



SECURITY

SYSTEM-PREF.

CLOUD

SEARCH

SECTION  
DECODE: CODE MORSE-ZQZ-21-32609

SUMMARY: ZINEA

# VÜCUT İNTERNETİ



İşbu eserde yer alan veriler/bilgiler, yalnızca bilgi amaçlı olup, bu eserde bulunan veriler/bilgiler tavsiye, reklam ya da iş geliştirme amacına yönelik değildir. STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. işbu eserde sunulan verilerin/ bilgilerin içeriği, güncelliği ya da doğruluğu konusunda herhangi bir taahhüde girmemekte, kullanıcı veya üçüncü kişilerin bu eserde yer alan verilere/bilgilere dayanarak gerçekleştirecekleri eylemlerden ötürü sorumluluk kabul etmemektedir. Bu eserde yer alan bilgilerin her türlü hakkı STM Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş.'ye aittir. Yazılı izin olmaksızın işbu eserde yer alan bilgi, yazı, ifadenin bir kısmı veya tamamı, herhangi bir ortamda hiçbir şekilde yayımlanamaz, çoğaltılamaz, işlenemez.



## 1. GİRİŞ

Bilgi, insanlığın bütün çağlarında kilit bir rol oynamıştır. Bilgiyi elinde tutan topluluklar hızla gelişerek üstünlük sağlamış ve yeni gelişmelere olanak tanımıştır<sup>[1]</sup>. Bu noktada, telgrafın icadından telefon kullanımına, radyo frekanslarından internetin gelişimine kadar birçok yeni iletişim teknolojisi insanlığın ilerlemesini sağlayarak daha faydalı teknolojiler geliştirilmesine destek olmuştur.

İletişim güçlendikçe internet ve çeşitli cihazlar arasında artan veri trafiği sektörlerin güçlenmesini, üretimin hızlı ve güvenli olmasını, hatta sağlık çalışmalarının çokuluslu ve hızla gerçekleşmesini sağlamıştır. Endüstri 4.0 ile gündeme gelen ve gelişen Nesnelere İnterneti (Internet of Things -IoT) birbiriyle iletişim hâlinde olan sensör ve ekipmanların kullanımına imkân vererek her sektörde yapılan çalışmaları ve sivil hayatı kolaylaştırmıştır. IoT ile gelişen teknolojiler yeni başka açılımlarla sağlık, savunma, kişisel kullanım ve kamu alanlarında benzer kavramların gelişmesine neden olmuştur. Savaş Nesnelere İnterneti (Internet of Battlefield Things -IoBT) ve Sağlık Nesnelere İnterneti (Internet of Healthcare Things -IoHT) gibi yeni yaklaşımlar günlük hayatı kolaylaştırarak teknolojilerin geliştirilmesine fayda sağlamaktadır.

IoT ile gelişen ve önem kazanan bir diğer yeni teknolojik gelişim de Vücut İnterneti (Internet of Bodies -IoB) olarak ortaya çıkmıştır. İnsan vücudu ile etkileşim hâlinde, vücudumuza entegre veya giyilebilir olan, yaşamı kolaylaştırarak hareketlerimizi kaydeden, sağlığımızı takip eden, güvenliğimize destek olan ve iletişimde dahi kullanılabilir olan ekipmanlardan oluşan

Vücut İnterneti'nin gelişimi dünyayı kökten değiştirmeye hazırlanmaktadır.

Son yıllarda yaşanan salgın hastalıkların aşı ve tedavi çalışmalarında güçlü iletişim teknolojileri çok önemli bir rol oynayarak araştırmacılara yardımcı olmuştur. Sağlık alanında verilerin paylaşımı, giyilebilir cihazların hastaları sürekli izleme imkânı sunması, sensörlerle izlenen ortamlar ve hastalar, IoT gibi teknolojilerin yeni versiyonlarla gelişmesine destek olmuştur. Vücut İnterneti teknolojisi de insanların sağlığının izlenmesi ve verilerin uzaktan takip edilebilmesi amacıyla gündeme gelmiş ve gelişmiş bir alandır. IoT ile genişleyen yeni teknolojiler arasında olan Vücut İnterneti ekipmanları için gelişmiş iletişim teknolojileri çok önemlidir.

Analizimizde iletişimin insan hayatına etkilerini değerlendirirken bu alanda gelişen ve fark yaratan Vücut İnterneti (Internet of Bodies) teknolojisinin önemi, etkileri, riskleri ve geleceği hakkında görüşlere değinerek ne gibi faydalar sunacağına yakından bakacağız.

## 2. NESNELERİN İNTERNETİ NEDİR?

Vücut İnterneti teknolojisinin tam anlamıyla anlaşılması için öncelikle nesnelere interneti kavramını analiz etmek gerekmektedir. İletişim çağı ile birlikte gelişen ve güçlenen nesnelere interneti; bilgisayarlar, mekanik ve dijital makineler, sensörler, insanlar, hayvanlar ve çeşitli eşsiz tanımlayıcılar (Unique Identifiers -UIDs) arasındaki veri transferinin bir ağ üzerinden sağlanmasını tanımlamaktadır.

Nesnelerin interneti insanların daha akılcı bir şekilde yaşamasını ve çalışmasını sağlarken, çeşitli verilerin analizi ve cihazların birbirleriyle iletişimi sayesinde hayatlarını kontrol altında tutmalarına olanak tanımaktadır. IoT aynı zamanda şirketlerin operasyonlarını otonom hâle getirmelerini, tedarik zincirlerinin kusursuza yakın işlemlerini, askeri operasyonların başarıyla sonuçlanmasını ve sağlıkla ilgili tedavi ve araştırmaların güçlenmesini de sağlayarak her sektörde önem kazanmıştır<sup>[2]</sup>.

## 2.1 Nesnelerin İnterneti Ne Gibi Gelişmeler Sağlamıştır?

Nesnelerin interneti kullanılmaya ve gelişmeye başladığı günden itibaren şirketlerin daha iyi çözümler üretmesini, akıllı evlerin inşasını, tarımın inovasyonunu, akıllı şehirlerin oluşmasını, gelişmiş tedarik zincirlerini, akıllı savuma sanayii uygulamalarını ve sağlık araştırma ve tedavilerini daha başarılı olmasını sağlamıştır.

Sektörlere kazandırdığı otonom özelliğiyle yapay zekâ teknolojisinin birleşimi geleceğin fabrikalarının şekillenmesine, sivil ve askeri alanda giyilebilir cihazların üretimine, insansız araçların kullanımına imkân vermiştir.

Çok düşük enerji ile çalışabilen sensörler ve RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) etiketler her yerde yaygınlaşırken, 5G gibi yeni mobil ağ teknolojileri iletişimi daha güçlü kılmaktadır. Bulut bilişimle uzaktan çalışma imkânı ve makine öğrenmesiyle veri analizlerinin güçlenmesi gibi birçok yenilik IoT teknolojilerinin desteği ile ortaya çıkmıştır. Uzaktan erişim verilerin paylaşımına ve medikal anlamda giyilebilir cihazlara olan ihtiyaç ise salgın hastalıkların arttığı günümüzde ön plana çıkarak yeni IoT teknolojilerini desteklemiştir<sup>[3]</sup>.

Nesnelerin interneti ile birlikte birbiriyle bağlantılı farklı sektörlerde ortaya çıkan birçok yeni kavram benimsenmeye başlanmıştır. Savaş Alanı Nesnelerinin İnterneti (Internet of Battlefield Things -IoBT), Sağlık Nesnelerinin İnterneti (Internet of Health Things -IoHT), Vücut İnterneti (Internet of Bodies-IoB) ve Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (Industrial Internet of Things -IIoT) ile birlikte Her Şeyin İnterneti (Internet of Everything -IoE) kavramı gelişerek çok yönlü bağlantılı sistemler ortaya çıkmıştır. Bu sistemlerin bağlantıları insandan insana, makineden insana ve makineden makineye olarak sınıflandırılmaktadır.

Her şeyin interneti ile nesnelerin internetinin en büyük farkı, nesnelerin internetinin fiziksel objeler arasındaki bağlantıyı tanımlarken, her şeyin internetinin insanlar, objeler ve makineler de dahil her unsurun birbiriyle bağlantısını tanımlamasıdır<sup>[4]</sup>.

Her şeyin interneti sektörel olarak özelleştiğinde askeri alanda dikkat çeken savaş alanı nesnelerinin interneti kavramı öne çıkmıştır. Savaş alanı nesnelerinin interneti veya savaş nesnelerinin interneti, askeri operasyonlarda büyük başarılar sağlayabilecek sistemlerin varlığını artırmıştır. Drone'lar, uydu iletişim sistemleri, gözlem sistemleri, akıllı sistemlerle birbirine bağlı zırhlı araçlar, silah ve ekipmanlar, yapay zekâ ile güçlenen

karar destek sistemleri, komuta sistemleri ve sürü sistemleri bu alanda öne çıkan yeni teknolojilerdir<sup>[5]</sup>.

Nesnelerin interneti ve türevlerinin kattığı en büyük avantajlardan biri gerçek zamanlı veri transferiyle her alanda büyük önem kazanan bilgiye anında erişim imkânıdır. Özellikle savaş alanı gibi kritik kararların alındığı ortamlarda bilgiye hızla ve doğru bir şekilde erişmek savaşın kaderini değiştirebilmektedir. Sağlık alanında da verilerin uluslararası paylaşımı ve verilere hızla erişim, salgın hastalık döneminde gördüğümüz can kayıpları daha da artmadan önlem alınmasında kilit rol oynamaktadır<sup>[6]</sup>.

Savaş alanlarının interneti askeri personelin eğitiminde de kullanılabilir. Hatta bu sistemlerden yola çıkarak ABD'nin Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı (Defense Advanced Research Projects Agency -DARPA) Nesnelerin Okyanusu (Ocean of Things -OoT) kavramını ortaya koymuştur. Bu kavram büyük okyanuslarda durum farkındalığı hedefleyen birbiriyle bağlı sistemleri tanımlamaktadır<sup>[7]</sup>.

Günümüzün popüler konularından biri hâline gelen metaverse de nesnelerin interneti ile ortak bir paydada buluşmaktadır. Dijital ikiz, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve metaverse özellikle şirketlerin büyümesinde ve müşterilerine daha iyi hizmetler sunulmasında önemli rol oynamaktadır. Metaverse gelecekte nesnelerin interneti ile daha fazla entegre oldukça ortaya çıkacak inanılmaz büyüklükte verileri kontrol etmek ve işlemek için güçlü bilgi işlem sistemlerine ihtiyaç duyulacaktır<sup>[8]</sup>.

Nesnelerin internetinin getirdiği en önemli yeniliklerden biri de medikal nesnelerin internetidir. Sağlık araştırmalarında çığır açan gelişmelere imkân veren ve araştırmacıları uluslararası alanda bir araya getiren medikal nesnelerin interneti, sağlık alanında yapılan araştırmalarda çeşitli sensör ve ekipmanlar ile elde edilen hastalık verilerinin paylaşımını sağlamıştır<sup>[9]</sup>.

Medikal nesnelerin interneti özellikle kronik hastalık sahibi ya da kanser hastası; yani düzenli olarak doktor kontrolünden geçmesi gereken bireylerin hayatını kolaylaştıracak, hatta belki de hayatlarını kurtaracaktır.

Bugün ABD'de yaşayan 10 yetişkinden altısı, kronik bir hastalıktan mustarıptır. 2008'de Avrupa'da tüm ölümlerin yüzde 77'sinden kronik hastalıklar sorumluyken, bugün bu oran yüzde 86'ya çıkmış durumdadır. Türkiye'de de durum farklı değildir; bugün ülkemizdeki ölümlerin yüzde 87,5'inin ardında yatan sebep bulaşıcı olmayan (kronik) hastalıklardır. Diğer yandan genç yaşta görülen kalp hastalıkları, kriz, solunum bozuklukları, kas-iskelet hastalıkları ve Tip 2 diyabet gibi kronik hastalıkların yüzde 80'inin erken teşhis sayesinde önlenemediğini unutmamak gereklidir<sup>[10]</sup>.

Sağlık alanında yaygınlaşan sensörler, giyilebilir cihazlar, takip edilebilir analiz sistemleri ve insanların hayatını kolaylaştırmayı hedefleyen her yeni teknoloji Vücut İnterneti'ni güçlendirerek daha da önemli hâle gelmesine destek olmuştur.

### 3. NESNELERİN İNTERNETİNDEN VÜCUT İNTERNETİNE

Vücut İnterneti kavramı ilk olarak 2016'da ortaya çıkmıştır. Bu kavram insan vücudunu izleyen psikolojik, biyometrik ve davranış verilerini toplayarak analiz eden sistem ve ekipmanları tanımlamaktadır.

Vücut İnterneti'nin çok çeşitli faydaları olduğu düşünülmektedir. Bu faydalar içinde tedavi için çok daha iyi teşhis sağlanması, kişiselleştirilmiş sigorta planları, yaratıcılığı artırması ve kamu güvenliği için avantaj sunması en bilinenlerinden bazılarıdır.

Vücut İnterneti'nin gelecekte büyük önem kazanması öngörülmektedir. Vücut İnterneti ile birlikte gelen beyin implantları engelli insanların protezlerini kontrol etmesine, inovatif stentlerin damar tıkanıklıklarını kontrol altında tutmasına, suni pankreasların diyabet hastalarında kan şekerini kontrol altına almasına fayda sağlayabilmektedir.

Vücut İnterneti çalışmaları dört kategoride değerlendirilmektedir:

- **Donanım**, sınırlı ve gelişmiş bilişim sistemleriyle donatılmıştır. Donanımın işlem gücüne göre toplanan veriler cihazda veya bulutta depolanabilmektedir. Birbiriyle bağlantılı ve uyumlu Vücut İnterneti cihazları ve giyilebilir cihazlar bir araya geldiğinde Kablosuz Vücut Alan Ağı (Wireless Body Area Network -WBAN) oluşturulabilmektedir.
- **Ağlar**, kablosuz veya hibrid olacak şekilde tasarlanabilmektedir. Ağlar veriyi anlık olarak ilettiğinden güvenlik açısından da Vücut İnterneti'nin en önemli bileşenlerinden biridir.
- **Arka Uç Altyapısı (Back-end infrastructure)**, veri depolamayı, analitikleri ve görsel çözümleri tanımlamaktadır. Altyapı söz konusu olduğundan cihazın kesintisiz çalışması önemlidir. Bu durum özellikle panik düğmesi olan cihazların devreye alınması durumunda yetkililere haber verilmesi açısından çok daha önemlidir.
- **Son Kullanıcı Uygulamaları**, Vücut İnterneti ile ilgili cihazların kullanıcılarının, sahip olduğu bağlantılı

diğer cihazlarla iletişimini sağlamaktadır. Bu uygulamalar mobil bir sistemde veya doğrudan kullanılan cihaz üzerinde çalışabilmektedir<sup>[11]</sup>.

Vücut İnterneti cihazları fitness takip bileklikleri, implant insülin enjeksiyon cihazları, sindirilebilir sensörler, beyin uyarıcı ekipmanlardan oluşabilmektedir. Birçok Vücut İnterneti cihazı insan vücudu ile doğrudan temas hâlinde çalışmaktadır. Cerrahi olarak, yutulabilen veya giyilebilen cihazlar çok sıkı denetimlerden geçmeden kullanıma sunulmamaktadır.

Vücut İnterneti sağlık sektöründe çok önemli gelişmeler sağlamıştır. Vücut İnterneti sistemleri hastaların 7/24 izlenebilmesine olanak vermektedir. Hastaların psikolojik değişimlerini anlık olarak kaydederek hasta ile ilgili personele sağladığı bilgiyle avantaj sunmaktadır. Ayrıca hastaların uzaktan izlenmesi ile sağlık personeli teması oldukça azaldığından salgın hastalık bulaşma riski de düşmektedir.

Zararlı olmayan teşhis yöntemleri de Vücut İnterneti ile birlikte kolaylaşmıştır. Kamera bazlı yutulabilir haplar gastroenteroloji ve kolonoskopi için avantaj sunmaktadır. Göğüsün alt kısmına giyilebilen cihazlar akciğer fonksiyonlarını gözlemlemektedir. Bu yöntemler doktorların genetik bozuklukları erken teşhis etmesine veya diyabet gibi kronik hastalıkların daha başarılı tedavi edilmesine imkân vermektedir.

Kronik durumu olan hastaların yaşam kalitesini artırmak Vücut İnterneti ile mümkündür. Kan şekeri durumunu kontrol altında tutan otomatik insülin enjeksiyon sistemleri, mikro elektronik retina protezleri veya mobil cihazlarla bağlantılı çalışabilen kalp pilleri hayat kolaylaştırıcı sistemlerin bazılarıdır.

Odaklı ilaçlar, insanların tedavilerinde kişiye özel dozlarda ayarlanabilme imkânı sunmaktadır. Kişiye özel ilaç ve tedavilerin geliştirilmesi aşamasında Elektronik Sağlık Kayıtları (Electronic Health Records -EHRs) ile sensör kayıtları yapay zekâ yardımı ile karşılaştırılarak en doğru uygulama belirlenebilmektedir.

Vücut İnterneti ile toplanan veriler sigorta şirketlerine de avantaj sağlamaktadır. Müşterilerin sağlık durumları ile ilgili detaylı bilgilere erişim imkânı olan sigorta şirketleri için sağlık kayıtlarının araştırılması ve hasta takibi gibi



Şekil 1: Bir bakışta Vücut İnterneti<sup>[11]</sup>

konularda personel ihtiyacını azaltarak tasarruf sağlama- sı ve bu tasarrufu müşterilerine indirim olarak yansıtması muhtemeldir. Son yıllarda yapılan araştırmalar özellikle idari maliyetler açısından sigorta sektöründe yüzde 40'a varan tasarruf sağlanabildiğini göstermektedir<sup>[12]</sup>.

Küresel ölçekte yaklaşık bir milyar insan Vücut İnterneti'nden yararlanmaktadır. ABD nüfusunun da yüzde 70'inin Vücut İnterneti sistemlerini kullandığı bilinmektedir. Bu oranda en büyük pay giyilebilir akıllı saatler ve fitness bilekliklerine aittir. Ancak daha fazla gelecek vadeden inovasyonlar da hızla gelişmektedir.

Vücut İnterneti ekosisteminde kullanılan cihazlar hiyerarşik olarak üç kategoriye ayrılmaktadır:

- **Birinci Nesil Vücut Dışı Cihazlar:** İnsan vücuduna fiziksel olarak giyilebilen ve topladığı verileri bir bilgisayar veya mobil cihaza aktarabilen ekipmanlardır.
- **İkinci Nesil Vücut İçi Cihazlar:** Yutarak veya cerrahi bir müdahale ile insan vücudu içine yerleştirilen ekipmanlardır.
- **Üçüncü Nesil Vücuda Entegre Cihazlar:** Elektronik cihazların tamamıyla insan vücuduna entegre olarak vücudun bir parçası gibi hareket ettiği ekipmanlardır.

Birinci nesil Vücut İnterneti ekipmanları oldukça yaygınlaşmış durumdadır. Teknolojide yaşanan gelişmeler ışığında ikinci ve üçüncü nesil ekipmanların da yaygınlaşması beklenmektedir. Vücut İnterneti cihazlarının gelişiminde iletişim teknolojileri ve enerji sistemleri büyük rol oynamaktadır. Hafif ve zararsız enerji sistemlerinin gelişmesi veya insan vücudunun enerji aracı olarak kullanılması durumunda vücut içi veya vücuda entegre ekipmanlar çok daha fazla tercih edilme potansiyelindedir<sup>[13]</sup>.

Vücut İnterneti kavramı yaygınlaştıkça insan vücudunun izlenmesi ve verilerin paylaşılması da hukuksal açıdan soru işaretleri yaratmıştır. Giyilebilir cihazların topladığı sağlık verilerinin, suni pankreas ile kan şekeri kontrolünün sağlanmasına izin veren sistemlerin kimlerin denetiminde olacağı, hangi regülasyonlar ve kanunlarla korunacağı uluslararası alanda merak edilen konulardır.

ABD tıbbi implantların güvenliği konusunda Gıda ve İlaç İdaresi (Food and Drug Administration -FDA) onayına güvenmektedir. FDA tarafından onaylanmayan hiçbir tıbbi cihaz veya implant kamusal olarak kullanılmamaktadır. Ancak FDA bazı Vücut İnterneti cihazları ve sistemlerinin mevcut regülasyonlar kapsamında güvenli olmayabileceğini söylese de fitness takip bileklikleri ve akıllı saatler gibi cihazlar FDA kontrolü dışında kaldığından bu alanda bir boşluk oluşmaktadır. İçeriğinde vitamin ve uyku takip sistemi olan bir akıllı ilacın medikal bir cihaz olarak sayılıp sayılmayacağına karar verilememesi buna örnek verilebilir. Bu nedenle hangi regülasyonlarla denetleneceğinin belirsiz olması otoritelerce bir sorun olarak görülmektedir. FDA vitaminler açısından üreticinin kendi güvenlik sistemini sağlamasını önermektedir. Uyku takip sisteminin de ilaç kategorisinde olmaması bu akıllı ilacı FDA regülasyonları kapsamı dışında bırakmaktadır.

ABD'de birinci nesil Vücut İnterneti cihazlarının regülasyonlarını düzenleyen kurul Federal Ticaret Komisyonu'dur (Federal Trade Commission -FTC). Vücut İnterneti ile ilgili cihazların yasal düzenlemeler kapsamında daha geniş bir çerçevede değerlendirilmesi için kurumlar arası ortak çalışmalar yapılması ve hem ticari hem medikal hem de siber güvenlik konularında önlemler alınması gerekmektedir<sup>[14]</sup>.

## 4. VÜCUT İNTERNETİNİ DESTEKLEYEN DİKKAT ÇEKİCİ TEKNOLOJİLER

Vücut İnterneti çok çeşitli teknolojilerle desteklenmiştir. Bu teknolojiler içinde bazıları özellikle dikkat çekmektedir.

### 4.1 Grafen

Malzeme biliminin 21'inci yüzyılın başlarında tanıttığı en çok yankı uyandıran malzemelerden biri grafendir. Manchester Üniversitesinin Rus kökenli bilim insanları Andre Geim ve Konstantin Novoselov'un 2004'te, grafit kristallerini oluşturan altıgen şeklinde dizilmiş karbon atomu katmanlarını sıradan bir yapışkan bant yardımıyla ayırarak elde ettiği grafen; yüksek iletkenliği, esnekliği ve sağlamlığı ile dikkatleri üzerinde toplamış ve kısa süre sonra "mucize malzeme" olarak anılmaya başlanmıştır<sup>[15]</sup>.

Bilinen en ince malzeme olmasının yanında, güçlü karbon bağları, grafeni bilinen en güçlü malzeme de yapmaktadır. Grafen, çelikten yaklaşık 100-300 kat daha güçlü olup, ısıyı iyi iletmediği düşünülen diğer bir karbon allotropu olan elmadan daha iyi bir ısı iletkenidir. Ayrıca bir metrekaresi sadece 0,77 mg ağırlığında olan grafen, kolayca esneyebilmekte ve 2011'de keşfedilen üstün yapıya özelliği sayesinde değişik formlardaki birçok malzemenin yüzeyine kolayca kaplanabilmektedir<sup>[16], [17], [18]</sup>.

Grafen, mekanik, termal ve elektriksel özellikleri nedeniyle Vücut İnterneti teknolojilerinde çok önemli bir fark yaratmaktadır. İki boyutlu yapısı ile giyilebilir sensör sistemlerinde kullanılan grafenin insan vücudu ile biyo uyumluluğu araştırma aşamasındadır. Grafenin insanlarla ilgili sensör ve ekipmanlarda kullanımına ilişkin birçok araştırma bulunmaktadır, ancak uzun vadede insan sağlığı üzerine ne gibi etkileri olacağına dair az sayıda araştırma olması güvenilirliğinin sorgulanmasına neden olmaktadır.

Grafenle ilgili Vücut İnterneti ekipmanı araştırmaları "giyilebilir" ve "implant şeklinde kullanılan" olarak ikiye ayrılmaktadır. Giyilebilir grafen uygulamalarından elektronik yapay deri (e-skin), deri üzerine konumlandırılan biyosensörlerin biyofiziksel, biyokimyasal ve çevreden gelen diğer sinyalleri algılamasıyla çalışmaktadır. İnsan vücudu aktif veya pasif konumda elektrik enerjisi üretebilmektedir. Örneğin, ortalama bir insan dinlenme hâlinde 100 watt enerji üretebilmektedir. Bu elektrik üretimi hareketlilikle birkaç dakika içinde 300-400 watt'a çıkarken; koşma, spor aktiviteleri gibi anlık artış sağlayan hareketlilikle geçici olarak 2.000 watt'a kadar yükselebilmektedir. Ancak bu enerji çoğunlukla kalbin kanı

pompalaması veya kasların esnekliğinin sağlanması gibi yaşam için gerekli temel ihtiyaçlar için kullanılmaktadır<sup>[19]</sup>. Vücudun ürettiği enerjiden artan ve boşta kalan elektrik sinyallerini analiz eden Vücut İnterneti sistemi, uygulanan kişilerin sağlığını yakından takip edebilmeye imkân vermektedir<sup>[20]</sup>.

Giyilebilir grafen içerikli sensörler insan sağlığı hakkında anlamlı veriler toplayabilse de organların karmaşık sistemlerini algılamak ve bu konuda veri toplamak o kadar kolay değildir. Hedeflenen organa yakın şekilde yerleştirilen grafen kökenli implantlar bu konuda önemli bir avantaj sunmaktadır. Bu implantlar hedeflenen organdan sadece ihtiyaç duyulan verileri kaydetmek üzere tasarlanabilmektedir. Böylece tedavi ve teşhis için kritik öneme sahip veriler seçilerek en doğru sonuca ulaşmak mümkündür. Nörolojik aktivitelerin, glukoz durumunun ve kalp durumunun izlenmesi bu uygulamalardan bazılarıdır<sup>[20]</sup>.

Grafen, koşuda kullanılacak bir akıllı ayakkabıdan, çok sağlam bir kaskın imalatına kadar çok çeşitli alanlarda tercih edilebilmektedir. Grafenin iletken, esnek ve diğer materyallerle uyumlu olma özelliği akıllı giyilebilir cihazlar için biçilmiş kaftan olmasını sağlamıştır. Grafenin enerji depolayabilme özelliği ise bir başka avantajlı kullanımıdır. Şimdiden daha uzun süreli enerji kullanımı için insan üzerinden enerji depolayabilen grafen sistemleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır<sup>[21]</sup>.

Örneğin, insan üzerinden enerji üretilerek grafen ile depolanmasının sağlanabileceği termofotovoltaik

cihazlar, önemli araştırma konularından biridir. İnsan vücudu ısındıkça daha fazla elektromanyetik bir alan oluşturmaktadır. Bu oluşan elektromanyetik enerjiden faydalanılarak üretilen elektrik enerjisi grafen kökenli sistemlerde depolanabilmektedir<sup>[22]</sup>.

#### 4.2 Blok Zinciri

Blok zinciri teknolojisi veri transferinde yüksek güvenlik sunmaktadır. Sağlık sektöründe elde edilen verilerin gizliliği önemli bir konudur. Blok zinciri ile Vücut İnterneti cihazlarından elde edilen verilerin buluta ulaşması ve buradan ilgili sağlık çalışanlarına gönderilmesi kriptolu olarak gerçekleşebildiğinden araya birilerinin girmesi ve bilgileri ele geçirmesi olasılığı ortadan kalkmaktadır. Ayrıca böyle bir durum yaşansa bile kimin ne zaman müdahale ettiği kaydedildiğinden verilerin gizli bir şekilde manipüle edilmesi imkânı bulunmamaktadır<sup>[23]</sup>.

#### 4.3 Yapay Zekâ

Yapay zekâ insan vücudunun sağlığının takibi, hastalıkların erken teşhisi veya vücuda eklenen protezlerin işleyişi hakkında bilgileri de analiz etmektedir.

Yapay zekâ akıllı protez organlar için kullanılarak hastaların davranışlarını analiz edip gerekli zamanda uygun tedaviyi önerme veya vücut içinde ilaç salınımı, kan şekerinin kontrolü gibi uygulamalar gerçekleştirmeyi mümkün kılmaktadır<sup>[24]</sup>.



## 5. VÜCUT İNTERNETİ ARAŞTIRMALARI VE ÖRNEKLERİ

Dünyada Vücut İnterneti'nin gelişimi yönünde oldukça kapsamlı araştırmalar eşzamanlı olarak yürütülmektedir.

Üç kategoriye ayrılan Vücut İnterneti, birinci nesil giyilebilir cihazlar aracılığıyla hayatımızda oldukça önemli bir yer edinmeyi başarmıştır. Dikkat monitörleri okullarda ders sırasında öğrencilerin dikkatini toplamayı hedefleyen veya araç sürücülerinin sürüş sırasında daha dikkatli olmasına destek olan gözlük benzeri giyilebilir cihazlarla kullanılan bir sistemdir. Bu gözlükler kullanan kişide dikkat dağınıklığı veya önceden programlanan gözlem parametrelerine karşı ilgisizlik fark ettiğinde kullanıcıyı uyarmak üzere tasarlanmıştır.

Giyilebilir sensörler ise kıyafetlere entegre edilebilen özellikle grafen gibi esnek ve dayanıklı malzemelerle birlikte üretilen sistemlerdir. Bebek bezlerinde denenilen ve bluetooth bağlantısı ile akıllı telefona bebeğin bağırsak aktivitelerini raporlayabilen bir sistem araştırma aşamasındadır. Benzer şekilde vücudun terleme durumunu, ısısını, kimyasal maruziyetini ölçme potansiyelinde olan sensörlü kıyafetler tasarlanmaktadır.

Ancak yapay pankreas gibi ikinci nesil Vücut İnterneti cihazları da pazarda yer edinmeye başlamıştır. Yapay pankreas vücudun glukoz seviyesini sürekli izleyerek özellikle diyabet hastalarında gerektiğinde insülin enjeksiyonunu otomatik olarak yapabilen bir sistemdir.

Üçüncü nesil Vücut İnterneti kategorisinde değerlendirilen vücut implantları veya sensörleri, kullanan kişinin detaylı sağlık verilerinin kaydedilmesine imkân vermektedir. Bunun bir örneği olan ve dişe entegre edilen RFID sensörleri insanların yedikleri yiyecekleri algılayarak glukoz, tuz ve alkol tüketimini kaydedebilmektedir.

Beyin bilgisayar arayüzleri Vücut İnterneti teknolojileri içinde en çok ilgi görenlerden biridir. Bu cihazlar giyilebilir bir başlık aracılığıyla kullanılabilirdiği gibi beyne yerleştirilen bir çip şeklinde de olabilmektedir. Beyin bilgisayar arayüzleri beyin dalgaları aracılığıyla yazma, okuma veya komuta uygulamalarını gerçekleştirmeyi hedeflemektedir.

Bağımsız aşılama pompaları aşı veya iğne olması gereken kişilerin dozajlarında hata olmasını engelleme potansiyeli sunan bir diğer Vücut İnterneti sistemidir. Ayrıca akıllı kalp pilleri gibi teknolojiler de hastaların kalp durumlarını sürekli kaydederek sorun oluştuğunda erken müdahale imkânı sunmaktadır<sup>[25]</sup>.

Vücut İnterneti için önemli örneklerden biri olan kalp pilleri, içinde kullanıcısının kalp ritminde bozukluk fark ettiğinde ufak elektroşoklarla ritmi düzene sokan, bilinen en eski uygulamalardan biridir. Ancak bu sistemle ilgili endişeler de yaşanmıştır. Eski ABD Başkan Yardımcısı Dick Cheney mevcut Wi-Fi bağlantılı kalp pilini güvenlik endişeleri nedeniyle bağlantısız geleneksel bir pille değiştirmiştir. Burada korkulan uzaktan erişimle bir hacker'ın pili kullanarak suikast yapma olasılığıdır. Bu gibi endişelerin ortadan kalkması için daha güvenli ağ yapılarının oluşturulması ve farklı güvenlik parametrelerinin oluşturulması gerekmektedir.

Akıllı kontakt lens de Vücut İnterneti kapsamında geliştirilen bir diğer faydalı cihazdır. Göz sıvısı aracılığıyla hastaların glukoz seviyelerini kontrol ederek diyabet hastalarına fayda sağlamayı amaçlayan lenslerin gelecekte görüntü kaydedebilen, yüz tanıma sistemlerini kullanarak sosyal medyadan kişilerin bilgilerini çekebilene ve kullanan kişiye anlık olarak çevresel durum farkındalığı sunabilene versiyonları olması beklenmektedir<sup>[26]</sup>.

Akıllı lensler savunma sanayiinde de ilgiyle karşılanmaktadır. IOptiks adı verilen lensler göz bozukluğu olmayan kişiler için 3D sanal gerçeklik uygulaması sunmaktadır. DARPA'nın araştırmalarını yürüttüğü lenslerin askerlerin eğitiminde kullanılması planlanmaktadır. Innovega ile ortaklaşa yürütülen çalışmalar aynı zamanda askerlerin savaş alanında daha geniş bir görüş alanına sahip olmasını sağlamayı hedeflemektedir. Yapılan çalışmalar içinde askerlere uydu, drone ve kameralardan elde edilen görüntülerin kontakt lens ile iletilmesi ve görüntülerin hareket halindeyken yarı transparan olarak lens üzerinden izlenmesi gibi uygulamalar da bulunmaktadır<sup>[27]</sup>.

Yutulabilir dijital haplar 2017'de ilk FDA onayını aldığından beri gelişmeye devam eden bir diğer sistemdir. Mevcutta kullanılan akıllı dijital haplar kullanıcısına, yutulduktan sonra ilacın ne kadar sürede vücut dolaşımına karıştığının bilgisini bir mobil uygulama ile gösterebilmektedir. Onkoloji alanında da daha etkin kemoterapi uygulamaları için dijital ilaçlar tercih edilmeye başlanmıştır.

Beyin aktivitelerini takip eden giyilebilir nöro-cihazlar dijital egzersizlerle beyni güçlü tutmayı hedeflerken elektrik sinyalleri ile kronik baş ağrısı tedavisinde kullanılabilir. Ancak Vücut İnterneti açısından en çok pazar payı olan grup giyilebilir sağlık takip cihazlarıdır. Apple Watch, Samsung Galaxy Watch, Xiaomi Band serisi gibi akıllı bileklik ve saatlerle birlikte akıllı yüzük, kalp monitörü ve adım sayar gibi cihazlar da birçok insan tarafından kabul görmüş ve kullanılmaktadır<sup>[25]</sup>.

Biyomühendislik şirketi Biohax'ın 4.000'den fazla insana çip yerleştirdiği bilinmektedir. Three Square Market firmasının da en az 50 çalışanına RFID mikroçip taktığı açıklanmıştır. Bu uygulamada amaçlanan çalışan güvenliğidir. Firma çalışanların kaybolması durumunda bu çipler yardımıyla geçtiği yerlerin takibi ve konumunun belirlenmesini amaçlamaktadır. Çalışanlar bu çip ile aynı zamanda işyerlerine kimliksiz gidip gelebilmekte, yemek makinelerinden yemek alabilmekte ve bilgisayarlarına giriş yapabilmektedir<sup>[28]</sup>.

Akıllı nesnelerdeki üstel gelişim de her gün yeni olanaklar getirmektedir. Dağcılık yaparken ya da motosiklet kullanırken başa giyilen kaska yerleştirilen ICEDot Crash adlı sensör hareketi, kuvvet ve etkilerdeki değişimi saptayabilmektedir. Böylece düşme durumunda içindeki düşük enerjili Bluetooth vasıtasıyla bir uygulamayı tetikleyip alarm verebilir, GPS koordinatlarını paylaşabilir ve acil yardımla temas kurabilmektedir<sup>[29]</sup>.

Ses yükseldiğinde kulağı korumak için ses seviyesini ayarlayabilen işitme cihazları, kişiye özel uyku, sıcaklık ve hava kalitesini kontrol amacıyla akıllı ev uygulamalarına entegre olan giyilebilir cihazlar, hasta bilgilerinin kontrol altında tutulduğu akıllı hasta yatakları ve kullanıcısının



ağırlığını, su ihtiyacını, kan değerlerini ölçebilen cihazlar Vücut İnterneti'nin insanlara sunduğu teknolojik gelişmelerden öne çıkarılmaktadır<sup>[11]</sup>.

ABD'nin Indiana Purdue Üniversitesi Vücut İnterneti çalışmaları için Vücut İnterneti Merkezi'ni (Center for Internet of Bodies -C-IoB) kurmuştur. Merkezde Vücut İnterneti'yle ilgili araştırmalar kapsamında birçok akıllı cihaz, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları test edilmektedir<sup>[30]</sup>.

Vücut İnterneti sağlık sektöründe özellikle pandemi döneminde önem kazanmıştır. Kablosuz cihazlarla hasta verilerinin takibi sağlık çalışanlarının bulaşıcı hastalıklara yakalanma riskini azaltmıştır<sup>[31]</sup>.

Vücut İnterneti'nin kullanımına dair bir başka örnek, İngiltere'nin Manchester City kulübünün maçlar sırasında taraftarların fizyolojik ve duygusal tepkilerini ölçmek amacıyla başlattığı akıllı atkı uygulaması olmuştur. Teknoloji ortağı CISCO ile geliştirilen atkının boyun kısmına gelecek şekilde yerleştirilen EmotiBit biyosensörü sayesinde taraftarların kalp atış hızı, vücut ısısı ve duygusal durumu gibi anlık veriler elde edilebilecektir<sup>[31]</sup>.

Vücut İnterneti ile ilgili çalışmalar hız kazanmaktadır. Teknolojinin ve iletişimin önem kazandığı çağımızda bu teknolojilerin artarak hayatımızda yer edinmesi kaçınılmazdır.

## 6. VÜCUT İNTERNETİ GÜVENLİ MİDİR?

Vücudu insanın en değerli varlığı olduğu için Vücut İnterneti'nin güvenliği konusu da sıklıkla gündeme gelmektedir. Güvenlik bakımından Vücut İnterneti iki kapsamda değerlendirilmektedir. Bunlardan birincisi kişilerin sağlığı, ikincisi ise kişisel verilerin mahremiyeti bakımından dijital dünyaya bağlanabilirlik hususudur.

Vücut İnterneti'ne yönelik sağlık temelli endişeler özellikle COVID-19 pandemisi ile birlikte artmıştır. Zira salgında tedavi yöntemleri ve aşı çalışmalarının hız kazanması amacıyla aceleyle geliştirilen teknolojiler, araştırma çalışmaları ve deneyler birçok alanda regülasyonların esnemesine veya boşluklardan faydalanılarak tam uygulanmamasına neden olmuştur. Aşı çalışmalarının bütün fazları bitmeden, aşılardan erkenden piyasaya sürülmek zorunda kalmış, deneysel ilaçlar acil tedavi amacıyla yön değiştirerek olumlu yan etkileri üzerinden kullanıma sunulmuştur. İkinci ve üçüncü nesil Vücut İnterneti cihazlarının sağlık üzerinde gelecekte yaratabileceği olumsuz etkiler ise henüz bilinmemektedir. Bu nedenle Ar-Ge kapsamında ciddi çalışmaları devam eden implantlar ve vücuda entegre cihazlar tam kullanıma sunulmadan regülasyonlarla izlenmeli ve denetlenmelidir.

Vücut İnterneti'nin güvenliği kapsamında ikinci tartışma konusu olan kişisel verilerin mahremiyeti ise kişinin özel hayatı ve sağlık verilerinin üçüncü kişilerle paylaşılması riskinden kaynaklanmaktadır. Örneğin, 2018 yılında ABD ordusunda askerlerin kullandığı sağlık takip cihazlarından elde edilen hassas ve gizli verilerin ifşası regülasyon eksikliğinden kaynaklanmıştır. Askerlerin

Afganistan'da yaptığı koşular sırasında kaydedilen vücut sıcaklıklarının harita üzerine işlenerek açık bir şekilde paylaşılması, koşu güzergâhları ve asker sayıları hakkında bilgi sızmasına neden olmuştur.

Bazı bilim insanları yeterli regülasyonlar ve uluslararası kanunlar tam anlamıyla düzenlenmeden Vücut İnterneti cihazlarının kullanılmaması gerektiğini savunsa da bu teknoloji hayatımızda yer edinmeye başlamıştır. İlgili kurumların bu konuda hızla çalışmalar yaparak güvenliği artırması gerekmektedir<sup>[32]</sup>.

Bu çalışmalar arasında blok zinciri teknolojileri ciddi bir alternatif oluşturmaktadır. Sağlık verilerinin iletimi, saklanması ve takibinde blok zinciri gibi izi sürülebilir teknolojilerin varlığı güvenliği artırmaktadır<sup>[23]</sup>.

Vücut İnterneti güvenliğiyle ilgili farklı endişeler de bulunmaktadır. İnsanların sağlık durumlarının gözlenerek özellikle sigorta şirketlerince herkesin eşit değerlendirilmemesi olasılığı ve bazı bireylerin yetersiz sigorta kapsamına girmeleri sorun yaratmaktadır. Kişinin fiziksel özellikleriyle ilgili gizliliğinin ihlali de bir diğer risk alanıdır<sup>[11]</sup>.

Ayrıca Vücut İnterneti'nin bağlantı için kullandığı yöntemlerin de hızlı ve güvenli olması gerekmektedir. Verilerin aktarıldığı sırada hack'lenerek ele geçirilmesi bir risk oluşturmaktadır<sup>[33]</sup>.

Aslında Vücut İnterneti cihazları bulutta veri depolayan bütün cihazlar kadar riske sahiptir. Ancak Vücut İnterneti'nin verileri ile yol açılacak olumsuzlukların riski diğer birçok sektöre göre çok daha yüksektir. Söz konusu insan sağlığı olduğu için bu konuya daha hassas yaklaşmak gerekmektedir.

Vücut İnterneti verilerinin gizliliğinin yanı sıra, verilerin kötüye veya etik dışı kullanımı da endişe yaratmaktadır. Amazon'un çalışanlarını izleme şekli bunun örneklerinden biridir. Şirketin özellikle depo çalışanlarına verdiği kol hareket sensörleri ile hareketliliği izlediği ve iş yapmıyor görünen çalışanları uyardığı bilinmektedir. Amazon'un bu cihazlarla çalışanların mola aralığından banyo yapma sıklığına kadar birçok hassas veriyi izleyerek gizliliği ihlal ettiği düşünülmektedir.

## 7. VÜCUT İNTERNETİ PAZARI

Küresel ölçekte nesnelerin interneti pazarının 2028 yılına kadar 446,52 milyar dolara yükselmesi beklenmektedir. Birçok sektör nesnelerin internetini benimse-dikçe oluşan Vücut İnterneti gibi alt kırılmalar bu pazarı desteklemektedir<sup>[34]</sup>.

Önemli iletişim ve teknoloji firmalarından biri olan CISCO'ya göre ise önümüzdeki 10 yıl içinde küresel ölçekte birbirine bağlı cihazların ve bu cihazları üreten firmaların değeri 14,4 trilyon dolara ulaşacaktır. CISCO bu süreçte dünya üzerinde bulunan fiziksel objelerin yüzde 99,4'ünün nesnelerin interneti aracılığıyla birbirine bağlanacağını öngörmüştür. CISCO'ya göre gelecek 10 yıl içinde İnsandan İnsana (People to People -P2P), Makineden İnsana (Machine to People -M2P) ve Makineden Makineye (Machine to Machine -M2M) iletişim benzeri görülmemiş şekilde güçlenecek ve gelişecektir<sup>[4]</sup>.

2026 yılına kadar dijital sağlık ürünleri pazarının da 220 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. ABD’de vatandaşların yüzde 21’i giyilebilir akıllı saatleri ve fitness bilekliklerini kullanmaktadır. Gelişen teknolojiler ışığında bu cihazların kullanım oranının daha da artacağı düşünülmektedir<sup>[12]</sup>.

Akıllı saatler ve fitness bileklikleri pazarı 2018 yılında 13 milyar dolar iken 2021 yılında yüzde 32’lik büyüme ile 18 milyar dolara ulaşmıştır. Bu cihazların yanında akıllı diş fırçaları ve saç fırçaları da insan hareketlerini takip edebilmektedir. Bu ürünlerin pazarda artması Vücut İnterneti ürünlerinin pazar değerlerinin yükselmesinde etkili olacaktır<sup>[35]</sup>.

Vücut İnterneti cihazlarından biri olan yapay pankreas da pazarda hızla yer edinmektedir. Vücuda eklenen cihazlar ortalama 7.000-8.000 dolar seviyesinden satın alınabilirken aylık olarak alınması gereken insülin kapsülleri de ortalama 39 dolardan satılmaktadır. Ancak fiyatı 4.000 dolara kadar inebilen yeni nesil yapay pankreas seçenekleri de ortaya çıkmaya başlamıştır<sup>[36]</sup>.

## 8. VÜCUT İNTERNETİ’NİN GELECEĞİ VE SONUÇ

Vücut İnterneti teknolojileri günümüzde hızla yaygınlaşmaktadır. 5G, uydu iletişim ve Wi-Fi gibi gelişmiş iletişim teknolojileri Vücut İnterneti’nin geleceğinde kritik bir öneme sahiptir<sup>[12]</sup>.

İnsanlar sağlıkları konusunda daha bilinçli hâle geldikçe, Vücut İnterneti teknolojisi bireyin sağlığında hayati bir rol oynamaktadır. Bu cihazların geliştirilmesi ve ilerlemesi için mümkün olan her adımı atmak gerçekten önemlidir. Vücut İnterneti geliştiricileri, çok sayıda araştırma yapmak ve bunun gerçek faydaları hakkında bilgi yaymak zorundadır<sup>[37]</sup>.

Teknoloji ekosisteminde önemli bir yeri olan Vücut İnterneti sistemleri siber güvenlik, salgın hastalıklarla mücadele, savunma uygulamaları ve sivil kullanım alanları genişledikçe daha da başarılı bir konuma gelecektir.

Bazı topluluklar Vücut İnterneti’nin şirketlere ve devletlere aşırı kontrol gücü vermesinden endişe duymaktadır. Ancak Vücut İnterneti’nin en büyük riski olan siber güvenlik ve kişilerin bilgilerinin gizliliği korunduğu sürece gelecekte herkesin hayatında yer edinecek vazgeçilmez bir teknoloji olması kaçınılmazdır<sup>[13]</sup>.

Akıllı şehirler, akıllı evler ve arabalar, akıllı telefonlar, saatler, gözlükler hemen hemen herkes tarafından benimsenmişken Vücut İnterneti ile birlikte hayatımıza girmeye başlayan implantlar, suni organlar, dijital kontakt lensler, akıllı haplar ve vücuda entegre çalışabilen daha birçok cihaz insanlığın geleceğini kökten değiştirme potansiyelindedir. Bu cihazlarla hastalıklar risk yaratmadan önlenilmekte, insanlar kaybolda dahi bulunabilmekte, hayat çok daha yaşanılır ve kolay hâle gelebilmektedir. Ancak her teknolojiye olduğu gibi Vücut İnterneti de birbiriyle bağlı cihazlardan oluştuğundan ve özellikle insanlara ait özel ve gizli verileri kaydederek depoladığından çok daha hassasiyetle araştırılması gereken bir alandır.

Vücut İnterneti uygulamaları ve sistemleriyle ilgili regülasyonlar ve uluslararası kanunlar hızla oluşturulmalı ve her yeni gelen teknolojik gelişime göre hızla güncellenmelidir. İster sivil ister askeri ister sağlık alanında olsun, bireyleri ilgilendiren bu teknoloji kullanım amaçları iyice düşünülerek temin edilmeli ve amacı dışında kullanımına imkân verilmemelidir.

Ardımızda bıraktığımız son 20 yıl düşünüldüğünde cep telefonları ve internetin gelişimi inanılmaz büyük bir hızla ilerlemektedir. Bu hızdan etkilenerek gelişen her yeni teknoloji insanların hayatını kolaylaştıracak, sağlığını güvence altına alacak ve güvenliğini ihlal etmeyecek özellikte olmalıdır.

İnternetin bütün dünyayı birbirine bağlamasından yola çıkarak bütün insanlığın iyiliği için ulusların bir araya gelmesi ve ortak bir paydada gerekli düzenlemeleri yaparak Vücut İnterneti alanında araştırmalarına devam etmesi daha parlak bir gelecek için çok önemlidir.

## KAYNAKÇA

- [1] *Intelligize Digital*, “Importance of Information and Communications Technology (ICT) In Our Daily Life”, <https://intelligizedigital.com/importance-of-information-and-communications-technology-ict-in-our-daily-life/>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [2] S. Gillis, Alexander; (2022), “What is the internet of things (IoT)?”, *TechTarget*, (Mart 2022), <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [3] Mohanakrishnan, Ramya; (2022), “Top 10 Applications of IoT in 2022”, *Spiceworks*, (17 Mayıs 2022), <https://www.spiceworks.com/tech/iot/articles/top-applications-internet-of-things/>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [4] CISCO, (2013), “The Internet of Everything - Cisco IoE Value Index Study”, [https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/business-insights/docs/ioe-value-index-faq.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/business-insights/docs/ioe-value-index-faq.pdf). (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [5] *IoBT Reign*, <https://iobt.illinois.edu>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [6] Feng, Yuan; (2020), “Robustness of Internet of Battlefield Things (IoBT): A Directed Network Perspective”, *Research Gate*, (Ekim 2020), [https://www.researchgate.net/publication/346255456\\_Robustness\\_of\\_Internet\\_of\\_Battlefield\\_Things\\_IoBT\\_A\\_Directed\\_Network\\_Perspective](https://www.researchgate.net/publication/346255456_Robustness_of_Internet_of_Battlefield_Things_IoBT_A_Directed_Network_Perspective). (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [7] *Technologies In Industry 4.0*, (2021), “What is the Internet of battlefield things (IoBT)?”, *Medium*, (13 Ekim 2021), <https://medium.com/nerd-for-tech/what-is-the-internet-of-battlefield-things-iobt-97cb7e6e8bd9>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [8] *InformationAge*, (2021), “IoT predictions for 2022: the what, why and how of the year ahead”, (27 Aralık 2021), [https://www.information-age.com/iot-predictions-for-2022-what-why-how-of-year-ahead-123498180/?utm\\_content=bufferc9347&utm\\_medium=social&utm\\_source=twitter.com&utm\\_campaign=buffer](https://www.information-age.com/iot-predictions-for-2022-what-why-how-of-year-ahead-123498180/?utm_content=bufferc9347&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer). (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [9] *Software Testing Help*, (2022), “10 Powerful Internet Of Things (IoT) Examples Of 2022 (Real-World Apps)”, (7 Ağustos 2022),

- <https://www.softwaretestinghelp.com/best-iot-examples/>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [10] *STM ThinkTech*, (2019), “Medikal Nesnelerin İnterneti Hayatımızı Kurtarabilir mi?”, (23 Ekim 2019), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/medikal-nesnelerin-interneti-hayatimizi-kurtarabilir-mi>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [11] *Convercon*, “From Internet of Things to Internet of Bodies and Internet of Behavior.”, <https://convercon.com/from-internet-of-things-to-internet-of-bodies-and-internet-of-behavior/>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [12] Klubnikin, Andrei; (2021), “What is the Internet of Bodies (IoB), and why should you care?”, *itrex*, (6 Aralık 2021), <https://itrexgroup.com/blog/internet-of-bodies-iob-definition-benefits-examples/>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [13] Nambiar, Kavya; (2021), “Internet of Bodies- Everything You Need to Know”, *analyticSteps*, (25 Eylül 2021), <https://www.analyticssteps.com/blogs/internet-bodies-everything-you-need-know>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [14] M. Matwyszyn, Andrea; (2018), “The ‘Internet of Bodies’ Is Here. Are Courts and Regulators Ready?”, *Wall Street Journal*, (31 Temmuz 2018), <https://www.aals.org/wp-content/uploads/2019/08/TechWebinar10Handout.pdf>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [15] *STM ThinkTech*, (2019), “Grafen Teknolojisi ve Savunma Sanaayiinde Kullanımı”, (9 Eylül 2019), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/grafen-teknolojisi-ve-savunma-sanayiinde-kullanimi>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [16] Johnson, Dexter; (2019), “Europe Has Invested €1 Billion Into Graphene—But For What?”, *IEEE Spectrum*, (3 Haziran 2019), <https://spectrum.ieee.org/nanoclast/semiconductors/nanotechnology/europe-has-invested-1-billion-into-graphene-but-for-what>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [17] Graphene Flagship, “What is graphene?”, <https://graphene-flagship.eu/graphene/understand/>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [18] Johnson, Dexter; (2011), “Adhesion Capability of Graphene Opens New Application Possibilities”, *IEEE Spectrum*, (26 Ağustos 2011), <https://spectrum.ieee.org/nanoclast/semiconductors/nanotechnology/adhesion-capability-of-graphene-opens-new-application-possibilities>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [19] *STM ThinkTech*, (2021), “İnsan Vücudu Artık Batarya”, (20 Eylül 2021), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/insan-vucudu-artik-batarya>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [20] Huang, Haizhou; (2019), “Graphene-Based Sensors for Human Health Monitoring”, *frontiers*, (11 Haziran 2019), <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fchem.2019.00399/full>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [21] *Graphenea*, “Graphene on the human body”, <https://www.graphenea.com/blogs/graphene-news/13218897-graphene-on-the-human-body>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [22] Messina, Riccardo; Ben-Abdallah, Philippe; (2013), “Graphene-based photovoltaic cells for near-field thermal energy conversion”, *Nature*, (11 Mart 2013), <https://www.nature.com/articles/srep01383>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [23] Matthews, Dan; (2022), “The Intersection of the Internet of Bodies and Blockchain in Healthcare”, *HealthIT Answers*, (15 Şubat 2022), <https://www.healthitanswers.net/the-intersection-of-the-internet-of-bodies-and-blockchain-in-healthcare/>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [24] Pauwels, Eleonore; W. Denton, Sarah; “Searching for Privacy in the Internet of Bodies”, *Wilson Quarterly*, <https://www.wilsonquarterly.com/quarterly/living-with-artificial-intelligence/searching-for-privacy-in-the-internet-of-bodies>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [25] *Rand Corporation*, “Internet of Bodies: Our Connected Future”, <https://www.rand.org/about/nextgen/art-plus-data/giorgia-lupi/internet-of-bodies-our-connected-future.html>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [26] Marr, Bernard; (2019), “What Is The Internet Of Bodies? And How Is It Changing Our World?”, *Forbes*, (6 Aralık 2019), <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/12/06/what-is-the-internet-of-bodies-and-how-is-it-changing-our-world/?sh=448ec7c068b7>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [27] Lee, Eloise; (2012), “Virtual Reality Lenses Will Change How Troops Fight On The Battlefield”, *Business Insider*, (8 Mart 2012), <https://www.businessinsider.com/virtual-reality-contact-lenses-will-give-troops-a-tactical-edge-on-the-battlefield-2012-3>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [28] Marr, Bernard; “What Is The Internet Of Bodies? And How Is It Changing Our World?”, *bernardmarr.com*, <https://bernardmarr.com/what-is-the-internet-of-bodies-and-how-is-it-changing-our-world/#:~:text=The%20most%20recognised%20example%20of,heart%20rhythms%20with%20electrical%20impulses>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [29] *STM ThinkTech*, (2017), “Akıllı Nesnelere Çağı ve Nesnelere Muharebesi”, (11 Aralık 2017), <https://thinktech.stm.com.tr/tr/akilli-nesnelere-cagi-ve-nesnelere-muharebesi>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [30] Purdue University, “Center for Internet of Bodies”, <https://engineering.purdue.edu/C-IoB>
- [31] *Sputnik Türkiye*, (2022), “Manchester City, taraftarların anlık tepkilerini ölçmek için akıllı atkı çıkardı”, (29 Temmuz 2022), <https://tr.sputniknews.com/20220729/manchester-city-taraftarlarin-anlik-tepkilerini-olcmek-icin-akilli-atki-cikardi-1059281155.html>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [32] Yıldız, Mehmet; (2021), “The Internet of Bodies (IoB) — Who Wants Their Body on the Internet”, *Medium*, (28 Kasım 2021), <https://medium.com/technology-hits/the-internet-of-bodies-iob-who-wants-their-body-on-the-internet-531dca7eee0a>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [33] Çelik, Abdülkadir; Eltawil, Ahmed; Eltawil, Ahmed M.; (2022), “The Internet of Bodies: The Human Body as an Efficient and Secure Wireless Channel”, *Research Gate*, (Nisan 2022), [https://www.researchgate.net/publication/359691796\\_The\\_Internet\\_of\\_Bodies\\_The\\_Human\\_Body\\_as\\_an\\_Efficient\\_and\\_Secure\\_Wireless\\_Channel](https://www.researchgate.net/publication/359691796_The_Internet_of_Bodies_The_Human_Body_as_an_Efficient_and_Secure_Wireless_Channel). (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [34] Tsymal, Oleksii; (2022), “Meeting the Future: Internet of Bodies”, *IoT for all*, (17 Şubat 2022), <https://www.iotforall.com/meeting-the-future-internet-of-bodies>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [35] Liu, Xiao; (2020), “Tracking how our bodies work could change our lives”, *World Economic Forum*, (4 Haziran 2020), <https://www.weforum.org/agenda/2020/06/internet-of-bodies-covid19-recovery-governance-health-data/>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [36] *healthline*, “‘Artificial Pancreas’ aka Automated Insulin Delivery: What You Should Know”, <https://www.healthline.com/diabetes/artificial-pancreas-what-you-should-know#cost>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)
- [37] D, Navkiran; (2021), “Internet of Bodies: Definition, Examples, and Future”, *DynaGrace*, (10 Haziran 2021), <https://dynagraces.com/internet-of-bodies/>. (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2022)



**thinktech**  
STM Teknolojik Düşünce Merkezi  
<http://thinktech.stm.com.tr>

