Ismatullaev, U. V. U., & Kim, S.-H. (2022). Review of the factors affecting acceptance of AI-infused systems. *Human Factors*, 66(1), 5–30. <https://doi.org/10.1177/00187208211064707>
- Jianjun, Q., Isleem, H. F., Almoghayer, W. J. K., & Khishe, M. (2025). Predictive athlete performance modeling with machine learning and biometric data integration. *Scientific Reports*, 15, 16365. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01438-9>
- Johnson, D. G., & Verdicchio, M. (2017). AI anxiety. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68(9), 2267–2270. <https://doi.org/10.1002/asi.23867>
- Krishnapriya, G., Keerthana, S., Gokul Kanna, R., & Rathish, S. (2023, June). YOGA posture detection using machine learning. In *2023 2nd International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICAECA56562.2023.10200266>
- Kulikajavas, A., Maskeliunas, R., & Damaševičius, R. (2021). Detection of sitting posture using hierarchical image composition and deep learning. *PeerJ Computer Science*, 7, e442. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.442>
- Kuzminov, I., Vokhmin, A., Sharaeva, K., Likhanov, M., Markovnikova, A., Lyamin, A. V., & Kurushkin, M. V. (2023). Implementation of eye-tracking recording tool into Narupa iMD VR environment for application in chemistry education. *Journal of Chemical Education*, 101(2), 633–639. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00138>
- Lee, J., & Han, S. H. (Eds.). (2021). *The future of service post-COVID-19 pandemic, volume 1: Rapid adoption of digital service technology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-33-4126-5>
- Lee, J.-H., & Kim, E.-T. (2025). Real-time object detection using low-resolution thermal camera for smart ventilation systems. *IEEE Access*, 13, 79180–79188. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3566635>
- Li, A. (2025). Real-time athlete fatigue monitoring using fuzzy decision support systems. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 18, Article 23. <https://doi.org/10.1007/s44196-025-00732-8>
- Lin, Y., Chen, H., Xia, W., Lin, F., Wang, Z., & Liu, Y. (2025). A comprehensive survey on deep learning techniques in educational data mining. *Data Science and Engineering*, 1–27. <https://doi.org/10.1007/s41019-025-00303-z>
- Liu, G., & Schulte, O. (2018). *Deep reinforcement learning in ice hockey for context-aware player evaluation* (arXiv Preprint No. 1805.11088). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1805.11088>

- Liu, Y.-J., Du, H., Xu, X., Zhang, R., Feng, G., & Cao, B. (2025). A survey of integrating generative artificial intelligence and 6G mobile services: Architectures, solutions, technologies and outlooks. *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 11(3), 1334–1356. <https://doi.org/10.1109/TCCN.2025.3558992>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson. <https://www.pearson.com/content/dam/corporate/global/pearson-dotcom/files/innovation/Intelligence-Unleashed-Publication.pdf>
- Luo, G., Li, W., & Peng, Y. (2020). Overview of intelligent online banking system based on HERCULES architecture. *IEEE Access*, 8, 107685–107699. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2997079>
- Manogaran, G., Shakeel, P. M., Fouad, H., Nam, Y., Baskar, S., Chilamkurti, N., & Sundarasekar, R. (2019). Wearable IoT smart-log patch: An edge computing-based Bayesian deep learning network system for multi access physical monitoring system. *Sensors*, 19(13), 3030. <https://doi.org/10.3390/s19133030>
- Marques, G., Miranda, N., Kumar Bhoi, A., Garcia-Zapirain, B., Hamrioui, S., & de la Torre Diez, I. (2020). Internet of things and enhanced living environments: Measuring and mapping air quality using cyber-physical systems and mobile computing technologies. *Sensors*, 20(3), 720. <https://doi.org/10.3390/s20030720>
- McNally, W., Vats, K., Pinto, T., Dulhanty, C., McPhee, J., & Wong, A. (2019). GolfDB: A video database for golf swing sequencing. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*. IEEE.
- Morbée, S., Haerens, L., & Vansteenkiste, M. (2025). An experimental study of the effects of contextual pressure and performance feedback on coaching styles and athlete experiences in youth basketball. *Psychology of Sport and Exercise*, 79, 102861. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2025.102861>
- Nazaretsky, T., Ariely, M., Cukurova, M., & Alexandron, G. (2022). Teachers' trust in AI-powered educational technology and a professional development program to improve it. *British Journal of Educational Technology*, 53(4), 914–931. <https://doi.org/10.1111/bjet.13232>
- Nistala, A., & Guttag, J. (2019, March). Using deep learning to understand patterns of player movement in the NBA. In *Proceedings of the MIT Sloan Sports Analytics Conference* (pp. 1–14).
- Poongodi, M., Vijayakumar, V., Al-Turjman, F., Hamdi, M., & Ma, M. (2019). Intrusion prevention system for DDoS attack on VANET with

- reCAPTCHA controller using information-based metrics. *IEEE Access*, 7, 158481–158491. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2945682>
- Qiu, X. Y., Chiu, C. K., Zhao, L. L., Sun, C. F., & Chen, S. J. (2023). Trends in VR/AR technology-supporting language learning from 2008 to 2019: A research perspective. *Interactive Learning Environments*, 31(4), 2090–2113. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1874999>
- Reyaz, N., Ahamad, G., Naseem, M., Ali, J., & Rahmani, K. I. (2023). Information communication and technology in sports: A meticulous review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1199333. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1199333>
- Sánchez-Prieto, J. C., Cruz-Benito, J., Therón, R., & García-Peñalvo, F. J. (2019). How to measure teachers' acceptance of AI-driven assessment in eLearning: A TAM-based proposal. In M. Á. C. González, F. J. R. Sedano, C. F. Llamas, & F. J. García-Peñalvo (Eds.), *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 181–186). ACM. <https://doi.org/10.1145/3362789.3362918>
- Scherer, R., & Teo, T. (2019). Unpacking teachers' intentions to integrate technology: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 27, 90–109. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.001>
- Shu, H., Qi, P., Huang, Y., Chen, F., Xie, D., & Sun, L. (2020). An efficient certificateless aggregate signature scheme for blockchain-based medical cyber physical systems. *Sensors*, 20(5), 1521. <https://doi.org/10.3390/s20051521>
- Shuvo, S. B., Ali, S. N., Swapnil, S. I., Al-Rakhami, M. S., & Gumaei, A. (2021). CardioXNet: A novel lightweight deep learning framework for cardiovascular disease classification using heart sound recordings. *IEEE Access*, 9, 36955–36967. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3063129>
- Steels, T., Van Herbruggen, B., Fontaine, J., De Pessemier, T., Plets, D., & De Poorter, E. (2020). Badminton activity recognition using accelerometer data. *Sensors*, 20(17), 4685. <https://doi.org/10.3390/s20174685>
- Susnjak, T., Ramaswami, G. S., & Mathrani, A. (2022). Learning analytics dashboard: A tool for providing actionable insights to learners. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19, 12. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00313-7>
- Tao, J., Dong, M., Li, L., Wang, C., Li, J., Liu, Y., Bao, R., & Pan, C. (2020). Real-time pressure mapping smart insole system based on a controllable vertical pore dielectric layer. *Microsystems & Nanoengineering*, 6, Article 62. <https://doi.org/10.1038/s41378-020-0171-1>

- Teo, T., Fan, X., & Du, J. (2015). Technology acceptance among pre-service teachers: Does gender matter? *Australasian Journal of Educational Technology*, 31(3). <https://doi.org/10.14742/ajet.1672>
- Teo, T., Lee, C. B., Chai, C. S., & Wong, S. L. (2009). Assessing the intention to use technology among pre-service teachers in Singapore and Malaysia: A multigroup invariance analysis of the Technology Acceptance Model (TAM). *Computers & Education*, 53(3), 1000–1009. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.017>
- Tristán, J., Ríos-Escobedo, R. M., López-Walle, J. M., Zamarripa, J., Narváez, M. A., & Alvarez, O. (2021). Coaches' corrective feedback, psychological needs, and subjective vitality in Mexican soccer players. *Frontiers in Psychology*, 11, 631586. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.631586>
- Vats, K., Fani, M., Walters, P., Clausi, D. A., & Zelek, J. (2020). Event detection in coarsely annotated sports videos via parallel multi-receptive field 1D convolutions. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops* (pp. 882–883). IEEE.
- Vec, V., Tomažič, S., Kos, A., & Umek, A. (2024). Trends in real-time artificial intelligence methods in sports: A systematic review. *Journal of Big Data*, 11(1), 148. <https://doi.org/10.1186/s40537-024-01026-0>
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273–315. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00192.x>
- Waheed, H., Hassan, S.-U., Aljohani, N. R., Hardman, J., Alelyani, S., & Nawaz, R. (2020). Predicting academic performance of students from VLE big data using deep learning models. *Computers in Human Behavior*, 104, 106189. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106189>
- Wang, S., Guo, Y., Li, Y., & Hsu, C. H. (2020). Cultural distance for service composition in cyber–physical–social systems. *Future Generation Computer Systems*, 108, 1049–1057. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.06.012>
- Wang, Z. Z., Xia, X., & Chen, Q. (2025). Multi-level data fusion enables collaborative dynamics analysis in team sports using wearable sensor networks. *Scientific Reports*, 15, 28210. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12920-9>
- Wazid, M., Reshma Dsouza, P., Das, A. K., Bhat, V. K., Kumar, N., & Rodrigues, J. J. P. C. (2019). RAD-EI: A routing attack detection scheme for edge-based Internet of Things environment. *International Journal of*

- Wazwaz, A., Amin, K., Semary, N., & Ghanem, T. (2024). Dynamic and distributed intelligence over smart devices, Internet of Things edges, and cloud computing for human activity recognition using wearable sensors. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 13(1), 5. <https://doi.org/10.3390/jsan13010005>
- Wong, G. K. W. (2015). Understanding technology acceptance in pre-service teachers of primary mathematics in Hong Kong. *Australasian Journal of Educational Technology*, 31(6). <https://doi.org/10.14742/ajet.1890>
- Wu, D., Zhu, H., Zhu, Y., Chang, V., He, C., Hsu, C. H., & Huang, Z. (2020). Anomaly detection based on RBM–LSTM neural network for CPS in advanced driver assistance system. *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems*, 4(3), 1–17. <https://doi.org/10.1145/3377408>
- Ye, Y., Wang, J., He, P., Nie, J., Xiong, J., & Gao, H. (2023). An action analysis algorithm for teachers based on human pose estimation. *Computers and Electrical Engineering*, 111, 108915. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2023.108915>
- Yuan, S., & Zhou, L. (2025). GTA-Net: An IoT-integrated 3D human pose estimation system for real-time adolescent sports posture correction. *Alexandria Engineering Journal*, 112, 585–597. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.10.099>
- Yue, M., Jong, M. S.-Y., & Dai, Y. (2022). *Pedagogical design of K–12 artificial intelligence education: A systematic review*. *Sustainability*, 14(23), 15620. <https://doi.org/10.3390/su142315620>
- Zhang, K., & Aslan, A. B. (2021). AI technologies for education: Recent research & future directions. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100025>
- Zhang, X., Ding, Y., Huang, X., Li, W., Long, L., & Ding, S. (2024). Smart classrooms: How sensors and AI are shaping educational paradigms. *Sensors*, 24(17), 5487. <https://doi.org/10.3390/s24175487>
- Zhao, J., Sitthiworachart, J., & Ratanaolarn, T. (2025). *The impact of AI-integrated sport blended learning on primary school students' sports skills and attitudes*. *The Open Sports Sciences Journal*, 18, e1875399X397619. <https://doi.org/10.2174/011875399X397619250721071324>
- Zhong, Q., Jiang, J., Bai, W., Yin, Z., Liao, Z., & Zhong, X. (2025). Application of digital-intelligent technologies in physical education: A systematic

- review. *Frontiers in Public Health*, 13, 1626603.  
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1626603>
- Zhou, B., Koerger, H., Wirth, M., Zwick, C., Martindale, C., Cruz, H., Eskofier, B., & Lukowicz, P. (2016). Smart soccer shoe: Monitoring foot–ball interaction with shoe-integrated textile pressure sensor matrix. In *Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers* (pp. 64–71). ACM.  
<https://doi.org/10.1145/2971763.2971784>
- Zhu, L. (2021). Computer Vision-Driven Evaluation System for Assisted Decision-Making in Sports Training. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021(1), 1865538.  
<https://doi.org/10.1155/2021/1865538>
- Zou, X., Wang, L., & Han, R. (2025). Embedded cyber-physical systems for monitoring and optimization of sports facilities using consumer IoT (CIoT) and edge computing. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 71(2), 4838–4848.  
<https://doi.org/10.1109/TCE.2025.3535162>