

# BÖLÜM 25

## TEKNOLOJİNİN SPORDAKİ ROLÜ

**Dilek SEVİMLİ<sup>1</sup>**

**Fatoş Yağmur ERBAŞI<sup>2</sup>**

### GİRİŞ

Günümüzde teknolojik uygulamalar artık spor bilimlerinde yaygın şekilde kullanılabilir durumdadır. Bu teknoloji araçlarının yaygınlaşması, kullanılması ve benimsenmesi, rekabet avantajının giderek artmasına ve spor endüstrisini de etkileyerek spor bilimleri açısından da daha önemli bir hale gelmektedir. Spor endüstrisi içinde sporun pazarlanması, organizasyonu, rekreatif amaçlı, rekabet içeren, sporcuların performansının hazırlanmasında, fiziksel ve zihinsel dayanıklılığını yükseltmede, taraftar desteği ve sponsorluk olmak üzere sporun çok çeşitli alanlarını kapsayan bir endüstridir. Özellikle, giyilebilir spor teknoloji ürünleri, bilgisayar oyunları ve akıllı stadyumlardan, spor materyallerinden, sportif nesnelere kadar, birçok yenilik spor endüstrisi teknolojileri sayesinde geliştirilip spor pazarına sunulmaktadır. Bu yenilikler, verilerin toplanma şeklinde ve içeriğinde önemli atılımlara da neden olmaktadır. İşlenen bilgilerin aktarılmasındaki bu yenilikler sayesinde, antrenörlerin, profesyonel ve amatör sporcuların üzerindeki olumlu etkisi de giderek artmaktadır. Teknoloji, eğitim ve rekabette izlenir ortamları ve en yeni örnekleri sporun hizmetine sunarak veri toplanmasını, veri işleme teknolojilerini, geri bildirim yöntemlerini ve eğitim araçlarını spor için faydalı hale getirmektedir. Günümüzde sporun rekabet ortamında; teknik ve taktik analizlerinin yanı sıra taraftar desteğinin sürdürülmesi ve tespitinde dahi akıllı teknolojilerin kullanılmasının önemi giderek artmaktadır. Takımın hazırlık dönemi- müsabaka dönemi vb. durum tespitinde, sporcuların performansını ve sağlık durumlarını belirleyerek sakatlanma risklerini tahmin etmede, bireysel ve takım performansını artırma gibi taktik, teknik, stratejik konuları ile ilgili sporda akıllı

<sup>1</sup> Prof. Dr. Adana Çukurova Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, dileksevimli@gmail.com

<sup>2</sup> Doktora Öğrencisi Adana Çukurova Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, yagmurerbasi@hotmail.com

teknolojilerden faydalanılmaktadır. Özellikle, spor elitleri ve yöneticileri, sporcuların takıma seçilmesinde, transferlerinde; idari ve finansal kararlar alınmasında, etkin pazarlama tekniklerinin belirlenmesinde, taraftar desteği için bu teknolojilerden artan oranda faydalanmaktadırlar. Bunlara ek olarak; sporda, hakem sistemleri ve stadyum dışındaki izleyicilere yönelik sofistike yayınlar, akıllı teknolojilerle desteklenmekte ve bu kapsamda artık sıklıkla yapay zekâ yöntemleri tercih edilmektedir.

Spor endüstrisi içinde büyük miktardaki verilerle çalışabilmek için alternatif yöntem arayışı günümüzde devam etmektedir. Multi-disipliner alan olan spor bilimi özellikle; eğitimden, tıbbı, endüstriden, turizme kadar birçok sektörle iç içe geçmiş durumdadır. Spor dünyası da diğer alanlardan gelen verileri kullanmak için akıllı teknolojilerden yararlanmak zorundadır. Böylece spor alanı, diğer alanlara kolaylıkla adapte olurken, büyük veri kontrolü ve diğer alanlar arasındaki veri transferinin kullanımını etkin şekilde sürdürebilmektedir. Birbirine bağlı teknolojilerden, cihazlardan, nesnelere ve hizmetlerden alınan bilgiler ile sensörler, iletişim ve temel hesaplama yöntemleri ile Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisinden günümüz spor dünyasında kolaylıkla yararlanılmaktadır.

Bu bağlamda; teknolojinin spordaki rolüne genel bir bakış açısı sağlayarak gelişen spor teknolojilerinin kullanım alanları hakkında yeni bilgileri derleyip, günümüz teknolojisinin sporcu performansının ihtiyaçları doğrultusunda daha da geliştirilmesindeki değişiklikler yansıtılacaktır.

## **GENEL BİLGİLER**

Teknoloji bilimsel bilgiye dayalı olarak, makine ve cihazlar üretme bilgisidir. Heidegger'in de ifadesiyle, teknik bir araçtır ve insan etkinliğidir (Heidegger, 1998). Başka bir ifadeyle Teknoloji, insan duyularının ulaşamayacağı veya insan duyularının da ötesinde olan bilgileri elde etme imkânı olarak da tanımlanabilir (Pustisek & ark., 2019).

Spor ise bir kişinin boş zamanlarında veya profesyonel olarak yaptığı fiziksel aktivitedir. Fiziksel aktiviteleri kısaca spor, rekreasyon, amatör veya profesyonel spor olarak kategorize edilebilir. Bu belirtilen üç kategorinin her biri toplumda ayrı bir yere sahiptir ve farklı hedefleri olan insanları içerir. Fakat hepsinde ortak olan bir şey vardır: fiziksel aktivitelerinin nicelendirilmesi ihtiyacı ve dürtüsüdür (McGrath & Scanaill, 2013).

Teknolojideki son gelişmeler haliyle sporu da şekil olarak geliştirmekte ve yenilemektedir. Sporda kullanılan teknoloji çok hızlı bir şekilde değişerek; şu an kullanılan son teknoloji sadece birkaç yıl önce hayal edilenden öte özelliklere ve işlevselliğe sahiptir. Örneğin, geçmişte cimnastikçilerin hareketini sadece video kayıtları yoluyla belirli ayrıntılarla analiz edilebilirken, şu anda sporcu kıyafetlerinde nano-teknolojiden yararlanılmakta, son teknoloji ürünleri olan ayakkabılar üretilmekte, karşılaşmalardaki hakem hatalarını en aza indiren video yardımcı hakem (VAR) kullanılmakta, hatta hakemlerin kullandıkları bayraklar, kulaklıklar dahi son teknoloji ürünü olarak sergilenmektedir (Pustisek & ark., 2019).

Gelişen teknolojinin sporcu performanslarına da olumlu etkileri görülmektedir. Fisher'ın çalışmasında, golf sporunda kullanılan Trackman cihazının sporculara önemli ölçüde rekabet avantajı sağladığını belirtmektedir (Fisher, 2019). Benzer şekilde Joseph ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Vaporfly spor ayakkabısının, maraton sporcularının performansına olumlu katkılarının olduğunu bildirmektedirler (Joseph & ark., 2020). Performansa ek olarak teknolojinin geri bildirim yöntemlerine de katkısı olduğu görülmüş olup, Kretschmann'ın yaptığı araştırmada, tablet teknolojisi destekli video geri bildirim yönteminin, 5. Sınıf öğrencilerinin yüzme becerilerinin geliştirilmesi yönünde olumlu katkısı olduğu bildirilmektedir (Kretschmann, 2017). Ayrıca bu çalışmayı destekleyici bir şekilde, Ruzicka ve Milova'nın yaptığı çalışmada, etkili bir geri bildirim sağlamada video analiz yönteminin kayak sporcularının performanslarına yönelik olumlu katkıları olduğu gözlenmiştir (Ruzicka & Milova, 2019)

Her alanda olduğu gibi sporda da bilimsel, teknik, teknolojik gelişmeler yaşanmakta; teknoloji ile sporun bütünleşmesi gerçekleşmektedir. Gelişen teknoloji sayesinde spor organizasyonları daha fazla insana ulaşmaktadır. Her gün insanlar dünyanın neresinde olursa olsun anında birçok spor organizasyonuna daha hızlı ve daha düşük maliyetlerde ulaşmaktadır. Spor tesisleri de teknolojiden yararlanmakta, akıllı taşıma sistemleri, dijital ekranlar, duysal teknolojiler ve akıllı telefon uygulamalarıyla kendini yenilemektedir. Teknolojideki bu gelişmeler yavaş yavaş spor organizasyonlarının şeklini ve içeriğini değiştireceği gibi, spora ve sporcuya olan bakış açısını da etkilemektedir.

Böylece, amacımız teknolojinin spordaki rolüne genel bir bakış açısı sağlamak, gelişen spor teknolojilerinin nasıl kullanılabileceğinin tartışmasını

yapmak ve teknolojinin sporcu performansının geliştirilmesinde ne gibi rolü olduğunu ortaya koymaktır.

## **SPOR TEKNOLOJİLERİ VE KULLANIM ALANLARI**

Spor bir nevi beden gücünün ve zekânın öne çıktığı, insanların medeniyete kavuşmasından beri kendilerini ve güçlerini ispat etmek için yarıştığı bir alandır. Günümüzde ise, ister amatör, ister profesyonel sporcular için teknoloji artık sporun vazgeçilmezi olmuş durumdadır. Kayakçılardan, golfçülere, tenisçilerden, atletlere, bireysel sporlar ve takım sporlarına, özel olarak hazırlanan teknolojik ürünler ve yazılımlar sayesinde tüm sporculara maksimum verimlilik ile yarışma imkânı doğmaktadır. Tıp alanında ki teknolojik gelişmeler ile hem bireysel sporlarda olsun, hem takım oyunlarında olsun sporcuların kan testleri ile maksimum performansları ölçülebildiği gibi, olası sakatlıklarını belirleyebilen teknolojiler ile yapmaları gereken antrenman türleri belirlenerek biyolojik eksiklikleri dahi giderilmektedir. Örneğin, Morrison Patrick, Cooper ile birlikte yaptığı çalışmada; Afrika'nın batı kıyılarında yerlilerin bulunduğu alanlarda, yaygın sıtmanın, sprint ve güç sporları için faydalı spesifik genetik ve metabolik değişikliklere yol açtığını belirtmişlerdir. Bu hipoteze göre; Batı Afrika'daki sıtma, sıtmaya karşı koruyan genlerin çoğalmasını zorlarken, aerobik olarak enerji üretme yeteneği olan genlerin azalmasına ve enerji için oksijene daha az bağımlı olan kas liflerinin üretiminin artmasına neden olduğu bildirilmiştir (Epstein, 2014).

Cooper, biyolojik olarak Afro-Amerikalı sporcuların sprint sporlarındaki hakimiyetine ilişkin açıklamaları bilimsel dergilerden derleyip bir veri tabanı oluşturmuştur. Cooper, bazı bilim adamları tarafından kaydedilen 1968 yılında olimpiyat sporcularının vücut tipleri hakkında çalışmalara ulaşmış ve araştırmaların çok sayıda Afro-Amerikalı olimpiyat sporcusunun orak hücre özelliği olduğunu göstermiştir. Yani hemoglobini kodlayan iki genin kopyası oksijen yokluğunda mutasyona uğrayarak yuvarlak olan şeklinin kıvrılmasına neden olmuştur. Bu gen çeşitliliği en çok batıda Sahra altı veya Afrika kökenli insanlarda bulunmaktadır. Bilim insanları 1968 Mexico City Olimpiyatlarında daha önce yüksek irtifanın sebep olduğu orak hücreli sporcuların iyi performans gösteremeyeceğine inanmaktaydılar. Aksine Morrison, orak hücrenin caydırıcı olduğuna, olimpiyatlarda sprintler ve atlamalar gibi kısa süreli sporlarda bunun etkin olabileceğini belirtmektedirler. Günümüz, epidemiyolojik

çalışmaları ise, sporcuların orak hücre özelliği (“Orak hücre taşıyıcıları” olarak bilinen mutant genin bir kopyasına sahiptirler), 800 metreden uzun koşullarda aerobik dayanıklılık gerektiren spor branşları ile uğraşan sporcularda bu genin yetersiz olacağı ifade edilmiştir (Epstein, 2014).

Sporda teknolojinin değişmesi ile milyarlarca seyircinin, spor meraklısının, olağanüstü atletik performansları uzaktan tek bir tuşla izlemesi Olimpiyatlar, Dünya Kupası gibi büyük organizasyonların yayın haklarının alınması ile sportif yarışmaların müşteri tabanı genişledikçe, şöhret, ün, finansal ödüller performans piramidini de gittikçe arttırmaktadır. Bu ödüller arttıkça ve en üst düzeyde yoğunlaştıkça, onları kazanan oyuncular daha hızlı, daha güçlü ve daha yetenekli hale gelmek zorunda kalmaktadır. Özellikle, bireysel sporlarda, dünya rekorları ve takım sporlarındaki ileri düzeyde beceri yetkinliğindeki değişmelerin büyük ölçüde arttığı gözlenmektedir. En iyi performans gösterenlerin ödülleri arttıkça, fazla sayıda sporcu, bu ödülleri kazanmak için teknolojik tabanlı destek almaktadır. Spordaki yardımcı materyallerin gelişmesi ile performanstaki ilerlemelerin bir kısmı, basit atletik çabalarda bile, çok açık bir şekilde teknolojik gelişmelerin sonucudur. Örneğin efsanevi kısa mesafe koşucusu Jesse Owens’ın biyomekanik video analizi, eklemlerinin 1980’lerde Carl Lewis’inki kadar hızlı ve seri hareket ettiğini göstermiştir, ancak Owens, 1930’larda Lewis’in kurduğu sentetik yüzeylerden çok daha fazla enerji harcatan cürüflü yollarda koştuğundan kaynaklanmaktadır. Ancak, çoğu zaman gözden kaçan tek gelişme kaynağı “teknoloji” değildir. Şüphesiz, artan egzersiz miktarı ve hassasiyeti, performansın sınırlarını zorlamaya yardımcı olmaktadır. Ekonomist Robert H. Frank’in “kazanan her şeyi alır” dediği durum, kazanan her şeyi alır etkisi ile çok daha fazla insanın gittikçe kazançlı hale gelen az sayıdaki listelerdeki spotu için seçmelere katılmasına izin veren küresel bir pazarla birleştiğinde, gerçekten de gen havuzunu değiştirmiştir. Bu durum tüm insanlığın gen havuzu değil, tabiki bu gen havuzu “elit sporlardaki gen havuzudur” (Epstein, 2014).

Ek olarak günümüz teknolojisi bireysel sporlara da katkı sağlamak ve teknoloji birçok alanda kendini göstermektedir. Bireysel sporlar aslında yarış anında tek kişi alanda olsa da, çok büyük bir ekip ve takım çalışmasının sonucunda gelen başarılarla bağlıdır. Örneğin içerisinde basınç ve hız ölçerler bulunan boks antrenman eldivenleri, kondisyon ölçmek için içerisinde teçhizatlar bulunan özel tişörtler ve basınç ölçerli kum torbaları gibi. Aynı şekilde

takım sporlarında da teknolojiden yararlanılmaktadır. Örneğin Amerikan futbolunda kullanılmaya başlanan, teknik direktörle oyun kurucunun iletişimini sağlayan kask kulaklık teknolojileri, sahaya farklı kombinasyonlarda oyuncular yerleştirerek pozisyon almaya yardımcı simülasyon sistemleri son yıllarda kullanılan teknolojilerden bazılarıdır.

Sporcunun faaliyetlerini izlemeyi amaçlayan bir dizi ucuz giyilebilir izleme cihazı ve aygıt piyasaya sürülmektedir. Bilek bantları, akıllı saatler veya kolyeler vb. Bu gibi araçlar, sporcu hakkında anlık istatistiksel parametreler verir ve belirli bir fiziksel aktivitenin anlık durumlarını göstermektedir. Örneğin, gün içinde yapılan basamak veya merdiven sayısını sayarlar veya uyku kalitesini ve stres seviyelerini tahmin edebilirler. Özellikle giyilebilir teknolojilerin en önemli segmentleri akıllı telefonlardır. Pratik olarak tüm akıllı telefonlar bir dizi farklı sensörle yüklüdür; ivmeölçerler, jiroskoplar, mikrofonlar, GPS, kameralar, manyetometreler, vb. buna ek olarak, akıllı telefonlarda geri bildirim cihazlarını içermekte ve hoparlör, ekran ve titreşim gibi özelliklerle donatılmışlardır. Akıllı telefonlar önemli ölçüde işlem gücüne sahip olduklarından, bağımsız mobil uygulamalar için kullanılabilirlerdir (Vracar & ark., 2015).

Engelli sporlarına olan ilgi son yıllarda önemli ölçüde artmaktadır. Örneğin; 2018'in Pyeong Chang'daki Paralimpik kış oyunları, 343 bin seyirciye ev sahipliği yaparak 2,02 milyarlık uluslararası TV izleyicisine ulaşmıştır. Bu artış sporcuyla destekleyen teknolojik araçlara talebi de arttırmaktadır. Bunların en kullanışlılarından giyilebilir sensörler, spor pratiğini izlemek için taşınabilir ve genel olarak sporcuya kullanışlı yollar sunmaktadır. Barfield ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, omuz ağrısı ve yaralanma riskini artırabilecek agonist-antagonist dengesizliklerini ölçmek amacıyla gerçek antrenman seansları sırasında seçkin bir tekerlekli sandalye ragbi oyuncusunun omuz kasları aktivitesini ölçmek için bir elektromiyografi (EMG) sensörü kullanılmaktadır. Çalışma sonucunda, egzersiz seansları boyunca tekerlekli sandalye itme ile ilgili hem agonist, hem de antagonist kaslarda yorgunluğun eşit olduğunu bildirmektedirler (Barfield & ark., 2016).

Gelişen teknoloji, endüstri 4.0 bileşenlerinin de (*Bulut Bilişim Teknolojisi, Siber Sistemler, Artırılmış Gerçeklik, Akıllı Makineler, 3D Yazıcılar, Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri ve Analizi*) katkılarıyla teknolojik spor ürünleri her geçen gün kendini yenileyebilmektedir. Bu gelişmelere aşağıda kısaca değinilmektedir.

## Bulut Bilişim Teknolojisi

Bulut bilişim CCT (Cloud computing technology), bilgisayarlar ve diğer cihazlar için, istendiği zaman kullanılabilen ve kullanıcılar arasında paylaşılan internet tabanlı bilişim hizmetlerinin genel adıdır. Bulut bilişim teknolojisi (CCT), dünyanın dört bir yanındaki insanlara yazılım ve altyapı çözümleri sunmak için internet'in gücünü kullanmanın devrim niteliğinde yeni bir yoldur (Mell & ark., 2011). İnternet 1994 yılına kadar bulut sembolü ile temsil ediliyordu. Bulut sözcüğü ise, dosyaların saklandığı konumu ve yeri işaret eder. Ancak saklama boyutu bulutlara yani saklama ve altyapı hizmeti barındıran hizmetlere doğru kaymaktadır. Bu gidişin ilk öncü uygulamaları, İnternet sağlayıcıları tarafından, yedekleme amacıyla sunulan bulutlardır. Örneğin, Türkiye'de hizmet veren bir internet sağlayıcısı olan TTNET Bulut adlı hizmetle Türkiye piyasasına girmiştir. Google gibi uluslararası bilişim şirketleri ise; Google Drive gibi çevrim içi bilgi işleme özelliği sunan uygulamalar geliştirmiştir. Ayrıca; Microsoft ve Intel gibi büyük teknoloji firmaları da; bu teknolojiyi bilişim tüketicisine sunmuştur.



Şekil 1. Bulut Bilişim Teknolojisi

(Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir? | by Codevist <https://blog.codevist.com/bulut-bilisim-be8173a9234d> (E.T.12.07.2020))

## Siber Fiziksel Sistemler

Siber fiziksel sistemler, iletişimi, bilgi alışverişini, fiziksel süreçleri yönetebilmek, izleyebilmek ve takip amacıyla bilgisayar, yazılım ve ağlar gibi yeni nesil teknolojilerden yararlanırlar. Siber fiziksel sistemleri arasında tıbbi izleme,

akıllı şebekeler, sensörler, otonom otomobil sistemleri, süreç denetleme sistemleri, robotik sistemler, endüstriyel kontrol sistemleri ve otomatik pilot aviyonik projeleri gösterilebilir. Bu sistemlerin iki boyutu vardır. Bunlardan ilki; iletişim kurabilen akıllı makinelerin oluşturdukları fiziksel olarak birbiriyle bağlantı kurabilen sistemlerdir. İkincisi ise gerçek fiziksel sistemin bir sanal kopyası olan simülasyonlardan oluşmaktadır (Banger, 2017).

### **Artırılmış Gerçeklik**

Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyadaki mekân ve nesnelerin yanına, sanal olarak yerleştirilmiş nesnelerin, gerçek zamanlı olarak aynı ortamda insanlar tarafından algılanmasıdır. Eğitim, oyun, spor ve sağlık gibi birçok alanda ve sektörde kullanılmaktadır. Artırılmış gerçeklik sanal gerçeklikten farklı olarak, kişilerin bulunulan ortamla yani gerçek dünya ile bağlantısı kopmamaktadır. Bağlantı, gerçek dünya ile eşzamanlı sürmekte ve örüntüler gerçek dünya/mekâna eklenmektedir. Bunun sonucunda kullanıcı gerçek ile sanalı aynı anda algılamaktadır (Banger, 2017).

Spor uygulamaları artırılmış gerçeklik alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Futbol, beyzbol, tenis, kriket gibi branşlarda en fazla kullanılan artırılmış gerçeklik uygulaması topun gitmekte olduğu yolu tespit ve takip etmek amacıyla geliştirilmiş Hawk-Eye teknolojisidir (Owens & ark., 2013).

### **Akıllı Makineler**

Akıllı makineler, bünyesindeki bulundurduğu donanım ve yazılım sayesinde, yapay zekâ kullanarak öğretilmiş kararlara ek olarak alternatif kararlar verebilen, çevre donanımlardan veri toplayan ve onlarla iletişime geçebilen sistemler olarak tanımlanabilir (Banger, 2017). Ayrıca akıllı makineler imalat sistemlerinden günlük kullanıma kadar birçok alanda faaliyetlerini sürdürmektedirler.

### **3D Yazıcılar**

Katmanlı imalat, yazıcılarla kâğıtlara baskı yapmak yerine üç boyutlu geometrik verilerin kullanıldığı malzemelerin peş peşe birbirlerine katman katman eklenmesini ifade eden bir imalat tekniğidir. Teknolojideki yeni gelişmelerle de son yıllarda her alanda kullanılmaya başlanmaktadır. Bu teknolojinin kullanılmasıyla birlikte kompleks parçaların depolamaya ve montaja ihtiyaçları ortadan kalkmış tek işlemle üretilmesi olanaklı hale gelmektedir. Yapılan 3D tasarımlarının verileri dijital ortamlarda saklanması, ileride değiştirilmesi ge-



rektiğinde ve ayrıca zaman içinde yapılan tasarımın karşılaştırılması için kolaylık sağlamaktadır (Berman, 2012)

### **Nesnelerin İnterneti IOT**

Nesnelerin interneti insanların kullanımına sunulan, her an etrafımızda gördüğümüz nesnelerin içerisine yerleştirilmiş sensörler, çipler ve iletişim modülleri ile kısmen ya da tamamen çevrimiçi ağ ile etrafımızı çevreleyen ve her şeyi verileştiren bir kavramdır. Dünya ise bir kez verileştirildiğinde, artık insan sadece marifeti ile sınırlı kalacaktır. Aynı zamanda verileştirme, insan kavrayışında ki temel bir zenginleşmeyi de temsil etmektedir. Büyük veri ile birlikte dünya, bundan böyle sadece bilgidен oluşan bir evren olarak görülebilecektir.

Nesnelerin interneti kavram olarak, cihazların birbirlerine kablolu ya da kablosuz bağlanarak, birbirleriyle iletişim kurma kabiliyeti olarak sunulmaktadır. Bu cihazlar, buzdolabınız, arabanız veya doktorunuzun sağlığını kontrol etmek için kullandığı bir dizi cihaz olabilmektedir. Bu birbirine bağlı cihazlar, verileri iletmek, onları derlemek ve analiz etmek için interneti kullanmaktadırlar.

Nesnelerin İnterneti (IOT) terimi, nesnelere (eşyalar vb.) dâhil edilen iletişim ve temel hesaplama yeteneklerinin yanı sıra sensörlerin ve/veya aktüatörlerin (Enerji kaynağından aldıkları sinyalleri mekanik harekete dönüştüren cihazlar) bir kombinasyonunu ifade eder. Bu şekilde, nesnelere bağlı dünyanın bir parçası haline gelir ve IOT cihazları olarak adlandırılır. Mobil veya bulut tabanlı uygulamalardan yararlanabilir ve böylece IOT'a kontrol, veri depolama ve bilgileri sağlar (Bassi & ark., 2013).

IOT sistemleri aşağıdaki işlevsel bileşenleri etkinleştirir: algılama, yani veri toplama, bu duysal verilerin ön işlemleri, geçici veya uzun süreli depolama, analiz ve görselleştirme veya kullanıcı geri bildirimini.

Sporadaki fonksiyonel ve birlikte çalışabilirlik gereksinimleri için dört temel fiziksel teknoloji vardır: bir sensör cihazı, bir ara ağ geçidi cihazı ve bir sunucu veya bulut tabanlı arka uç. Dördüncü varlık son kullanıcı arabirimleridir (bilgisayarlar, akıllı telefonlar, tabletler, vb.).

Fonksiyonel bileşenler çeşitli teknolojiler arasında yayılabilir, bu nedenle bunları birbirine bağlamak için gereken kişisel alan ve geniş alan iletişimi vardır. Öte yandan, bir teknolojik cihaz çeşitli fonksiyonel bileşenleri kolaylaştırabilir. Örneğin, bir akıllı telefon ağ geçidi görevi görebilir ve geçici depolama, bazı analizler ve izleme sonuçlarının görüntülenmesini sağlayabilir.

Geleneksel IOT sistemlerinde, bulut tabanlı uygulamalar veri depolama ve analizi sağlar. Sensörler ve ağ geçitleri ağırlıklı olarak buluta veri toplama, taşıma ve sağlama ile ilgilendir. Böyle bir yaklaşım, özellikle gerçek zamanlı analiz ve geri bildirimde geçerli hale gelen belirli sınırlamalara sahiptir. Bunlar, buluta / buluttan aktarım sırasında ortaya çıkan gecikme ve ham veriler aktarılıyorsa bant genişliği sınırlamalarıdır. Bu zorluklar, bulut bilişimin bir uzantısı olan SİS (Gecikmeyi ve veri depolamayı azaltmak için yerel sensörlerin çok yakında konuşlanması) hesaplama prensibi ile ele alınmaktadır (Bonomi & ark., 2014). SİS olması durumunda, gecikmeyi ve bant genişliğini azaltmak için işlemin önemli bir kısmı yerel olarak veya sensörlerin çok yakınında yapılır. Bulut uygulaması yine de uzun vadeli (toplu) veri depolama ve büyük veri işleme olanağı sağlamaktadır.

Bulut ve SİS hesaplama ilkeleri kullanım amaçlarına göre aynı çözümde birleştirilebilir. Bu nedenle spor uygulamalarında, yerleşik bulut merkezli mimaride bazı istisnalarla karşılaşmaktadır. Sunucu tarafı depolaması veya işleme olmayan kendi kendini denetleyen sistemler vardır. Kullanıcı, örneğin giyilebilir bir cihaz uygular ve akıllı telefona analitik (varsa), depolama ve görselleştirme uygulanır. Benzer şekilde, duyuşal kısım tamamen akıllı telefonda bulunan sensörlere dayanabilir. Böylece bir akıllı telefon gerekli tüm fonksiyonel bileşenleri sağlayan platform haline gelir. Giyilebilir sensör cihazları, yerleşik bir kullanıcı arayüzü ve dolayısıyla toplanan verilere anında bir bakış sağlayabilir (Pustisek & ark., 2019).

### **Büyük Veri ve Analizi**

Tanım itibarıyla, herhangi bir işleme tabi tutulmadan, gözlem veya ölçüm yöntemleri ile ortamdaki elde edilen her türlü değerdir şeklinde tanımlanmaktadır. Bir başka kaynağa göre veri, veri tabanında bulunan enformasyon için kullanılan genel bir terimdir. Veri, araştırmalardan, gözlemlerden, internetten, sosyal medyadan, sensörlerden vb. çok farklı ortamlardan elde edilen genel bir terimi ifade etmektedir. Büyük veri ilk önceleri astronomi ve genetik alanlarında kullanılmış, daha sonra ise internet için kullanılır hale getirilmiştir. Büyük veri sistemleri, fotoğraflar, sosyal medya ve videolar gibi başka kaynaklardan alınan ve karışık şekilde depolanma ihtiyacı olan, işlenebilen ve aynı zamanda anlamlandırılabilen verileri ifade etmek için kullanılmaktadır.

### **Teknolojinin Geri Bildirim ve Veri İşleme Sistemlerine Katkıları**

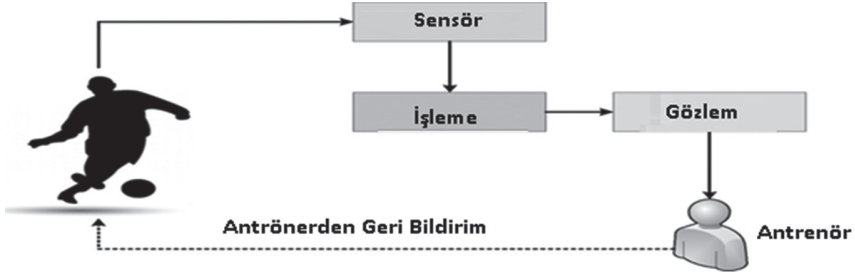
Teknoloji, insan duyularının ulaşamayacağı seviyeleri ve insan yeteneklerinin ötesinde olan bilgileri elde etme imkânı sunmaktadır. Teknoloji insan duyularını hassasiyetle ölçebilen, ölçümlerin hızında ve detayında insandan daha iyi performans göstermesi tartışılmazdır. Ayrıca, doğru kullanıldığında teknolojinin objektif sonuçlar verdiği ve insanların hatalarını en aza indirdiği de bir gerçektir.

Sporda teknik ekipman kullanmanın temel nedeni, insan algılama yeteneklerinin dışında veya ötesinde bilgi edinme olasılığıdır. Örneğin, bir koç bir cimnastikçinin atlamalar sırasında uyguladığı kuvvet seviyesini göremez/algılayamaz veya bir koç bir servis sırasında tenis topunun rakete tam olarak vurduğu yeri göremez. Bu nedenle, hem cimnastikçinin gücü hem de tenis topunun isabet noktası, özel teknik ekipman tarafından ölçülebilir, hesaplanabilir ve sunulabilir.

Teknolojideki bu son atılımlar ve veri işleme teknolojisinin gelişmesiyle özellikle antrenörlere büyük kolaylık sağlamaktadır. Antrenörler sporcudan gelen verileri daha hızlı, daha etkin bir şekilde raporlamakta bunun sonucunda da sporcunun gelişmesine katkı sunmaktadır. Örneğin Olimpiyatlarda Çin bayan voleybol Milli Takım antrenörü internetin kesilmesi ile rakipleri hakkında yeterli taktiksel bilgiye ulaşamadığı için basın ve sosyal medya yolu ile bu duruma isyan etmiş, takımına gerekli geri bildirim yapamadığı konusunda olimpiyat komitesini ve organizasyonu durumu düzeltmeleri konusunda uyarılarda bulunmuşlardır.

### **Geri Bildirim Sistemlerinin Spor Geçmişi**

Spor sırasında, doğal geribildirim bilgisi insanın duyu organları aracılığıyla sağlanır. Teknolojinin katkısıyla artırılmış geri bildirim ise, geleneksel olarak eğitmenler, dış kaynaklar ve son zamanlarda da teknik ekipman ve cihazlar tarafından sağlanmaktadır. Çalıştırıcı-destekli geri bildirim Şekil 2'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.** Teknik Ekipman Sensör, Bilgi İşleme ve İzleme Döngüsü  
(The role of science and technology in sport. (n.d.). <https://www.researchgate.net/publication/324513649> The role of science and technology in sport E.T. 01.01.2022)

Şekil 2’ de, teknik ekipman bir sensör, işleme ve izleme bloğu ile temsil edilmektedir. Teknik ekipmanı kullanmanın temel nedeni, insan algılama yeteneklerinin dışında veya ötesinde bilgi edinme olasılığıdır. Örneğin, Şekil 1’ de sensör, tenis servisini kaydeden yüksek hızlı, yüksek çözünürlüklü bir kamera olabilir. Akan bir video işlenir ve topa vurma noktası hesaplanır. Koç, bir bilgisayar/tablet ekranında diğer ilgili parametreler eşliğinde servisin grafiksel bir temsilini alır. Antrenör daha sonra verileri analiz edebilir ve muhtemelen tenisçiye tavsiyelerde bulunabilir.

Artırılmış geri bildirim ile ilgili araştırma çalışmalarının çoğunda, geri bildirim bilgileri, gerçekleştirilen geri bildirimden sonra, terminal geri besleme olarak tanımlanan bir gecikmeyle verilir. Antrenör tarafından desteklenen geri bildirimlerin çoğu terminal geribildirimi olarak sınıflandırılabilir. Aynı şey zaten akıllı telefonlarda bulunan spor uygulamalarının çoğu için de geçerlidir; bazı hayati veya önemli parametrelerin sunumu ile post-processing sunulmaktadır. Hâlihazırda gerçekleştirilen eylem dâhilinde gerçek zamanlı olarak verilen eşzamanlı bir geri bildirim, eğlence, profesyonel ve amatör sporlarda yararlı bulunmaktadır (Sigrist & ark., 2013).

Bu tür çözümler yaygın olarak biofeedback sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Bir biofeedback sisteminde, sporcunun aktivite ölçümü için vücuduna sensörler bağlanır. Sensörün sinyalleri bir sinyal işleme cihazına aktarılır ve sonuçlar sporcunun (Görme, işitme, dokunma gibi) anlık bilgilerini antrenöre (geri bildirim yoluyla) iletir (Sigrist & ark., 2013). Sporcular vücut hareketlerini istendiği gibi değiştirmek için alınan bilgiler üzerinde hareket etmeye çalışırlar. Antrenör uygun biofeedback bilgilerini göz önüne alarak, sporcunun

bir hareketini düzeltebilir. Gerçek zamanlı biofeedback, uygunsuz hareket yürütme sıklığını azaltabilir ve uygun hareket modelini öğrenme sürecini hızlandırabilir (Liebermann & ark., 2002).

### **Spor Sinyali ve Veri Toplama**

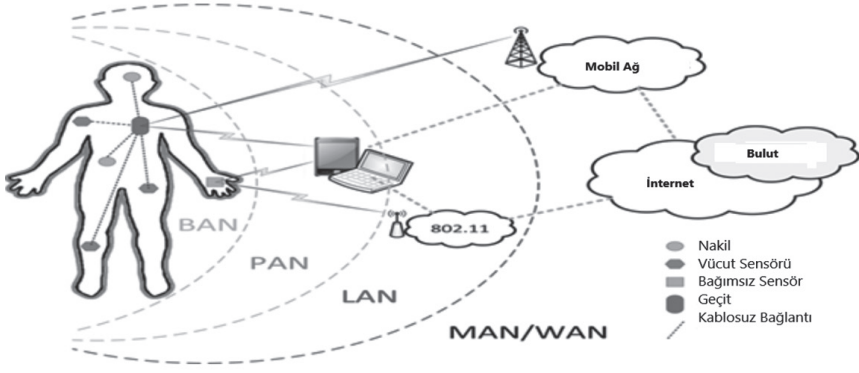
Spor geri bildirim sistemlerinde hareket analizinin ilk adımı bir sinyal edimidir. Hareket yakalama sistemleri (MCS) geri bildirim sistemleri ile ilgili araştırmanın önemli bir alanıdır. MCS'nin çoğunluğu çeşitli optik sistemlere ve sensörlerine dayanmaktadır. Sporunun hareketi, ivme, hız, pozisyon, açısız hız, dönüş açısı, uygulanan kuvvet, güç ve enerji gibi çeşitli fiziksel miktarların ölçümü ile yakalanır. Optik MCS genellikle uzamsal işaretleyici pozisyonları verir; MCS genellikle ivme (ivmeölçer), açısız hız (jiroskop) ve uzayda yönelim (manyetometre) verir. Geri besleme sistemi için ihtiyaç duyulan diğer fiziksel miktarlar ölçülen sensör miktarlarından hesaplanır. MCS; ölçüm yeri, teknoloji ve ölçülen miktarlar gibi farklı kriterlere göre sınıflandırılabilir. En yaygın ölçüm yerleri, sporunun vücudunda, spor ekipmanında bulunur. MCSde büyük önem taşıyan sensör teknolojileri, birkaç yıldır ilerlemektedir. En çok kullanılanlar görsel teknolojiye dayalı sensörler, hareket ölçüm teknolojisi, kuvvet ve basınç ölçüm teknolojisi ve kas aktivitesi ölçüm teknolojisidir. Görsel teknoloji, düşük fiyat aralıklarında video kameralar bulunur. Fiyat aralığının en üstünde, pasif veya aktif işaretleyicilere ve yüksek hızlı kameralara dayanan profesyonel MCS bulunur.

Hareket ölçüm teknolojisi ağırlıklı olarak çeşitli MEMS (mikroelektromekanik sistemler) tabanlı sensörler içerir. En yaygın olanları ivmeölçerler, jiroskoplar ve son yıllarda da manyetometrelerdir. MEMS sensörlerinin avantajı, piyasadaki hemen hemen her yeni akıllı telefona entegre edilmesidir. Kuvvet, özellikle bazı statik konumlarda, sadece basınç sensörleri ile ölçülebilir ve etki kuvvetlerine maruz kaldığında malzemenin nispi bir deformasyonu olan gerilimi ölçen gerilimölçer sensörleridir. Kas aktivitesi ve kas gerginliği de özel olarak geliştirilmiş sensörler ile ölçülebilen çok önemli miktarlardır (Dordevic & ark., 2011).

### **İletişim**

Kablosuz iletişim teknolojilerinin bu görev için en bariz seçim olduğu görülüyor, ancak bunlar tek olasılık değildir. Sensörler, bir sensör düğümüne veya işleme cihazına metal teller ve optik fiberler ile bağlanabilir veya implantlar

durumunda insan vücudunu yayılma kanalı olarak kullanabilir (Cavallari & ark., 2014). Çeşitli bağlantı seçenekleri ve kablosuz teknoloji Şekil 3'de gösterilmektedir. Şekil 3'de görüldüğü gibi, sensörler veya sensör cihazları (IMU) uzak işlem birimine (dizüstü bilgisayar, akıllı telefon, bulut) doğrudan veya bir ağ geçidi cihazı üzerinden bağlanabilir. Ağ geçidi sensör sinyallerini senkronize eder ve bunları işleme ünitesine aktarır. Ağ geçidi ayrıca bazı yerel işleme yetenekleri de içerebilir.



**Şekil 3.** Sporda İletişim Kanalları, Teknolojileri ve Mimarileri  
(The role of science and technology in sport.(n.d.). Retrieved January 1, 2022, [https://www.researchgate.net/publication/324513649\\_The\\_role\\_of\\_science\\_and\\_technology\\_in\\_sport](https://www.researchgate.net/publication/324513649_The_role_of_science_and_technology_in_sport) (E.T. 01.01.2022)

Spor geri bildirim sistemlerinde kullanılacak iletişim kanalları, teknolojileri ve tasarımları, sensörler ve sensör cihazları (IMU) ağa doğrudan veya ağ geçidi üzerinden bağlanabilir. İşlem yerel olarak (ağ geçidi, IMU) veya uzaktan (akıllı telefon, dizüstü bilgisayar, bulut) yapılabilir

İletişim kanalının seçimi büyük ölçüde izlenen spor faaliyetinin türüne ve dinamiklerine bağlıdır. Örneğin, statik sporlar veya çok düşük dinamiklere sahip sporlar (Golf gibi) kablolu sensörlerin kullanılmasına izin verilirken, çok fazla hareket içeren (Futbol gibi) yüksek dinamik sporlar izin vermez. Kullanıcının asgari engellenmesi gerekliliği ile ilgili olarak, en uygun olanı kablosuz iletişime sahip sistemlerdir. İletişim, özellikle gerçek zamanlı çalışan eşzamanlı biofeedback sistemlerinde spor geri bildirim sistemlerinde acil çözülmesi gereken teknoloji sorunlardan biri olmaya devam etmektedir (Pustisek & ark., 2019).

## **Spor Sinyalleri ve Veri İşleme**

Spor geri bildirim sistemlerindeki sinyaller ve veri işleme, bir yandan işleme ihtiyaçları ve diğer yandan işleme yetenekleri gibi bir dizi faktöre ve duruma bağlıdır: işlem süresi, işlem yeri, işlem karmaşıklığı, kullanılabilir işlem gücü, kullanılabilir pil kapasitesi, vb.

İşleme süresi geri bildirim türüne bağlıdır. Eylem sırasında verilen geri bildirim eşzamanlıysa, işlem gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmelidir. Eylem tamamlandıktan sonra verilen geri bildirim terminal ise, sistem işlem sonrası her şeyi yapabilir.

İşlem yeri yakın (yerel) veya uzak olabilir. Yerel durumda, tüm işlemler sensör cihazı veya ağ geçidi tarafından gerçekleştirilir. Yerel işlemenin iki ana olası sorunu yerel işlem gücü ve yerel olarak kullanılabilir enerjidir (pil). Yerel işlem, gömülü aygıtlar tarafından gerçekleştirilir; öncelikle düşük karmaşıklıkta gerçek zamanlı biofeedback sistemleri için uygundur. Yakın yerel işleme, eyleme nispeten yakın bir şekilde gerçekleştirilir. Başlıca sorunu ise, özellikle eşzamanlı biofeedback sistemleri söz konusu olduğunda, kısa mesafeli iletişim teknolojilerinin sınırlamalarıdır.

İşlem gücü, akıllı telefonların kullanımıyla ilgili bir sorun olabilir, dizüstü bilgisayar veya kişisel bilgisayar kullanımıyla daha az olasıdır. Uzaktan işleme, büyük olasılıkla bulut veya süper bilgi işlem merkezinde, internet'e bağlı herhangi bir cihaz tarafından yapılır.

İşlemenin karmaşıklığı verilerin miktarına ve boyutuna, örnekleme sıklığına, algoritmalara, gerekli hassasiyete, veri analiz yöntemlerine vb. bağlıdır. İşlem, basit olay sayımından makine öğrenmesine ve veri madenciliğine kadar değişebilir. Kullanılan teknikler ve yöntemler, amaçlanan sonuçlara ve zamanlama aciliyetine bağlıdır. Terminal geri besleme sistemleri ile karmaşık analiz yöntemleri ile uzun işlem sürelerini karşılayabiliriz, ancak eşzamanlı (biyo) geri bildirim sistemleri ile geri besleme gecikmesi, olasılıklarımızı sınırlayan en önemli faktördür (Pustisek & ark., 2019). Eşzamanlı biofeedback sistemlerinde karmaşık veri analizi yapamayız; esas olarak sinyal işleme algoritmalarına ve istatistiksel yöntemlere güvenebiliriz. Örneğin, önceden ayarlanmış bir sinyal eşliğinde geri bildirim tetikleyebilir veya mevcut sinyalin istatistiksel ölçümlerini izleyebilir ve sapmaları çok yüksek olduğunda geri bildirim tetikleyebiliriz. Terminal geri bildirimlerinde çok daha az sınırlama vardır. Örneğin, hareket verilerini daha uzun süre toplayabilir ve daha sonra toplanan hareket-

leri hareket yürütme kalitesine göre çeşitli gruplara ayıran makine öğrenme algoritmaları uygulayabiliriz. Bu, veri işleme için neredeyse sınırsız seçeneğe izin verir.

Açık bırakılan sinyal ve veri işleme alanında hala birçok zorluk var. Spor geri bildirim sistemlerinden elde ettiğimiz sinyallerin ve verilerin çoğu çok boyutlu zaman serileri olduğundan, hareket çalışması bu tür verilerin analizini ve madenciliğini içerir (Pustisek & ark., 2019).

### **Veri Ön işleme**

Hareket zamanı serilerinin genel şeklini ve eğilimini anlamak için, zaman serilerinin yaklaşık gösterim yöntemlerini kullanarak verilerin ölçeğini azaltmamız gerekir. Verilerin görselleştirilmesi ve daha fazla madenciliği için oldukça gereklidir.

Sinyal işlemede dönüşüm algoritmaları, boyutsal küçültme, parçalı doğrusal gösterim (PLC) ve kilit noktaların çıkarılması dâhil olmak üzere başlıca dört yolu vardır. Birinci ve ikinci yol soyut dönüşümler iken, diğer ikisi sezgisel lineer segmentasyonlardır. Hareket verilerinin karakteristiği ile ilgili olarak, son iki yöntem zaman serisinin orijinal şeklini ve eğilimini korumak için daha uygundur (Pustisek & ark., 2019).

### **Zaman Serisi Analizi**

Çoğu durumda, daha fazla çalışmadan önce insan vücudunun hareketini tanımamız gerekir. Bu hedefe ulaşmak için insan hareketlerini iki kategoriye ayırıyoruz: tekrar eden eylemlerden oluşan faaliyetler ve belirli eylem kalıplarına sahip hareketler. İlk kategorideki faaliyetleri öğrenmek için, zaman ve frekans alanlarındaki istatistiksel özellikleri çıkarır ve sınıflandırma modelini eğitmek için kullanırız. İkinci kategoriye gelince, çeşitli hareket türleri arasındaki farklar, zaman serisinin şekline ve ana hatlarına yansır. İstatistiksel özellikler, zaman dizisinin genel bilgilerini alırken, yerel özellikler elde edemeyebilir. Bu arada, istatistiksel özellikler farklı fiili durumlar için ayarlanamayacak kadar soyuttur. Bu sorunu çözenin uygun bir yolu, mesafe ölçümü kullanılarak benzerlik tahminine dayalı olarak tanınmasıdır. Bu yöntemde, şablon eşleşmesine dayalı bir zaman serisi sınıflandırıcısı oluşturulmaktadır (Siirtola & ark., 2009; Raghavendra & ark., 2005).

Zaman serileri arasındaki benzerliği ölçmenin başlıca iki yolu vardır: küresel eşleşme ve yerel eşleştirme. Global eşleşme, çeşitli mesafe ölçümlerini ve



sembollere dayalı metriği içerir. Öklid mesafesi, Manhattan mesafesi, Minkowski mesafesi ve Mahalanobis mesafesi gibi geleneksel mesafeler geniş uygulama kapsamı ile oldukça basit ve verimlidir. Ancak bu mesafe ölçümleri iki diziyi kesinlikle zaman sırasına göre hizalar ve eşzamansız eşleşmeyi tolere etmemektedir (Siirtola & ark., 2009).

Gerçek verilerdeki olası ofset ile başa çıkmak için dinamik zaman atlama (DTW) ardışık sapma ile zaman serileri arasındaki genel eğilimi karşılaştırmak için dinamik programlama stratejisi ile optimum eşleşme yolunu bulur. Örneğin, dans eğitiminde hareket ve jest tanımayı desteklemek için uygulanabilir. Giyilebilir sensörlerle elde edilen zaman serilerini standart modellerle karşılaştırarak, verilen hareketlerin ve hareketlerin doğruluğunu söylememiz gerekir. Bu durumda, tam senkronizasyon eşleştirmesi yapmak imkansızdır. DTW fikrine dayanan çözümlerle, aynı hareketin zaman serileri diğerlerinden daha yakın olacaktır. Daha pratik olduğu için, bu yöntem birçok gerçek uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır (Sakoe & Chiba, 1971; Berndt & Clifford, 1994).

Küresel olarak zaman serileri arasındaki benzerliği ölçmenin bir başka yolu, düzenleme mesafesi ve Sembolik Toplama yaklaşım (SAX) gibi sembollere dayalı ölçümdür (Lin & ark., 2003).

Zaman serisindeki tüm veri noktalarını dikkate alan küresel eşleştirmeden farklı olarak, yerel eşleme tüm serilerin temsili bölümlerine odaklanır. Örneğin, en uzun ortak alt sekans (LCS / LCSS), ayrı seriler için tipik bir yerel model eşleştirme stratejisidir. Bu yöntemi hareket verileri gibi sürekli serilerde kullanmadan önce ayırıklaştırmaya ihtiyaç vardır. Bazı durumlarda, tüm serinin genel şekilleri oldukça benzerdir, bu da gürültülerin etkisi ile ayırt edilmesi zordur. Bununla birlikte, serinin belirli bölümlerinin şekilleri ait oldukları kategorilerin özelliklerini gösterebilir. Bu nedenle, shapelet bu gibi durumlar için önerilmektedir (Ye & Keogh, 2009). Orijinal zaman serisinden tüm alt yazıları çıkarır ve bu zaman serilerine olan mesafelerini ölçer. Bilgi kazancı, sınıfın altkümelerin ayırt edici yeteneklerini ölçmek için kullanılır, böylece uygun olanlar sınıflandırıcılar oluşturmak için seçilir.

### **Makine Öğrenmesi (Sınıflandırma)**

Sınıflandırma, farklı hareketleri ve faaliyetleri tanımanın yaygın bir yoludur. Sınıflandırma modelini belirli miktarda etiketlenmiş örneklerle eğittikten sonra, etiketlenmemiş olanların kategorilerini anlatabiliriz. Sadece bir sınıflandırıcı

oluşturabilir veya topluluk öğrenimi adı verilen birden fazla sınıflandırıcıdan gelen sonuçları entegre edebiliriz. KNN, Bayesian modeli, karar ağacı ve SVM gibi birçok yaygın sınıflandırıcı vardır. KNN, en basit olanıdır, önceden bir model oluşturması gerekmez. Etiketlenmemiş örnekler, etiketlenmiş örneklerle olan uzaklıklarına göre etiketlenir. Naïve Bayes ve Bayesian Network dahil Bayesian modelinin yöntemleri, bir nesnenin kategorilerini bulmak için a priori olasılıkla posterior olasılığı hesaplamak için Bayesian istatistiksel yöntemleri kullanır.

SVM, örnekleri doğrusal olarak ayrılabilmesi için bir köprüye yansıtır. Çoğu durumda, tek bir sınıflandırıcı yeterlidir, ancak bazen birkaç zayıf sınıflandırıcıdan güçlü bir sınıflandırıcıya ihtiyacımız olabilir. Topluluk öğrenimi, bir dizi farklı sınıflandırıcıdan daha iyi performans bulan bir paradigmadır. En sık kullanılan iki tür yöntem artırma ve torbalamadır. Arttırıcı bir dizi sınıflandırıcıyı tekrar tekrar eğitir. Bu sınıflandırıcılar, AdaBoost, Random Forest ve Rotation Forest gibi önceki turdaki öğrenme sonuçlarına göre örnekler seçer. Torbalama, tekdüze olasılık dağılımına dayalı değiştirme ile bir tür örneklemedir.

Makine öğrenmesi, yapay zekanın etkili bir tekniğidir. Verileri ayırtmak, ondan öğrenmek ve daha sonra gerçek dünyadaki olaylar için kararlar ve tahminler yapmak için algoritmalar kullanır. Akıllı eğitimin geleceğinde, odaklanmanın hareket verileri toplayacak, makine öğrenme algoritmalarına ve yöntemlerine dayalı olarak onlardan öğrenecek sistemlere odaklanması beklenilmektedir.

## **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Amatör, profesyonel sporlar için teknoloji artık sporun vazgeçilmez bir destekleyicisi durumundadır. Sporcu doğası gereği sürekli rekabet halindedir, bu rekabet ortamında sporcunun başarıya ulaşması ve önündeki engelleri aşması için teknolojiden yararlanması kaçınılmazdır.

Teknolojinin insandan daha iyi performans göstermesi tartışılmaz olup, günümüzün bu son derece rekabetçi ve ticarileştirilmiş spor anlayışında teknolojinin faydalarından yararlanılmaktadır. Çünkü teknoloji, insan duyularının ulaşamayacağı seviyelerdeki verileri hassasiyetle ölçebilen, ölçümlerin hızında ve detayında insan yeteneklerinin ötesinde olan bilgileri elde etme imkânı sunmaktadır.

Son yıllarda teknolojinin hızla gelişmesi ve endüstri 4.0 bileşenlerinin de katkılarıyla teknolojik spor ürünleri her gün kendini yenileyebilmekte, tekstil ürünleri, akıllı kol saatleri, fitness bantları, izleme ve takip cihazlarına kadar birçok ürün sadece profesyonel sporcuya değil aynı zamanda da sağlık için yapılan sporlarda kişiye büyük kolaylık sağlamaktadır. Gelişen teknoloji spor müsabakalarında da hakemlere yardımcı sistemler sunmakta ve hakem hatalarının minimum seviyede tutulmasına katkı sunmaktadır. Geri bildirim ve veri teknolojilerinin gelişmesi özellikle antrenörlere antrenmanlarda yardımcı materyal niteliğindedir.

Bulut teknoloji sistemlerinin de desteğiyle, sporcu seçimine yardımcı algoritmalar tasarlanabilir. Geri bildirim sistemleriyle sporcudan alınan veriler işlenip, sporcunun birebir artırılmış gerçekliğiyle doğru hareketin/hareketlerin kopyası oluşturulabilir ve bu veriler sayesinde antrenöre yardımcı bir yapay zekâ tasarlanabilir.

İlköğretim çağındaki çocukların, beden eğitimi dersine eklenebilen dijital içerikler sayesinde, öğrenme ve öğretme yöntemleri geliştirilebilir. Teknolojiyi etkili kullanmak için, öğretmen ilk önce öğrenme ile ilgili düşüncesini değiştirmelidir. Daha sonra da aktarımı değil, keşfetmeyi sağlayan teknolojiyi öğrencilere sunmalıdır. Önceki yıllarda tüm dünyada öğretmenlerin kullandığı klasik bir 'öğretme yöntemi' vardı. Bu yöntem İngilizce ismiyle 'PPP yöntemi' denir. Yani,

- (i) bilgiyi sun (present),
- (ii) bilgiyle alıştırmalar yap (practice) ve
- (iii) sonra üret (produce).

Bu yöntemlerde sporu öğrenen çocuklar pasif bir şekilde öğretmenin anlatımını dinler. Bilgiye maruz kalır ama bilgiyi anlamlandırma sürecine dâhil edilmez. 'alıştırma' sorun çözmeye, 'üretim' de ödev- alıştırma yapma formatında mekanik şekilde yapılır. Bu yöntem 'yapısalcılık' kuramının tam tersidir.

Öğrenmenin kalitesini arttırmak amacıyla, öğretmenlere yeni teknolojiler sunulmaktadır. Maalesef çoğu öğretmen sınav odaklı sistemden dolayı, öğrenmenin doğasını değiştirmek yerine, aynı klasik PPP yöntemini bu sefer teknolojiyle kullanma eğilimine girmektedir. Teknolojiyle sadece daha hızlı yapılır. Form değişir, öz değişmez.

Günümüzde net olarak görülüyor ki eğitimin doğası ciddi anlamda değişmiş durumdadır. Nedir peki bu öğrenme odaklı eğitim uygulamaları? Yeni

eğitim uygulamalarından en önemlisi, çocuklara kodlamayı öğretmeyi amaçlayan 'Swift Playground' yöntemleri bu günlerde kabul görmektedir.

Çocuklar, seviyeleri ne olursa olsun, bu programla kodlamayı öğrenmektedirler. Programın en güçlü yanı, kodlamayı bir yöntem olarak değil de bir düşünce sistemi olarak öğretilmesidir. Niçin yaptığı nasıl yaptığının önüne geçmektedir. Çocuklar sadece ekran başında değil, fiziksel ortamda kodlarının sonuçlarını görebilmektedir. Yazdıkları kodlarla robotları hareket ettirebilmekte veya uçakları uçurabilmektedirler. Sadece kodlamayı değil, birçok bilimsel kavramı (hız, yükseklik vs) bu şekilde keşfederek sportif ortamda yaparak öğrenme ortamı dahi sunulmaktadır. Bu yöntemler ile; 'Herkes yaratabilir' uygulamalarıyla, çocuklar pasif olarak bilgiyi tüketen konumdan, bilginin üreticisi konumuna geçebilmektedir. Çocuklar kendi çektiği fotoğraflarla, kendi çizimleriyle yaratıcı ürünler veya etkileşimli dosyalar oluşturarak, tek dosya üzerinde işbirliği yapabilmektedirler. Burada teknolojiden ziyade, yine pedagoji vurgulanmakta ve çocuklar sadece bilgiler ile değil, kendi analizlerine ve keşiflerine olanak yaratılmaktadır. I Work uygulamaları (pages, numbers, keynote) için yaratıcılığı arttırmak için sanal kalemlerde eklenmiş durumdadır. Tüm bu öğrenme süreçlerinin, 'yönetim' teknolojileriyle desteklenmesi bulunduğumuz zaman diliminde çok önemlidir. 'Schoolwork' adlı ücretsiz 'Gerçek Zamanlı Öğrenim Platformu' (LMS) uygulamasıyla öğretmen her öğrenciye özgü ödev veya dosya paylaşabilme imkânına sahip olabilmektedir. Böylece yeni teknolojik yöntemler ile; tek tuşla çocukların gelişimini takip edebilmekte, eğitimin hem kişiselleşmesine, hem de farklılaşmasına neden olmaktadır. LMS dâhil tüm bu uygulamalar tamamen ücretsiz olarak bir server veya ürün satın alıp, okula, klübe kurmaya gerek olmadan yapılmaktadır. Kurumların bu uygulamaları ücretsiz indirerek kullanmaları yeterli olacağı belirtilmektedir. Şu anda eğitim dünyasına 200 binden fazla eğitim uygulamasıyla zengin bir ekosistem sunulmaktadır. Eğitim, öğrenmenin ötesinde bir şeydir. Çoğu çocuğun okullarda öğrenme dışında da önemli olan öncelikleri bulunmaktadır. Örneğin hata yapınca utanacağını, rezil olacağını düşünen bir çocuk, başarısız olurum korkusuyla öğrenmeden uzaklaşabilir. Yani çocuğun duygusal olarak kendini koruması, öğrenmesinden daha önemli olabilir ve onun önüne geçebilir. Aynı düşünceyle bir çocuğun

- (i) okulda kabul görmesi,
- (ii) yetkinlik kazanması ve
- (iii) seçme özgürlüğünün (özerklik) olması

Yukarıda sayılan bu özelliklerin öğrenmeden daha önemli olabileceği konusu, eğitim otoriteleri tarafından sık sık gündeme alınmaktadır. Bu üç ihtiyacı okulda karşılayamayan çocuklar, bu ihtiyaçlarını bilgisayar oyunlarında ve sosyal medyada 'sağlıksız' bir şekilde karşılama eğilimine gireceği düşünülmelidir. Bir süre sonra da öğrenen çocuklarda bağımlılık gelişmesi olası bir durumdur. Peki, bu üç ihtiyacı teknoloji ile sağlıklı bir şekilde karşılamak mümkün mü?

Çocuklar teknolojinin tüketicisi değil de üreticisi olursa, teknolojiyi sağlıklı şekilde kullanmış olurlar. Hem öğrenme sağlanır, hem de yukarıda bahsettiğimiz üç temel ihtiyaç sağlıklı şekilde karşılanmış olabilir. Yeni eğitim uygulamaları ile çocuklar kodlama yaparak ve yaratıcı ürünler geliştirerek, hem öğrenmekte hem de yetkinlik ve özerklik kazanmaktadır.

Bu bağlamda yeni uygulamalardan bir tanesi '**sanal gerçeklik**' uygulaması olmaktadır. Çocuklar başka bir araca ihtiyaç duymadan, sadece iPad, bilgisayar ve cep telefonları ile gerçek yaşamın içinde sanal görüntüleri manipüle edip, normal şartlarda ulaşamayacakları ortamlarda keşfetme fırsatını yakalayabileceği tartışılmakta olan bir diğer konudur. Örneğin Mars'ta keşif yapabilmekte, bir spor müsabakasında en ünlü sporcu gibi oynayabilmekte, bir spor organizasyonu içinde sporcu kimliği kazanıp planlamalarla birlikte çeşitli becerileri yapabileceği konusunda tecrübe edinmektedirler.

Sonuç olarak, yukarıda saydığımız tüm uygulamalar ile bilginin aktarımı için kullanılabilir durumdadır. Kısacası, sporda öğrenmenin doğası da ciddi anlamda değişmektedir.

## **KAYNAKÇA**

- Adankon, M. M. and Cheriet, M. (2015). Support Vector Machine. *Encyclopedia of Biometrics*, 1504–1511.
- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 Ekstra*. Ankara: Dorlion Yayınları. s.43-50.
- Barfield, J. P., Newsome, L., John, E. B., Sallee, D., Frames, C., Soangra, R. and Malone, L. A. (2016). A case report of shoulder fatigue imbalance in wheelchair rugby: implications to pain and injury. *Spinal Cord Series and Cases* 2016 2:1, 2(1), 1–3.
- Bauer, E., Chan, P., Stolfo, S. and Wolpert, D. (1999). An Empirical Comparison of Voting Classification Algorithms: Bagging, Boosting, and Variants. *Machine Learning* 1999 36:1, 36(1), 105–139.
- Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business Horizons*, 55(2), 155–162.
- Berndt, D. and Clifford, J. (1994). Using Dynamic Time Warping to Find Patterns in Time Series.
- Bonomi, F., Milito, R., Natarajan, P. and Zhu, J. (2014). Fog computing: A platform for internet of things and analytics. *Studies in Computational Intelligence*, 546, 169–186.

- Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir? | by Codevist <https://blog.codevist.com/bulut-bilim-be8173a9234d> (E.T.12.07.2020)
- Cavallari, R., Martelli, F., Rosini, R., Buratti, C. and Verdone, R. (2014). A survey on wireless body area networks: Technologies and design challenges. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 16(3), 1635–1657.
- Dordević, S., Stančin, S., Meglič, A., Milutinović, V. and Tomažič, S. (2011). MC sensor--a novel method for measurement of muscle tension. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 11(10), 9411–9425.
- Epstein, D. (2014). *The sports gene : inside the science of extraordinary athletic performance*.
- Fen, G. Ü., Dergisi, B., Büyük, D., Kullanımı, V., Üzerine, V., Değerlendirme, B., Özdemir, İ. and Sağiroğlu, Ş. (2018). Denetimlerde Büyük Veri Kullanımı Ve Üzerine Bir Değerlendirme. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 6(2), 470–480.
- Fisher, K. M. (2019). A Repeated-measures Assessment of Golf Shot Performance at Varying Distances in Collegiate Female Golfers using the Trackman Portable Launch Monitor.
- Guo, J., Zhou, X., Sun, Y., Ping, G., Zhao, G. and Li, Z. (2016). Smartphone-Based Patients' Activity Recognition by Using a Self-Learning Scheme for Medical Monitoring. *Journal of Medical Systems*, 40(6).
- Heidegger, *Teknik ve Dönüş*, çev., Necati Aça, Bilim ve Sanat Yayınları, Ankara, 1998, s.9.
- Heidegger, M. (1998). Tekniğe ilişkin soruşturma. (Çev. Özlem D.). İstanbul, *Paradigma*
- Huang, F., Xie, G. and Xiao, R. (2009). Research on Ensemble Learning. 3, 249–252.
- Joseph G, Debasmita B, Jenny C, Max C, Angela (2020) An Observational Study of the Effect of Nike Vaporfly Shoes on Marathon Performance.
- Kos, A., Umek, A. and Tomazic, S. (2015). Biofeedback in sport: Challenges in real-time motion tracking and processing. *2015 IEEE 15th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering, BIBE 2015*.
- Kos, A., Wei, Y., Tomažič, S., Umek, A. (2018). The role of science and technology in sport. *Procedia Computer Science*, 129, 489–495  
<https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2018.03.029> (E.T.13.07.2020)
- Kretschmann, R. (2017). Employing tablet technology for video feedback in physical education swimming class. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 13(2), 103–115.
- Kwapisz, J. R., Weiss, G. M. and Moore, S. A. (2010). *Activity Recognition using Cell Phone Accelerometers*.
- Lee, S. and Shimoji, S. (1993). BAYESNET: Bayesian classification network based on biased random competition using Gaussian kernels. 1354–1359.
- Liebermann, D. G., Katz, L., Hughes, M. D., Bartlett, R. M., McClements, J. and Franks, I. M. (2002). Advances in the application of information technology to sport performance. *20(10)*, 755–769.
- Lin, J., Keogh, E., Lonardi, S. and Chiu, B. (2003). A symbolic representation of time series, with implications for streaming algorithms. *Proceedings of the 8th ACM SIGMOD Workshop on Research Issues in Data Mining and Knowledge Discovery, DMKD '03*, 2–11.
- Mayer-Schönberger, V. and Cukier, K. (2013). *Big data : a revolution that will transform how we live, work and think*. 242.
- McGrath, M. J. and Scanail, C. N. (2013). Wellness, Fitness, and Lifestyle Sensing Applications. 217–248.
- Mell, P. and Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*.
- Owens, N. (2005). *Hawk-Eye tennis system*. 182–185.
- Pustišek, M., Wei, Y., Sun, Y., Umek, A. and Kos, A. (2021). The role of technology for accelerated motor learning in sport. *Personal and Ubiquitous Computing*, 25(6), 969–978.
- Raghavendra, B. S., Narayanan, C. K., Sita, G., Ramakrishnan, A. G. and Sriganesh, M. (2005).

- Prototype learning methods for online handwriting recognition. *Proceedings of the International Conference on Document Analysis and Recognition, ICDAR, 2005*, 287–291.
- Ruzicka, I. and Milova, J. (2019). Increasing the efficiency of motor learning with the help of video analysis. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 14(4), 723–730.
- Safavian, S. R. and Landgrebe, D. (1991). A survey of decision tree classifier methodology. 21(3), 660–674.
- Sakoe, H. and Chiba, S. (1971). A Dynamic Programming Approach to Continuous Speech Recognition.
- Şendoğdu, A. A. (2020). Endüstri 4.0 Devriminde Robotik Kaynaklar Yönetimi Bağlamında İnsan Kaynakları Yönetiminde Yeni Açılımların Kaçınılmazlığı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(1), 141–161.
- Sigrist, R., Rauter, G., Riener, R. and Wolf, P. (2013). Augmented visual, auditory, haptic, and multimodal feedback in motor learning: a review. *Psychonomic Bulletin Review*, 20(1), 21–53.
- Siirtola, P., Laurinen, P. and Röning, J. (2009) *Mining an Optimal Prototype from a Periodic Time Series: an Evolutionary Computation-based Approach*.
- Tadejko, P. (2015). Application of Internet of Things in logistics – current challenges. *Ekonomia i Zarządzanie*, 54–64.
- Vracar, L., Milovancevic, M. and Karanikić, P. (2015). Application Of Smart Mobile Phones In Vibration Monitoring.
- Wei, Y., Jiao, L., Wang, S., Bie, R., Chen, Y., and Liu, D. (2016). Sports Motion Recognition Using MCMR Features Based on Interclass Symbolic Distance. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2016.
- Ye, L. and Keogh, E. (2009). Time series shapelets: a new primitive for data mining. 947–955.
- Yurtman A, Barshan B (2014) Automated evaluation of physical therapy exercises using multi-template dynamic time warping on wearable sensor signals. *Comput Methods Prog Biomed* 117(2): 189–207