

SAĞLIKTA GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİLER VE YAPAY ZEKÂ: İNSAN-MAKİNE BÜTÜNLEŞMESİNE DOĞRU BİR ADIM

Zelal Önay
zelalonay@gmail.com

Pınar Şimşek
pınarssimsek@hotmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Onur Koçak
okocak@baskent.edu.tr

Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü

Son yıllarda giyilebilir teknolojiler hayatımıza girmiş durumda, geleceği hayal edin belki de sabah uyandığınızda akıllı bir bileklik, vücut sıcaklığınızdan kalp atış ritminize kadar tüm verilerinizi analiz ederek size en uygun kahvaltıyı önerecek, gözünüze taktığınız artırılmış gerçeklik gözlüğü, gününüzü planlayacak ve iş toplantılarınız için kritik özetleri sunacak. Giyilebilir bir EKG sensörü, kalp krizi riskinizi önceden tahmin edip sizi uyarmak. Kulağa bilim kurgu gibi mi geliyor? Oysaki, yapay zekâ (YZ) destekli giyilebilir teknolojiler, sağlıktan spora, modadan güvenliğe kadar hayatımızın her alanına entegre olmaya çoktan başladı.

Sağlık hizmetlerindeki sorunlara yenilikçi çözümler sunma potansiyeli taşıyan giyilebilir sağlık teknolojilerine büyük ilgi gösterilmektedir. Bu teknolojiler, yaşlı bireylerin hayati parametrelerinin sürekli takibinden sporcuların performans analizine, kronik hastaların uzaktan izlenmesinden hasta konforunun artırılmasına kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Ayrıca, sosyoekonomik durumu kötü olan bölgelerde sağlık hizmetlerine erişim eşitsizliğini azaltmada önemli bir rol oynayarak, sağlık sistemlerini daha kapsayıcı ve erişilebilir hale getirme potansiyeli taşımaktadır. Prescient & Strategic Intelligence (P&S Intelligence) raporlarına göre, giyilebilir teknoloji pazarlarındaki büyüme, fitness farkındalığının artması, yaşlanan nüfus, teknolojik gelişmeler ve sağlık bilincindeki yükseliş gibi benzer faktörlerle tetiklenmektedir. 2019 raporuna göre, Giyilebilir Yapay Zekâ Cihazları Pazarı'nın 2024'te 49,2 milyar dolara ulaşması bekleniyordu. 2020 raporuna göre, Giyilebilir Tıbbi Cihazlar Pazarı'nın 2030'a kadar 67,2 milyar dolara ulaşması, 2022 raporuna göre ise, Küresel Giyilebilir Sensörler Pazarı'nın 2030'a kadar 7,45 milyar dolara ulaşması ön görülmektedir [1,2,3].

Giyilebilir Cihazların Evrimi

Giyilebilir teknoloji, 20. yüzyılın ortalarına kadar uzanan bir geçmişe sahiptir. Seiko TV Watch gibi erken dönem cihazlar, giyilebilir teknolojinin potansiyeline dair ilk ipuçlarını sunmuş olsa da bu yenilikler hantal tasarımlar, sınırlı işlevsellik ve yüksek üretim maliyetleri nedeniyle yaygın olarak benimsenememiştir.

Gerçek dönüm noktası, 2009 yılında Fitbit'in piyasaya sürülmesiyle gerçekleşmiştir. Akıllı telefonlarla sorunsuz bir şekilde bağlantı kurabilen bu kompakt fitness

takip cihazı, kullanıcıların fiziksel aktivitelerini kolayca izlemelerine olanak tanıyarak giyilebilir teknolojinin günlük hayata entegre olabileceğini kanıtlamıştır.

2015 yılında Apple Watch'un tanıtılması, sektörde yeni bir devrim yaratmış ve sağlık izleme, iletişim ve uygulama entegrasyonunu tek bir tasarımda bir araya getirmiştir.

Bu akıllı giyilebilir cihazların başarısı, yalnızca teknolojik gelişmelere değil, aynı zamanda stratejik pazarlama çabalarına ve kullanıcıların çok işlevli ve pratik çözümlere olan talebinin artmasına dayanmaktadır.

Giyilebilir cihazların işlevselliği, donanım ve yazılım teknolojilerinin bir araya gelmesiyle şekillenmektedir. Bu küçük ama güçlü cihazlar, insan vücudu ile bir entegrasyon sağlayarak sağlık, spor, iletişim ve daha birçok alanda hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir.

Günümüz giyilebilir cihazları, sensörlerin küçültülmesi, makine öğrenimi ve kablosuz bağlantı teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde genişleyen yeteneklere sahiptir.

YZ destekli algoritmalar, kişiselleştirilmiş geri bildirimler sağlayarak kullanıcı deneyimini geliştirirken,

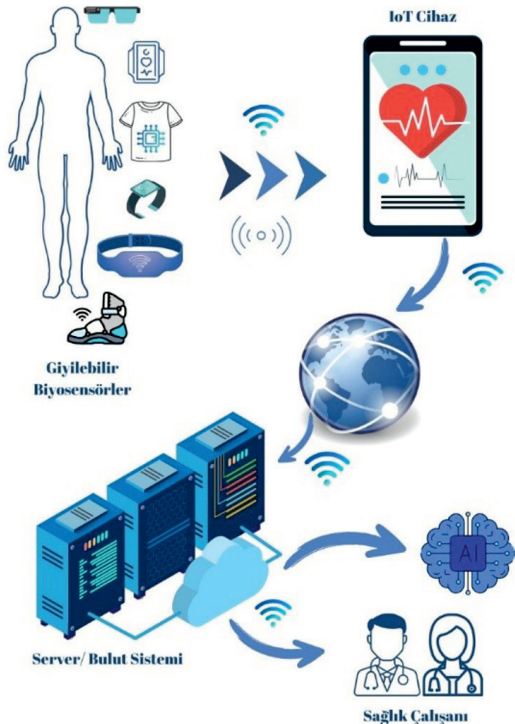
Esnek ekranlar ve enerji verimli bileşenlerdeki ilerlemeler, cihazların kullanım kolaylığını ve konforunu artırmaktadır.

Bu yenilikler sayesinde giyilebilir cihazlar yalnızca fitness takibiyle sınırlı kalmayıp, tıbbi teşhislerden artırılmış ve sanal gerçeklik uygulamalarına kadar geniş bir kullanım alanına yayılmış ve Nesnelerin İnterneti (IoT) ile sorunsuz bir entegrasyon sağlamıştır. Ekran teknolojileri de giyilebilir cihazların gelişiminde büyük bir rol oynamaktadır. Günümüzde OLED ve AMOLED ekranlar, enerji verimliliği ile parlak renkleri bir araya getirerek saatlerden akıllı gözlüklere kadar birçok üründe kullanılmaktadır. Daha da heyecan verici olanı ise esnek ekranların giderek yaygınlaşması. Bu teknoloji, gelecekte giyilebilir cihazların yalnızca bilekte değil, kıyafetlere ve hatta deri altına entegre edilmesini mümkün kılabilir.

Tüm bu gelişmeler, giyilebilir teknolojinin bir niş kavramdan modern yaşamın vazgeçilmez bir parçasına nasıl dönüştüğünü göstermektedir [4].

Giyilebilir Sağlık Cihazlarının Teknolojik Temelleri

Giyilebilir sağlık teknolojilerinde, çeşitli biyomedikal sensörler kullanılarak vücuttan veri toplanır, ardından kablosuz iletişim yöntemleriyle bu veriler bir cihaza veya bulut sistemine iletilerek analiz edilir. Elektrofizyolojik sensörler, elektrokardiyografi (EKG), elektroensefalografi (EEG) ve elektromiyografi (EMG) gibi biyopotansiyel ölçümleri yaparken, optik sensörler nabız ve kandaki oksijen seviyesini belirler. İvmeölçer ve jiroskoplara hareket takibi yaparak aktivite seviyesini ve uyku düzenini analiz ederken, ter ve sıcaklık sensörleri vücut sıcaklığını ve terde bulunan belirli kimyasalları ölçerek sağlık durumu hakkında bilgi sunar. Bu biyosensörler, saatler, giysiler, bandajlar, gözlükler, kontakt lensler ve yüzükler gibi vücuda kolayca takılabilen ve taşınabilir özelliklere sahip çeşitli formlarda geliştirilmektedir [5]. Bu sensörlerden alınan veriler, Bluetooth (BLE), WiFi veya Yakın Alan İletişimi (NFC) gibi kablosuz iletişim teknolojileriyle mobil cihazlara veya bulut tabanlı sistemlere aktarılır. Teknolojik açıdan bakıldığında, Nesnelerin İnterneti (IoT) birçok disiplinde, özellikle kişiselleştirilmiş sağlık hizmetlerinde hızla artan bir ilgi görmektedir. IoT çerçevesinde vücut alanı sensör ağı (BASN- Body Area Sensor Network) yaygın olarak ubik sağlık izleme (her yerde sağlık takibi) için kullanılmaktadır. Örneğin, Elektrokardiyografi (EKG) izleme, kalp hastalıklarının teşhisinde yaygın olarak kullanılan önemli bir yaklaşımdır.



Şekil 1. Sağlıkta Giyilebilir Teknoloji Mimarisi

Yapay Zekâ, Giyilebilir Teknolojileri Nasıl Dönüştürüyor?

Giyilebilir teknolojiler, ilk başlarda yalnızca fitness takibi ve bildirimler gibi temel işlevlere odaklanıyordu ancak YZ sayesinde bu cihazlar artık öğrenebiliyor, tahmin edebiliyor ve kişiselleştirilmiş çözümler sunabiliyor. Peki, nasıl?

Veri Toplama & Analiz: YZ, vücut hareketleri, biyosinyaller ve çevresel faktörler gibi sürekli toplanan büyük veri kümelerini analiz ederek gerçek zamanlı tahminler sağlıyor.

Tahmin & Önleme: YZ destekli akıllı saatler, kalp ritmi düzensizliklerini algılayıp kalp krizi riski hakkında erken uyarı verebilir. Diyabet hastaları için geliştirilen akıllı sensörler, kan şekeri seviyelerini takip ederek olası bir hipoglisemi krizini önceden haber verebilir.

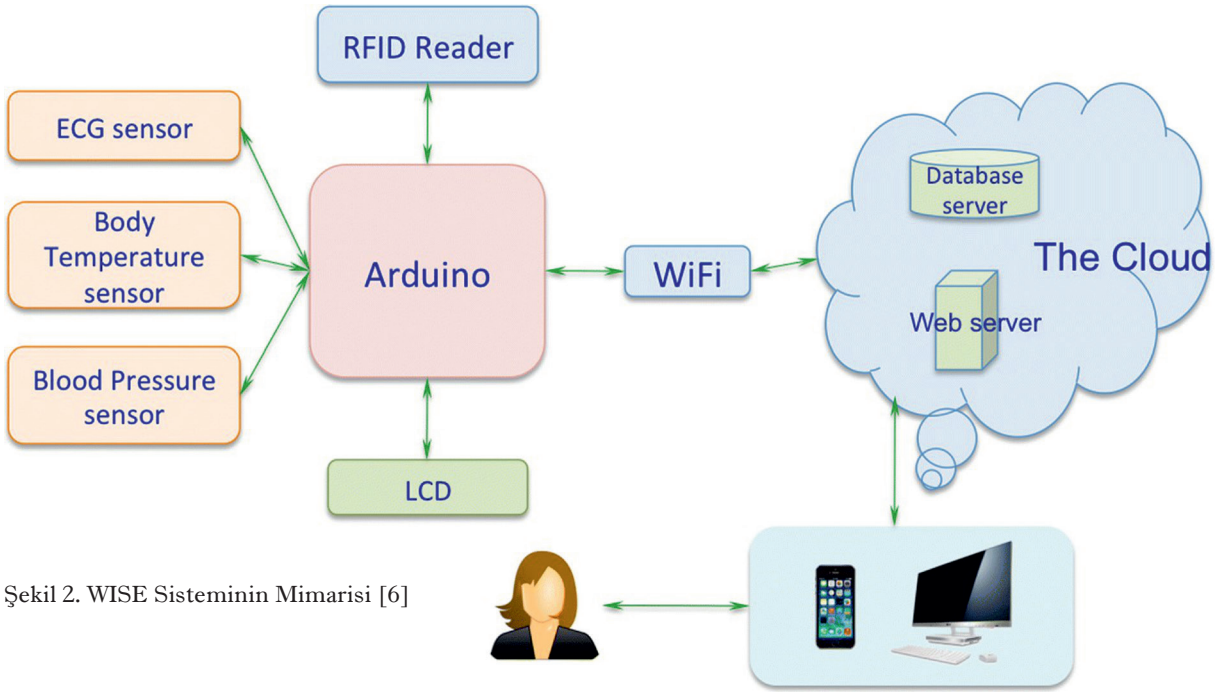
Kişiselleştirme: Bir YZ modeli, sizin günlük alışkanlıklarınızı ve vücut ritminizi öğrenerek size özel sağlık ve spor önerileri sunabilir. Örneğin, bir akıllı ayakkabı, yürüyüş biçiminizi analiz edip sakatlanma riski hakkında veri çıkarımı yapabilir.

Hareket & Beyin Etkileşimi: YZ ve giyilebilir cihazlar, beyin EEG sinyallerini okuyarak protezlerin daha doğal hareket etmesini sağlayabilir.

YZ ve makine öğrenimi algoritmaları, kullanıcının davranışlarını analiz ederek kişiselleştirilmiş öneriler sunuyor. Giyilebilir cihazlar artık sadece bir veri kaydedici değil, aynı zamanda birer dijital sağlık koçu, antrenman danışmanı ve hatta erken teşhis aracı haline gelmektedir. Örneğin, akıllı saatler artık kalp ritmindeki düzensizlikleri tespit edip potansiyel bir sağlık riskini önceden bildirmektedir.

Giyilebilir Cihazların Uygulamaları

Yapılan çalışmalar incelendiğinde bu çalışma [6], deneklerin sağlık durumunu gözlemlemek için bir dizi birbirine bağlı giyilebilir sensörü benimseyen Giyilebilir IoT bulut tabanlı sağlık izleme sisteminin (WISE) bir çerçevesini sunmaktadır. Kan basıncı, kalp atışı ve vücut sıcaklığı dahil olmak üzere bir dizi biyomedikal sinyal elde edilmektedir. Sensör düğümlerinin sınırlı belleği ve hesaplama kapasitesi nedeniyle ve bir işlem birimi olarak akıllı telefonun benimsenmesini önlemek için, bu giyilebilir sensörlerden toplanan sensör verileri doğrudan bulut sunucusuna iletilmektedir. WISE sisteminin genel tasarımı Şekil 2’de gösterilmiştir. WISE sistemi, WISE vücut alanı ağı (W-BAN), WISE bulutu (W-Cloud) ve WISE Kullanıcıları olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır.



Şekil 2. WISE Sisteminin Mimarisi [6]

Giyilebilir cihazlar, hayati belirtilerin sürekli ve noninvaziv olarak izlenmesini sağlayarak sağlık durumlarının erken tespit edilmesine ve yönetilmesine yardımcı olur. Örneğin, Sürekli Glikoz İzleme (CGM) sistemleri, kan şekeri seviyeleri hakkında gerçek zamanlı veri sağlayarak diyabet hastalarının diyet, ilaç ve yaşam tarzlarına zamanında uyum sağlamalarına yardımcı olur. Benzer şekilde, elektrokardiyogram (EKG) özelliği bulunan giyilebilir cihazlar, kalp ritmini izleyerek aritmi gibi düzensizlikleri tespit edebilir ve kullanıcıların küçük bir sağlık sorunu büyümeden tıbbi müdahale almasını sağlayabilir.

Spor ve fitness alanında da giyilebilir cihazlar hem profesyonel sporcular hem de fitness meraklıları için vazgeçilmez hale gelmiştir. Bu cihazlar; kalp atış hızı, yakılan kalori, hız ve toparlanma süresi gibi çeşitli metrikleri takip ederek, antrenman programlarının optimize edilmesine ve genel performansın artırılmasına yardımcı olur [7].

Giyilebilir cihazların artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojileriyle birleşmesi, oyun, eğitim ve sağlık gibi birçok alanda devrim yaratmaktadır. Microsoft HoloLens gibi artırılmış gerçeklik gözlükleri, sağlık sektöründe giderek daha fazla kullanılmakta ve cerrahların karmaşık ameliyatlarda gerçek zamanlı görüntüleme ve hasta verilerine erişmesini sağlamaktadır. Eğitim alanında, AR giyilebilir cihazları, dijital içerikleri gerçek dünyaya entegre ederek interaktif öğrenme deneyimleri sunmaktadır.

Sanal gerçeklik cihazları ise fiziksel rehabilitasyonu dönüştürerek, hastaların ihtiyaçlarına özel terapötik egzersizler yapabileceği sürükleyici ortamlar oluşturur. Oyun dünyasında ise VR başlıkları, kullanıcıları tama-

men etkileşimli 3D sanal dünyalara taşıyarak son derece etkileyici bir deneyim sunmakta ve bu teknolojilerin sınırsız potansiyelini gözler önüne sermektedir [8].

Sonuç ve Gelecek Perspektifi

Giyilebilir cihazlar, farklı alanlarda geniş bir kullanım yelpazesine sahip çok yönlü araçlar haline gelerek hem yaşam kalitesini artırmış hem de çeşitli sektörlerde verimliliği önemli ölçüde iyileştirmiştir. Giyilebilir teknolojiler, sağlık, spor, artırılmış gerçeklik ve nesnelerin interneti gibi birçok alanda devrim yaratmaya devam ediyor. Yapay zekâ destekli sistemler ve biyomedikal sensörlerin gelişimi sayesinde, bu cihazlar kişiselleştirilmiş sağlık çözümleri sunarak insan-makine bütünlüğünü giderek daha ileri bir seviyeye taşıyacaktır.

Kaynakça

- [1] Prescient & Strategic Intelligence. (2019, August). Wearable AI devices market to reach \$49.2 billion by 2024.
- [2] Prescient & Strategic Intelligence. (2020, February). Wearable medical devices market to reach \$67.2 billion by 2030.
- [3] Prescient & Strategic Intelligence. (2022, October). Wearable sensors market to reach \$7.45 billion by 2030.
- [4] Felizardo, V., Sousa, P., Sabugueiro, D., Alexandre, C., Couto, R., Garcia, N., & Pires, I. (2015). E-Health: Current status and future trends. Handbook of research on democratic strategies and citizen-centered e-government services, 302-326.
- [5] Guk, K., Han, G., Lim, J., Jeong, K., Kang, T., Lim, E. K., & Jung, J. (2019). Evolution of wearable devices with real-time disease monitoring for personalized healthcare. Nanomaterials, 9(6), 813.
- [6] Wan, J., AAH Al-awlaqi, M., Li, M., O'Grady, M., Gu, X., Wang, J., & Cao, N. (2018). Wearable IoT enabled real-time health monitoring system. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2018(1), 1-10.
- [7] Al-Worafi, Y. M. (2023). Technology for drug safety: Current status and future developments. Springer Nature.
- [8] Shang, X. (2024). The Current Status and Future Trends of Wearable Devices. Applied and Computational Engineering, 120, 98-104.