

# SAĞLIK EKOSİSTEMİNDE BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN ROLÜ VE ÖNEMİ

Ceren TÜRKDOĞAN GÖRGÜN\*  
Arzu KURŞUN\*\*

## ÖZ

Blokzinciri teknolojisi, aracı bir kuruluş olmadan iki veya daha fazla taraf arasındaki işlemlerin güvenli, şeffaf, değiştirilemez bir şekilde doğrulanması, gerçekleştirilmesi ve depolanmasını sağlayan dağıtık bir defter teknolojisidir. Akıllı sözleşmelerin (smart contracts) gelişimi ile taraflar arasındaki yasal sözleşmelerin aracısız bir şekilde otomatik olarak doğrulanması ve işlerlik kazanması sağlanmış, blokzinciri teknolojisinin gıda, enerji, emlak, inşaat, otomotiv gibi pek çok sektörde kullanılabilir hale gelmesine yol açmıştır. Sağlık hizmetleri alanında ise blokzinciri teknolojisi sağlık ekosistemini temelden dönüştürme potansiyeli ile önem arz etmektedir. Bu çalışmada, blokzinciri teknolojisinin anlamı, yapısı, işleyişi, çeşitleri, kullanım alanları, akıllı kontratlar ve sağlık hizmetleri alanında blokzinciri teknolojisinin kullanım alanları güncel uygulama örnekleri eşliğinde paylaşılmıştır. Blokzinciri teknolojisinin sağlık hizmetleri alanında kullanımından yola çıkarak oluşan kişisel sağlık verilerinin hastaların izni ile doktorlar, klinik araştırmalar ve hassas tıp çalışmaları ile güvenli paylaşımı, aracısız işlemler sonucu idari süreçlerin optimizasyonu ve maliyetlerde azalma, tedarik zinciri yönetiminde bilgi güvenliğinin artışı ve ürünlerin izlenebilirliği sonucu ürün sahteciliğinin önlenmesi gibi pek çok avantajı da ele alınmıştır. Yapısal bir derleme şeklinde kurgulanan bu çalışma, araştırma verileri için ulusal ve uluslararası literatürde "blokzinciri teknolojisi", "akıllı kontratlar" ve "sağlık hizmetlerinde blokzinciri teknolojisi" ile ilgili çalışmalar taranarak meydana getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Blokzinciri teknolojisi, akıllı kontratlar, sağlık hizmetlerinde veri güvenliği, dağıtılmış defter teknolojisi, şeffaflık.

## MAKALE HAKKINDA

\* Öğr. Gör., Giresun Üniversitesi, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, cturkdogan@yahoo.fr

 <https://orcid.org/0000-0002-8832-1356>

\*\* Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, a.kurshun@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9560-7689>

Gönderim Tarihi: 02.04.2021

Kabul Tarihi: 06.07.2021

## Atıfta Bulunmak İçin:

Türkdoğan Görgün, C., & Kurşun, A. (2021). Sağlık ekosisteminde blokzinciri teknolojisinin rolü ve önemi. Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 24(4): 903-920

## THE ROLE AND IMPORTANCE OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE HEALTH ECOSYSTEM

Ceren TÜRKDOĞAN GÖRGÜN<sup>†</sup>  
Arzu KURŞUN<sup>\*\*</sup>


### ABSTRACT

Blockchain technology is a distributed ledger technology that enables transactions between two or more parties to be verified, executed and stored in a secure, transparent, immutable manner without an intermediary organization. With the development of smart contracts, legal contracts between the parties have been automatically verified and operated without intermediaries, leading to the use of blockchain technology in many sectors such as food, energy, real estate, construction, and automotive. In the field of healthcare, blockchain technology draws attention with its potential to fundamentally transform the health ecosystem. In this study, the meaning, structure, functioning, types, usage areas of blockchain technology, smart contracts and usage areas of blockchain technology in the field of health services are shared with current application examples. Many advantages such as the secured sharing of personal health data with doctors, clinical researches and precision medicine with the patient permission, optimization of administrative processes and cost reduction as a result of intermediary transactions, and prevention of product counterfeiting as a result of increasing information security and traceability of products in supply chain management, based on the use of blockchain technology in the field of health services were also discussed. This article, which was designed as a structural review, was created by scanning studies on "blockchain technology", "smart contracts" and "blockchain technology in health services" in the national and international literature.

**Keywords:** Blockchain technology, smart contracts, data security in healthcare, distributed ledger technology, transparency.

### ARTICLE INFO

\* Lecturer., Giresun University, cturkdogan@yahoo.fr

 <https://orcid.org/0000-0002-8832-1356>

\*\* Assist. Prof., Giresun University, a.kurshun@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9560-7689>

Received: 02.04.2021

Accepted: 06.07.2021

### Cite This Paper:

Türkdoğan Görgün, C., & Kurşun, A. (2021). Sağlık ekosisteminde blokzinciri teknolojisinin rolü ve önemi. Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, 24(4): 903-920

## I. GİRİŞ

Dijitalleşme günümüz toplumunun ve iş dünyasının her alanında artan bir hızla ilerlemektedir. Dünya çapındaki CEO'lar operasyonlarını yeniden yapılandırmaya çalışırken, yaklaşık %61'i temel iş operasyonlarının ve süreçlerinin dijital dönüşümünü en önemli üç önceliği arasına yerleştirmektedir (PwC, 2020b). COVID-19 etkisiyle işlerin evlerden yürütüldüğü günümüz dünyasında kuruluşlar iş süreçlerinde değişimlere gitmiş, dijitalleşmenin önemini daha iyi kavradıkları bir döneme girmişlerdir. Yükselen dijitalleşme eğiliminde güven ve şeffaflık oluşturmak, bu dönemde öncelikleri olmuştur. COVID-19'un başlangıcından önce yapılan bir araştırma sonucuna göre, CEO'ların yarısından fazlası işletmeye olan güvenin azalmasının kurumları için bir tehdit olduğuna inandıklarını belirtmiştir (PwC, 2020a). Dijitalleşmenin güvenli ve şeffaf bir şekilde yapılmasının bu kadar önem kazandığı günümüzde, her gün artan sayıda kuruluş için blokzinciri teknolojisi günümüzün en umut verici teknolojilerinden biri olarak varolan iş modellerini değiştirme potansiyeli ile dikkatleri üzerine çekmektedir. Blokzinciri, işlem kayıtlarını güvenli ve değiştirilemez bir şekilde kaydetmek ve depolamak için oluşturulmuş, merkezi bir üçüncü taraf kuruluşa bağlı olmayan dağıtık bir veri tutma sistemi olarak tanımlanmaktadır (Krawiec vd., 2016). İlk olarak Bitcoin ile finans dünyasında adını duyurmasına rağmen (Nakamoto, 2008), blokzinciri teknolojisi bugün bankacılık sektörünün de ötesine geçerek eğitim, emlak, inşaat, perakende, tarım, madencilik, iletişim, eğlence ve sağlık gibi pek çok alanda adından söz ettirmektedir (CB Insights, 2021). Blokzinciri teknolojisi pazarının önümüzdeki yıllarda muazzam bir büyüme yaşayacağı ve 2025 yılına kadar 39 milyar doların üzerine çıkması tahmin edilmektedir (Liu, 2020). Yakın zamanda yapılan bir araştırmaya göre, 2020 yılının ilk yarısında, 2019'un tamamından daha fazla, 2018'in ise üç katından daha fazla blokzinciri teknolojisi ile ilgili patent başvurusunun yayınlandığı belirtilmiştir. Alibaba firması bu alanda en yakın takipçisi IBM'den 10 kat daha fazla patent yayınlarken birinci sıraya yükselmiştir (KISSPatent, 2020).

Blokzinciri teknolojisi, sağlık hizmetlerinde hastayı sağlık hizmetleri ekosisteminin merkezine yerleştirerek ve sağlık verilerinin güvenliğini, şeffaflığını, birlikte çalışılabilirliğini sağlayarak sağlık hizmetlerini dönüştürme potansiyeline sahip bir teknolojidir. Özellikle büyük veri (big data) analitiği, IoMT (internet of medical things) ve 5G gibi diğer teknolojilerle birlikte geleneksel sağlık hizmetleri yaklaşımını geliştireceği düşünülmektedir (Alkhalidi, 2020). IBM'in yaptığı bir araştırmaya göre, sağlık yöneticilerinin %70'i blokzinciri teknolojisinin sağlık alanındaki en büyük etkisinin, klinik araştırma yönetiminin iyileştirilmesi, mevzuata uygunluk ve elektronik sağlık kayıtlarının merkezi olmayan bir çerçevede paylaşımının sağlanması olacağını belirtmişlerdir (IBM, 2016). Sağlık sektöründe blokzinciri teknolojisinin benimsenmesi ile birlikte, veri ihlali ile ilgili maliyetler, bilgi teknolojileri maliyetleri, operasyon ve personel maliyetleri, sahte ürün dolandırıcılığı ve sigorta dolandırıcılığındaki azalma yoluyla maliyetler azaltılarak 2025 yılına kadar yılda 100-150 milyar dolara kadar tasarruf edilebileceği belirlenmiştir (BIS Research, 2018).

Bu çalışmanın amacı, dünyada hızlı bir büyüme gösteren blokzinciri teknolojisi ve sağlık hizmetlerinde kullanım alanları hakkında genel bir literatür taraması yapmak, ulusal literatürde kısıtlı sayıda olduğu gözlenen blokzinciri teknolojisi ve özellikle sağlık hizmetlerinde blokzinciri teknolojisi ile ilgili alanyazına katkıda bulunmaktır. Çalışmada blokzinciri teknolojisinin ne demek olduğu, yapısı, özellikleri, çeşitleri ve kullanım alanları hakkında bilgi verilmiş, Akıllı Kontratlar (Smart Contracts) incelenmiş ve sağlık hizmetleri alanında blokzinciri teknolojisinin kullanım alanları güncel uygulama örnekleriyle desteklenerek anlatılmıştır.

## II. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ

Blokzinciri kavramı, ilk olarak Satoshi Nakamoto tarafından 31 Ekim 2008 yılında yazdığı bir beyaz kağıt (white paper) ile ortaya çıkmıştır. Nakamoto, blokzincir teknolojisini dünyanın ilk ve en büyük blokzinciri olan Bitcoin'in altında yatan temel teknoloji olarak tanımlamıştır (Nakamoto, 2008). Blokzinciri teknolojisi, Bitcoin ve diğer sanal paralar için çevrimiçi ödemelerin bir finans kuruluşu aracılığı olmadan, göndericiden alıcıya doğrudan gönderilebildiği merkezi olmayan bir sisteme dayanmaktadır. Eşler arası (Peer-to-peer) bir ağdaki farklı eşler tarafından yönetilen dağıtık bir defter teknolojisidir (Rabah, 2017). Diğer bir ifade ile, blokzinciri, birbirine bağlı işlem bloklarında

oluşturulan ve dağıtık bir dijital defterde depolanan eşler arası işlemlerin paylaşılan, değişmez bir kayıt olarak adlandırılmaktadır (Krawiec vd., 2016). Veriler çeşitli düğümlere geniş ölçüde yayılmakta ve verilerin kalitesi çoğaltma ve şifreleme yoluyla korunmaktadır (Engelhardt, 2017). Bu sistemde merkezi üçüncü taraf bir otoritenin yerini alan ve işlemleri merkezi olmayan bir şekilde doğrulayan tarafa madenciler (miner) denir ve bu işlemleri (mining) karşılığında sanal para kazanmaktadırlar. Dağıtık defter, ağdaki tüm madenciler tarafından hesaplanan kriptografik süreçlerle oluşturulan merkezi olmayan bir düğüm ağında saklanmaktadır (Zhao vd., 2017). Blokzincirindeki bir işlemde her katılımcı defterin doğruluğuna ve bütünlüğüne güvenebildiği sürece, taraflar arasında güven için ek bir gereklilik bulunmamaktadır (Zheng vd., 2018).

Blokzinciri teknolojisinin özelliklerini daha iyi anlayabilmek için öncelikle çalışma prensibini kavramak gereklidir. Bunun için Bitcoin ağının işleyişini kavramak faydalı olacaktır. Bir satıcı veya ödeme yapan alıcıya Bitcoin gibi bir dijital para aktarımı yapmak istediğinde, bloğa yerleştirilen ve aktif olarak bağlı olan her eşe yayınlanan bir talep oluşturulmaktadır. Bu eşlere madenciler denilmektedir. Madenciler kendi işlem güçleriyle şifrelenmiş algoritmayı çözmeye çalışarak yapılan işlemlerin geçerliliğini sağlamaktadır ve bu şifrelenmiş algoritmaların çözümü çok karmaşık olmakla birlikte kolayca doğrulanabilmektedir. Böylece madenciler tarafından bir işlem doğrulandıktan sonra, çözüm ve doğrulamaya katılan her madenciye ödül aktarımı gerçekleşmektedir (Angraal vd., 2017).

Blokzinciri terimi, her bloğun geçmiş, bugün ve gelecek hakkında bir grup bilgi depoladığı bir blok zinciri ifade etmektedir (Khatoun vd., 2019). Sistemdeki her bloğun üst bilgisinde önceki bloğun özet bilgisi yer almaktadır. Bu durumda zincirdeki her blok kendinden sonraki blokları değiştireceği için kaldırılmaz veya değiştirilemez. Bu nedenle, blokzinciri ağı, tüm geçmiş işlemler hakkında bilgi içeren ve işlemlerin gerçekleştirilmesi ve doğrulanmasının yanı sıra işleyiş yönünü tanımlayan, önceden seçilmiş bir protokol üzerinde çalışan merkezi olmayan bir bilgi sistemidir (Yang vd., 2019).

## **2.1. Blokzinciri Teknolojisinin Temel Özellikleri**

### **2.1.1. Merkezi Olmayan (Dağıtık)**

Geleneksel sistemlerde olduğu gibi merkezi bir kuruluş (Merkez bankası vb.) aracılığıyla doğrulanma ihtiyacı duymadan, herhangi iki eş arasında işlemlerin gerçekleştirilebilmesi, kaydedilebilmesi, depolanabilmesi ve güncellenebilmesidir. Böylece merkezi sunuculara ayrılan maliyetler (geliştirme ve işletim maliyetleri dahil) ve performans dar boğazları azaltılabilmektedir. Sonuç olarak, bu durum blokzincirini daha esnek, verimli ve demokratik bir teknoloji haline getirmektedir (Zheng vd., 2018; Niranjanamurthy vd., 2018).

### **2.1.2. Şeffaflık**

Şeffaflık, blokzinciri teknolojisinin en dikkat çekici özelliklerinden biridir. Düğümlerdeki tüm verilerin uygulama alanına göre şeffaf ve denetlenebilir olmasını sağlayarak güvenilirliği arttırmaktadır (Kritikos, 2018). Blokzincirindeki bu şeffaflık düzeyi, örneğin sağlık kuruluşlarına, bir ilacı yapmak için kullanılan bileşenler, üretildiği koşullar, toptancılar, distribütörler, satıcılar ve müşteriler arasındaki iş akışı hakkında tam bilgi sahibi olma yetkisi verebilmekte ve aynı zamanda, şifreleme ve kontrol mekanizmaları ile şeffaflık sağlamaktadır (Yaqoob vd., 2021).

### **2.1.3. Değişmezlik**

Değişmezlik, bir blokzinciri defterinin değişmeden kalma yeteneğini ifade etmektedir. Tüm işlemler bloklara kaydedilmekte ve her blok, kendinden önceki bloğun özet bilgisi ile yeni girilen bilgileri içermekte ve ardından, yine özet bilgiler zincirdeki bir sonraki bloğa aktarılmaktadır. Ayrıca yayınlanan her blok diğer düğümlere yayılır, onlar tarafından doğrulanır ve işlemler kontrol edilir. Bu özellik, denetim sürecini yeniden şekillendiren hızlı, verimli ve uygun maliyetli bir prosedüre dönüştürme potansiyeline sahiptir (Zheng vd., 2018; Landerreche & Stevens, 2018).

## 2.2. Blokzinciri Çeşitleri

Blokzinciri, kendi özelliklerine sahip olan ve doğrudan ağ davranışını yansıtan gruplara ayrılmaktadır. Bunlar; genel, özel ve konsorsiyum blokzincirdir.

### 2.2.1. Genel (Public) Blokzinciri:

İşlemler tüm düğümler (madenciler) için şeffaftır. Yayınlandığında, herhangi bir ağ düğümü, işlemi doğrulamak için blokzinciri ortak karar mekanizmalarına katılabilmektedir (Zheng vd., 2018). Kısıtlamaların ve erişim koşullarının olmaması, bu blokzincirlerinin otoriteye bağlı olmadan, merkezi olmayan bir şekilde çalışmasına olanak verir. Ağdaki tüm düğümler, blok zincirindeki herhangi bir değişiklik hakkında eşzamanlı olarak bilgilendirilmektedir. Bu nedenle bu blokzincire halka açık blokzinciri denilmektedir (Capece & Lorenzi, 2020). Bu tür ağlara örnek olarak Bitcoin ve Ethereum dijital para birimleri gösterilebilmektedir (Zheng vd., 2018) Ayrıca, genel blokzincirleri, gerektiği zaman danışılması gereken ancak zaman içinde değişmeden kalması gereken bilgiler için küresel veri tabanları olarak da kullanılmaktadır. Örneğin, sözleşmelerin veya vasiyetnamelerin saklanması için veri tabanı olarak kullanıldığı bilinmektedir (Capece & Lorenzi, 2020).

### 2.2.2. Özel (Private) Blokzinciri:

Özel blokzinciri, ağa düğümlerin katılımı için izin gerektiren ve işlemlerinin bir kişi veya organizasyon tarafından kontrol edildiği blokzincir türüdür (Zheng vd., 2018). MultiChain, bu türün örneklerindedir (Greenspan, 2015). Son yıllarda, genel blok zincirlerinden ziyade özel blokzincirlerinin kullanımının daha çok tercih edilmesinin sebepleri şu şekilde sunulmuştur (Gabison, 2016):

- Blokzincirini yöneten şirket arzu ederse operasyonel kuralları değiştirebilir,
- Madenciler bilindiği için %51'lik saldırı riski önlenir (%51'lik saldırı: Ağın bilgi işlem gücünün %50'sinden fazlasını kontrol eden madenci grubun, blokzincirini kontrol edebilmesi durumudur. Örneğin, çift harcama saldırıları gerçekleşebilir.),
- İşlemler daha ucuzdur,
- Düğümler arasındaki bağlantılar daha iyidir,
- Erişim izinleri sınırlıdır, bu da ağı daha güvenli hale getirir.

### 2.2.3. Konsorsiyum (Consortium) / İzinli (Permissioned) Blokzinciri

Konsorsiyum, işleyişi tamamen farklı bir mantığa dayanmaktadır. Ağa kimin erişebileceğini ve bir kullanıcının ağ içinde sahip olabileceği rolü belirleyen 'kısmen merkezi' bir yapıya sahiptir. Herhangi bir madencinin işlem sürecini kontrol etmeye katılmasına izin vermek yerine, yalnızca güvenilir kabul edilen birkaç madencinin bu işi gerçekleştirmesine izin verilmektedir (Terzi vd., 2018). Hyperledger ve R3CEV konsorsiyum blokzincirlerine örnek olarak verilebilmektedir (Niranjanamurthy vd., 2019).

Kimi zaman herkese açık olan ve güvenli bir şeffaflık sunan genel blokzincire ihtiyaç duyulabildiği gibi; bazen de hizmetin türüne veya onun nerede kullanıldığına bağlı olarak, daha fazla kontrol ve gizlilik ihtiyacı ile özel veya konsorsiyum blokzincirine ihtiyaç duyulabilmektedir (Niranjanamurthy vd., 2019).

## 2.3. Akıllı Sözleşmeler (Smart Contracts)

Akıllı sözleşmeler ilk olarak 1994 yılında Nick Szabo tarafından ortaya atılmış bir Blokzinciri 2.0 uygulamasıdır (Szabo, 1997). Para transferi ve ödemeler gibi işlemleri içeren dijital para evresinin (Blokzinciri 1.0) bir adım daha ötesine geçilmiş; böylece çeşitli ekonomik ve finansal uygulamaları içeren, bir işlemin izlenmesi gereken kuralları otomatik ve elektronik bir şekilde belirleyen bir protokol oluşturulmuştur (Chatterjee vd., 2018). Diğer bir ifade ile, blokzinciri teknolojisi kullanılarak uygulanan akıllı sözleşmeler, iki veya daha fazla taraf arasındaki yasal anlaşmaların otomatik olarak

doğrulanmasına ve uygulanmasına izin veren ve bunları geri alınamaz hale getiren protokollerdir. Akıllı sözleşmelere olan ilgi, 2015 yılında halka açık olarak piyasaya sürülen akıllı sözleşmeleri entegre eden ilk blokzinciri tabanlı çözüm sunan Ethereum'un yaratılmasından bu yana giderek artmaktadır (Peterson vd., 2016). Blokzinciri teknolojisi ile oluşturulan Ethereum (Buterin, 2013) Solidity adlı programlama dilinin tanıtımıyla akıllı sözleşmeler yazmak için bir mekanizma sağlamaktadır. Ardından akıllı sözleşmelerin yürütülmesi için Ethereum Virtual Machine (EVM) adlı merkezi olmayan bir sanal makineye yüklenmekte ve çalıştırılmaktadır (Wood, 2014). Ancak günümüzde Ethereum'un dışında Hyperledger Fabric, Ripple/Cordius, Corda, Stellar vb. pek çok platformda akıllı kontratlar gerçekleştirilebilmektedir (Ante, 2020).

İşlemlerden oluşan akıllı sözleşmeler, temelde dağıtılmış blokzincirlerinde depolanır, çoğaltılır ve güncellenir. Bunun aksine, geleneksel sözleşmelerin güvenilir bir üçüncü şahıs tarafından merkezi bir şekilde tamamlanması gerekir, bu da uzun yürütme süresi ve ekstra maliyetle sonuçlanır. Blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelerle entegrasyonu, "Eşler arası pazar" hayalini gerçekleştirmektedir (Zhenag vd., 2019). Böylece ticarete akıllı sözleşmelerin uygulanması, daha fazla güvenlik, güvenilirlik, kolaylık ve daha az maliyet oluşturmaya katkıda bulunmaktadır.

Akıllı sözleşmelerde, sözleşme içinde belirlenen kurallar gerçekleştiğinde, dijital para birimi veya diğer varlıkların takası kullanılacak şekilde otomatik olarak işlemler yürütülmektedir (Omohundro, 2014). Yani akıllı sözleşmeler taraflar arasında sözleşme yapabilirliği artırabilmekte, algoritmik olarak otomatik bir şekilde ve uyuşmazlığa düşmeden para, mülk, hisse, hizmet veya değerli herhangi bir şeyin takas edilmesini kolaylaştırabilmektedir. Akıllı sözleşmeler başlı başına dijital sözleşme (Çoğu fikir birliğine varma ve yürütme için güvenilir otoriteye dayanır) olmadığı gibi aynı zamanda tamamen yapay zeka (Tam tersine robotiktirler) ürünü de değildir (Cong & He, 2019).

Akıllı sözleşmelerin uygulanabilirliği pek çok alanı kapsayabilmektedir. Nesnelerin interneti (IoT) (Ande vd., 2019), güneş enerjisi (Lin vd., 2019), emlak sektörü (Reynolds vd., 2017) ve sağlık hizmetleri (Giordanengo, 2019) gibi pek çok uygulama alanı bulabilmektedir.

#### **2.4. Blokzinciri Teknolojisinin Kullanım Alanları**

Bitcoin ile hayatımıza giriş yapan blokzinciri teknolojisi, özellikle son yıllarda kullanımı gittikçe genişlemekte ve günümüzde bankalardan sigorta şirketlerine, imalat şirketlerinden sağlığa kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Dünya'nın önde gelen bir denetim ve danışmanlık firması olan PwC'in 2018 yılında yaptığı ankete göre, blokzinciri teknolojisini en çok kullanan sektörler sırasıyla finansal hizmetler (%46), endüstriyel ürünler ve üretim (%12), enerji (%12), sağlık (%11), devlet (%8), perakende (%4), eğlence ve medya (%1) olmuştur (PWC, 2018). Aynı çalışmada yöneticilerin %84'ü blokzinciri teknolojisi ile şirketlerinin ilgili olduğunu belirtmiştir (PWC, 2018). Blokzinciri teknolojisinin benimsenmesini teşvik eden kullanım alanlarından bazıları; tedarik zinciri yönetimi, ödemeler ve finansal araçlar, kimlik bilgilerinin korunması, sözleşmeler ve uyuşmazlık çözümleri, müşteri katılımı, devlet hizmetleri, emlak sektörü vb.'dir.

##### **2.4.1. Ürünlerin Kaynağı (Tedarik Zinciri Yönetimi)**

Blokzinciri ile işletmeler ürünlerinin kaynaklarının doğrulanmasına ve her hareketinin izlenebileceği, şeffaf bir tedarik zinciri yönetimi imkanı sağlar. Böylece herhangi bir sahte ürün veya dolandırıcılık durumu anında tespit edilerek tüketici güveni sağlanmaktadır. IBSC Grup Başkanı'na göre, tedarik zinciri yönetiminde 1970-80'lerin Barkod teknolojisinin verdiği imkanlara benzer etkiyi, bugün blokzinciri teknolojisi daha ileri teknoloji, daha geniş imkanlar ve tüm ticari işlemlerde daha büyük bir güven yaratarak sunmaktadır. Bu alanda blokzinciri kullanımının 2030 yılına kadar küresel GSYİH'da 962 milyar dolar potansiyel artışa yol açacağı belirtilmiştir (PWC, 2020b).

## 2.4.2. Ödemeler ve Finansal Araçlar

Dünya'nın dört bir yanındaki merkez bankaları, gerçek dünya varlıkları ile desteklenen ve bir blokzincirinde çalışabilen yeni dijital paralar oluşturarak, blokzincirinin sağladığı güvenlik ve şeffaflıktan faydalanmak istemektedirler. Bu alandaki gelişmeler ile 2030'a kadar 433 milyar dolar küresel GSYİH'da potansiyel artış olacağı beklenmektedir (PWC, 2020b). Finansal kurumlar üzerinden yapılan tüm işlemler, blokzinciri teknolojisi ile daha güvenli, daha şeffaf, daha hızlı ve daha az maliyetli olabilecektir (Sharma, 2020).

## 2.4.3. Kimlik Bilgilerinin Korunması

Blokzinciri ile sürücü ehliyetleri gibi kişisel kimlik bilgilerinden, profesyonel kimlik bilgilerine ve sertifikalara kadar tüm değerli kişisel kimlik verileri çevrimiçi olarak korunabilmektedir. Bu durum yüksek maliyet verimliliği sağlamak ve dolandırıcılık, kimlik hırsızlığı gibi suçları önlemeye yardımcı olmaktadır. Örneğin, iş başvurularında adayların profesyonel niteliklerini ve yeteneklerini ispatlayabileceği belgelere iş verenler, adayların onayı ile ulaşabilmektedirler ve böylece, her iki taraf için de şeffaf ve güvenli bir işlem kolaylığı söz konusu olmaktadır. Blokzinciri teknolojisi kullanımının bu alanda küresel GSYİH'ya 224 milyar dolar artış olarak yansımaları düşünülmektedir (PWC, 2020b).

## 2.4.4. Sözleşmeler ve Uyuşmazlık Çözümleri

Blokzinciri sözleşmeler ve anlaşmazlıkların çözümü konusunda işletmelere büyük kolaylıklar sunmaktadır. Akıllı sözleşmeler ile malların ve hizmetlerin teslimatının ödemelerin gerçekleşmesiyle senkronize edilmesi sağlanmaktadır. Böylece sözleşmeler şahsen imzalanmadan, otomatik olarak denetlenebilmekte ve taraflara zaman kazandırıp, maliyetleri düşürme imkanı elde edilmektedir. Bu özellik ile küresel olarak GSYİH'da 2030 yılına kadar 73 milyar dolar artış beklenmektedir (PWC, 2020b).

## 2.4.5. Müşteri Katılımı

1980'lerde yaratılan ve günümüzde insanların plastik kartlarla dolu bir cüzdan istememeleri sebebiyle kullanımı azalan sadakat programları, blokzinciri teknolojisi ile tekrar hayata döndürülebilir potansiyelini taşımaktadır. Akıllı telefonlar ile güvenli bir şekilde entegrasyonu sağlanan programlarda blokzinciri teknolojisi kullanıcılara puanlarını çevrimiçi olarak depolama, birleştirme, kontrol etme ve harcama imkanı sağlamaktadır. Böylece 2030 yılına kadar küresel ölçekte GSYİH'da 54 milyar dolarlık bir artış potansiyeli öngörülmektedir (PWC, 2020b).

## 2.4.6. Devlet Hizmetleri

Ülkedeki her bir bireyin kaydı, devlet veritabanlarında saklanmaktadır. Bu yüzden resmi kayıtların güvenliğini sağlamak, korsan hedeflerinden korumak oldukça önemlidir. Blokzinciri teknolojisi ile devletler insanlara bu işlemleri istedikleri zaman inceleme imkânı vererek herhangi bir rüşvet, yolsuzluk durumları olup olmadığını görmelerini sağlamaktadır (Sharma, 2020).

- Seçmen Dolandırıcılığını Azaltma: Seçim oylamasında daha fazla şeffaflık sağlamak ve seçmen dolandırıcılığını önlemek için blokzinciri teknolojisi kullanılmaktadır. Böylece seçimlerin maliyetleri düşmekte, seçmen mahremiyeti sağlanmakta ve çevrimiçi verilen oyların güvenli bir şekilde sayımı gerçekleştirilmektedir. Örnek: "Follow my vote" girişimi (<https://followmyvote.com/>).
- Herkese Açık Verileri Saklama: Estonya devleti veritabanı depolama ve yönetimi için yeni bir merkez oluşturmak üzere Ericsson ile anlaşarak, kamuya açık verilerinin güvenli bir şekilde Blokzinciri 2.0'a taşınmasını sağlamıştır (Guardtime, 2021).

#### 2.4.7. Emlak Sektörü

Blokzinciri teknolojisi, emlak sektöründe dijital dönüşümün bayrak taşıyıcısı olarak hareket etmektedir. Mülk alımlarında, tapu yönetiminde, mülk üzerinde durum tespiti yaparken, mülkün finansal değerlemesi ve geçmişini takip etmek için blokzinciri teknolojisinde var olan dağıtık defterdeki değişmez kayıtlar, taraflar arasında güven oluşmasını sağlamaktadır. Ayrıca taraflar arası ödeme şekilleri akıllı kontratlar yardımı ile daha hızlı, güvenli ve şeffaf bir hal almaktadır (Sharma, 2020). Örneğin Shelterzoom emlak yönetim ve ödeme süreçlerini Ethereum blokzinciri üzerinden yürütmeyi; alıcılar, satıcılar, emlakçılar, kiracılar vb. için tapu kayıtları, ipotekler gibi yasal belgelere ulaşabilecekleri güvenilir bir platform sunmayı planlamaktadır (Shelterzoom, 2021)

### III. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN SAĞLIK HİZMETLERİNDE KULLANIM ALANLARI

Blokzinciri teknolojisi, sağlık hizmetlerinde çok çeşitli uygulamalara ve kullanımlara sahiptir. Hastaların kişisel sağlık kayıtlarının yönetiminde, sağlık kayıtlarının güvenli paylaşımında, klinik araştırmaların tekrarlanabilirliği ve hassas tıpta sağlık verilerinin paylaşımının güvenliğinde, tele-sağlık için aracısız veri paylaşımında, sahte ilaçların önlenmesi ve tıbbi ürünlerin kaynağından itibaren takibinde, sağlık sigortası şirketlerinde verilerin otomatik şekilde toplanıp süreçlerin iyileştirilmesinde ve tıbbi faturalandırma sürecinin optimizasyonunda önemli roller almaktadır.

#### 3.1 Kişisel Sağlık Kayıtları Yönetimi

Hizmet sunucu merkezli olan standart elektronik sağlık kayıtlarından (ESK) farklı olarak, kişisel sağlık kayıtları (KSK) hastalar tarafından, yani verilerin gerçek sahipleri tarafından sağlık verilerine erişmek ve bunları yönetmek için kullanılan uygulamalardır. Kişisel sağlık kayıtlarının (KSK) temel amacı; hastaların, doktor ziyaret verileri, aşılama geçmişi, reçete kayıtları, akıllı telefon cihazlarından toplanan fiziksel aktivite verileri gibi çeşitli kaynaklardan derlenen eksiksiz sağlık kayıtlarını güvenli ve rahat bir şekilde toplamalarına, izlemelerine ve kontrol etmelerine yardımcı olmaktır. KSK'lar, hastaların sağlık bilgilerinin nasıl kullanıldığını ve paylaşıldığını kontrol etmesini ve verilerdeki olası hataları düzeltmesini sağlar (Tang vd., 2006). Blokzinciri teknolojisi ile KSK'larını kontrol edebilen hastaların, daha önce tamamlanmış olan tanısal testlerini tekrar etmeleri gerekmez. Böylece testlerin tekrar edilme zahmetine ve maliyetine katlanılmaz. Hasta kaydının her bir kopyası, blokzinciri ağında yer alan birden fazla düğümde şeffaf ve bozulmaz bir halde depolanmaktadır (Pandey & Litoriya, 2020). Hasta her gittiği sağlık kuruluşunda, kişisel sağlık kayıtlarını izin verdiği doktorlarla paylaşarak ek maliyetlerin önüne geçmektedir.

#### 3.2 Sağlık Kayıtlarına Erişim Sorunu

Sağlık kayıtlarının tıp camiası arasında paylaşılması çok önemli bir konu haline gelmiştir, çünkü bugünün tıbbi sistemlerinin çoğu mahremiyet ve güvenliği garanti etmemektedir (Tanwar vd., 2020). Blokzinciri, belirtilen bu zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı olabilecek potansiyel bir teknolojidir. Verileri, akıllı sözleşmeler kullanılarak erişilebilen, merkezi olmayan bir eşler arası ağ üzerinden depolanmaktadır. Sonuç olarak, yeni doktorların hastaların önceki öykülerini bilmelerine yardımcı olmakta ve bu da onların durumu daha iyi anlamalarına ve uygun şekilde tedavi etmelerine yol açmaktadır (Yaqoob vd., 2020).

Tıbbi acil durumlarda, sağlık uzmanlarının hasta verilerine kolayca erişebilmeleri gerekir. Sürekli olmayan izinler, acil bir durumda hastanın veri erişiminin engellenmesine yol açabilir, bu da hasta yaşamı için doğrudan bir tehlike oluşturmaktadır. Blokzinciri kesintisiz ve güvenli izin yönetimi açısından iki çözüm sunar: Şifreli anahtarlar ve akıllı sözleşmeler. Şifreli anahtarlar, hastaların erişim kontrolünü yönetmesini sağlamaktadır. Her hastanın, sağlık hizmeti verilerinin kilidini açmaya yardımcı olan bir ana anahtarı vardır. Hasta, gerektiğinde doktorlarla veya hastaneler ile kopyasını paylaşabilmektedir. Blokzinciri tabanlı akıllı sözleşmeler ise, sözleşmeye dahil olan tüm bireyler tarafından kabul edilen, önceden belirlenmiş kuralları kullanarak erişim sağlamaya yardımcı olmaktadır.



Akıllı sözleşmelerle oluşturulabilen izne dayalı veri dağıtımı, hastaların (1) veri erişiminin kontrolünde kalmasını, (2) toplanan veri kaynaklarının farkında olmasını ve (3) verilerine erişildiğinde bilgilendirilmelerini garanti etmekte ve bu sözleşmeler farklı iş akışlarını otomatikleştirmek için özelleştirilebilmektedir (Zhang vd., 2018).

Iryo isimli Slovenya orijinli sağlık firması, hastaların pek çok kaynaktan sağlık verilerini toplayarak blokzinciri teknolojisi ile tek bir veri tabanında birleştirmiştir (Katuwal vd., 2018). Doc.AI isimli Amerikan firmasında ise hastaların sağlık verilerinin toplanması blokzinciri teknolojisi ile şifrelenmektedir. Daha sonra hastaların sağlık durumunu ve gerekli tedavisini tahmin etmek için makine öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır (Corea, 2019).

MedRec ise Ethereum tabanlı blokzinciri teknolojisi kullanarak kişisel sağlık kayıtlarının akıllı sözleşmeler ile güvenliğinin sağlandığı bir sistemdir. Böylece güvenilir olmayan merkezi araçlar yerine, blokzinciri teknolojisi ile kişisel sağlık kayıtlarının şeffaf ve güvenilir bir şekilde toplu halde kişinin kendi yönetiminde olması sağlanmaktadır (Medrec, 2021).

### 3.3 Klinik Araştırmalar ve Hassas Tıp

Klinik çalışmalarda seçilmiş çıktılarının kullanımı veya veri paylaşımı eksikliği gibi konular, klinik araştırmaların tekrarlanabilirliği ile ilgili problemlere sebep olabilmektedir (Ioannidis, 2005; Mathieu vd., 2009). Bu durum, klinik araştırmalardaki en büyük sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Çeşitli hatalar veya dolandırıcılıklarla oluşan bilimsel suistimaller sonucunda, tekrarlanamayan klinik çalışmaların sonuçları tehlikeye düşmekte ve araştırma kalitesi azalmaktadır. Bu noktada araştırmacı toplulukları arasında güvenli veri paylaşımını güçlendirmek, hasta topluluklarının gizliliklerini garanti etmek ve daha iyi tekrarlanabilirlik yoluyla araştırmanın kalitesini iyileştirmek blokzinciri teknolojisi ile elde edilebilecek hedefler arasında yer almaktadır (Benchoufi & Ravaud, 2017).

Klinik araştırmalarda kalite ve şeffaflık kontrolü için temel olabilecek üç temel işlev, blokzinciri teknolojisinin teknik özelliklerinden türetilmektedir (Wang vd., 2018):

- Zaman damgası: Verilerin bütünlük özelliğini koruyarak, güvenli, tutarlı ve bozulmaz veri kanıtı saklama anlamına gelmektedir;
- Zaman sıralaması: Tüm sıralı olayların bütünlüğünün kontrol edilmesine izin vermekte ve olayların tutarlılığını sağlamaktadır;
- Akıllı sözleşme: Akıllı sözleşmeler, “Eğer Koşul 1, Koşul 2, ..., Koşul N karşılanırsa bunu, karşılanmazsa onu yap” gibi görünen koşullu olayların ardışık düzenleridir. Böylece blokzinciri teknolojisi ile, klinik araştırmalar sırasında toplanan her veri doğrulanabilir hale geldiğinden araştırmanın güvenilirliğini artırmakta, veri bütünlüğünü garanti etmekte ve bu da yanlış klinik veri bildirme sorunlarını önleyip denetim maliyetlerini azaltmaktadır (Omar vd., 2019).

Ayrıca genetik bir bozukluğun neden olduğu her tür hastalığı proaktif olarak tedavi etmeye yardımcı olan hassas tıpta, genomik dizileri yönetmek için blokzinciri teknolojisinden faydalanılmaktadır. Bireylerin DNA verileri blokzinciri ağlarında güvenli bir şekilde saklanabilir ve hastalar verilerini tıbbi araştırmalar, halk sağlığı çalışmaları ve ilaç geliştirme için istediği taraflarla paylaşabilir. Böylece tedavi bulunabilecek hastalıkların aralığı artacak ve bu hastalıklara tedavi geliştirmek için gereken süre azalabilecektir (Shivom, 2018).

Günümüzde klinik araştırmalar konusunda blokzincir teknolojisini kullanan şirketlere örnek vermek gerekirse; BlockchainHealthCo. adlı şirket, hastaları ve tıbbi araştırmaları birbirine bağlayan ve blokzinciri teknolojisi kullanarak hastaların verilerini doğrudan araştırmacılara dağıtabilen bir Amerikan şirketi olarak kurulmuştur (Duca vd., 2017). Aynı şekilde Nebula Genomics (Ozercan vd., 2018) ve EncrypGen (Shabani, 2019) şirketleri de blokzinciri teknolojisi ile hastaların genetik

verilerinin güvenli bir şekilde depolanmasını ve uçtan uca şifreleme ile istenilen paydaşlarla güvenilir bir şekilde paylaşımını sağlamaktadırlar.

Bir diğer Healthbank adlı İsviçre dijital sağlık şirketi, blokzinciri teknolojisi yardımı ile hastaların verilerini kaydederek tıbbi araştırmaların kullanımına sunmalarını sağlamak ve bunu yapan hastalara yan gelir olanağı sunarak, tıbbi verilerini araştırma esnasında takip edebilme imkânı vermektedir (Farook vd., 2020) ve son olarak Gem Health Network şirketi ise, sağlık sektöründeki işletmeleri, hastaları ve uzmanları barındıran bir platform/ekosistem sağlamıştır. Geçmişte bir hastanın tıbbi tedavisi yalnızca hasta ve sağlık bakımı pratisyenleri tarafından görülebilmekteydi. Oysa blokzinciri teknolojisi ile hasta verileri tüm tıbbi tesis ve paydaşlar tarafından kullanılabilir olacak ve gelecekteki tıbbi operasyonlar için büyük bir fayda sağlayacaktır. Gem Health Network ayrıca tüm paydaşların şeffaflık içinde, hastaların ve tıp uzmanlarının etkileşimlerinin izlenmesini sağlamak ve kullanıcılarına güncel tedavi bilgilerine erişme fırsatı vermektedir (Prisco, 2016; Mettler, 2016).

### 3.4. Tele-Sağlık Sistemleri

Tele-sağlık sistemleri sağlık hizmetlerinde coğrafi engelleri aşma potansiyeline ve rahatlığına rağmen, siber güvenlik saldırılarına karşı savunmasızdır. Bir doktor ile hasta arasındaki sanal bağlantı güvenli değilse, hastaların konumu, günlük rutinleri, günün belirli saatlerinde evlerinin boş olduğu zaman verileri gibi diğer hassas bilgilerin sızdırılması olasıdır. Diğer yandan, akıllı telefon uygulamaları kişisel sağlığın yönetilmesine yardımcı olacak yararlı araçlar olsa da, hassas kişisel verileri reklamcılar ve diğer üçüncü taraflarla paylaşabilmektedir (Siwicki, 2019).

Blokzinciri uygulamaları, Tele-sağlık sistemlerinde tüketicinin güvenini azaltan herhangi bir aracı olmadan, güvenli bir veri alışverişi kurmaya yardımcı olmaktadır. Doktorların ayrıntılı hasta geçmişinin, tedavi/prosedür kayıtlarının ve laboratuvar sonuçlarının merkezi olmayan, erişilebilir, izlenebilir ve değişmez bir şekilde saklamasını sağlamaktadır. Blokzinciri teknolojisi sayesinde verileri etkili bir şekilde aktarmak ve kuruluşlar arasında iletişim kurmak daha güvenli ve verimli olurken; aynı zamanda elektronik sağlık kayıtlarına kimin eriştiğini ve tam olarak hangi işlemlerin yapıldığını denetlemek çok daha mümkün hale gelmiştir (Ahmad vd., 2021).

Özellikle uzaktan yaşlı hasta bakımlarında, nesnelerin internetindeki (IoT) teknolojik gelişmeler biyolojik sensörlerle hastaların sağlığının izlenmesine yardımcı olmaktadır. Örneğin IoT destekli blokzinciri sistemleri, hasta için proaktif ilaç doldurma bildirimini başlatabilmekte veya öngörülemeyen acil bir duruma müdahale etmek için doktorlara ve sağlık merkezlerine zamanında uyarılar gönderebilmektedir (Kazmi vd., 2019).

Blokzinciri teknolojisinin tele-sağlık sistemleriyle entegrasyonuna dayalı projelere Medcredits örnek verilebilmektedir. Medcredits, dermatoloji hastalarının teşhis ve tedavisinde yardımcı olmak üzere doktorlarla güvenli bir şekilde sağlık verilerini paylaşabileceği Ethereum tabanlı bir sistemdir (Mannaro vd., 2018). Bu platformda hastalar sağlık sorunlarını açıklayıp görüntülerini yüklemeyen önce akıllı sözleşmenin cüzdanına emanet yatırmaları gerekmektedir. Ardından hekim blokzinciri kullanarak hastaya teşhis koymak için sağlık semptomlarına ulaşır ve tedavi reçete eder. Gerektiği durumlarda, vaka doğrulama sözleşmesi yoluyla hasta ikinci bir sağlık görüşü için başvurabilir. Vaka doğrulama akıllı sözleşmesi, vakayı ikinci bir görüş almak için başka bir doktora gönderir (Mannaro vd., 2018; Todaro, 2018). Böylece hasta, uzaktan bir veya birden fazla doktor tarafından muayene, teşhis, tedavi hizmetlerine güvenli bir şekilde ulaşabilmektedir.

HealPoint ise benzer şekilde Ethereum platformunu kullanarak oluşturulan, isteğe bağlı tele-sağlık hizmetlerinin kullanımında hizmet veren bir sistemdir. Hastanın sağlık semptomlarıyla eşleşen uygun doktorları eşleştirmek ve tavsiye etmek için yapay zeka tabanlı bir sistem kullanılmaktadır. Ayrıca akıllı kontrat uygulamaları ile ikinci bir doktor görüşü talep edilebilmektedir. Hastalarla olan etkileşimler, denetim amacıyla deftere kaydedilmeden önce dijital olarak imzalanmaktadır. Healpoints adlı sanal para, hasta/doktor etkileşimi, doktor mutabakatlarının oluşturulması ve doktor işe alım süreçlerini düzenleyen akıllı sözleşmelerin işlerlik kazanmasında kullanılmaktadır (Healpoint, 2021).

### 3.5. İlaç ve Tıbbi Ürünler Tedarik Zinciri Yönetimi

Sağlık sektöründe, sahte ilaçlar küresel bir sorundur ve tüketiciler için olağanüstü riskleri bulunmaktadır (Sykim vd., 2018). Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, düşük ve orta gelirli ülkelerde dolaşan her 10 ilaçtan tahmini 1'i sahte ilaç konumundadır (WHO, 2017). İlaç ve diğer ürünlerin sahteliğine ek olarak, ürün kayıtlarında eksikliğin olması veya paketleme hataları da bir sağlık kuruluşundaki tüm tedarik zinciri yönetimini bozabilmektedir (Jayaraman vd., 2018). İlaçların üretim süreci tamamlandıktan sonra, üretim stoklarından toptancı dağıtıcılara aktarılması ve ardından da perakende şirketleri aracılığıyla müşterilere ulaşması gerekmektedir. Bu tedarik zinciri döngüsü sırasında, her zaman sahte ilaçların zincire girme riski vardır (Tendulkar vd., 2020).

Ürün ve ilaç sahteciliğinin yaşandığı sağlık hizmetleri tedarik zinciri yönetiminde hammaddeden bitmiş ürüne, teslimata ve ödeme detaylarına kadar tüm sürecin yönetiminde verilerin yer aldığı akıllı sözleşmelerin kullanımı ile blokzinciri teknolojilerinden yararlanılabilmektedir (Dagher vd., 2018). Blokzinciri teknolojisi, ilaç ve tüm tıbbi ürünlerin hareketlerinin izlenmesinde anahtar bir teknolojidir (Dujak & Sajter, 2019). Blokzinciri tabanlı işlemler değişmezdir ve bilgilerin tahrif edilmemesini sağlayan zaman damgasına sahiptir. Tüm işlemler deftere kaydedildiğinden ve blokzincirindeki her düğüm işlemin bir kaydını tuttuğundan, ilacın, satıcının ve distribütörün kaynağını anında doğrulamak kolaylaşmaktadır. Böylece tedarikçilerin kimlik bilgilerinin kontrol edilmesine ve doğrulanmasına olanak tanıyan blokzinciri teknolojisi (Narayanaswami vd., 2019), güvenilir bir tedarikçi ağı kurulmasında sağlık hizmetleri yöneticilerine önemli bir hizmet sağlar.

Günümüzde üreticiden son kullanıcıya kadar herhangi bir ürünün sahipliğini kontrol etmek için tüm dünyada Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) etiketleri uygulanmaktadır. Ancak RFID etiketleri değiştirilebilir ve ikinci el piyasasında garanti edilemez. Bu nedenle, satıcının sahipliğini kanıtlayamaması durumunda müşterinin ürünü satın almayı reddedebileceği durumlar için, blokzinciri teknolojisi ile ürünün RFID etiketlerini doğrulamanın yeni bir yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemle göre, blokzinciri teknolojisi kullanarak ürünleri yönetmenin maliyeti 1 \$ 'dan daha aza düşmüş ve mülkiyet devri sayısının altıdan fazla olmadığı belirtilmiştir (Toyoda vd., 2017).

Sahte ilaçların üretimi ve dağıtımı ile mücadele etmek için Accenture, Cisco, Intel, IBM, Block Stream ve Bloomberg ortaklığında blokzinciri teknolojisi uygulanan sahte ilaçlar araştırma ağı projesi oluşturulmuştur. Bu projenin bir parçası olarak üretilen her ilaç bir zaman damgası ile işaretlenerek üretim yeri ve zamanı blokzinciri uygulamasıyla etkinleştirilerek belirlenebilmektedir ve herhangi bir sahiplik devri tüm paydaşlar için şeffaf hale gelmiştir. Böylece sahte, düşük kaliteli ve hatta çalıntı ilaçlar izlenip tanımlanabilmektedir (Taylor 2016, Unnithan vd., 2020).

Aralık 2019'da KPMG, Merck, Walmart ve IBM, ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) Pilot Proje Programının bir parçası olarak, "İlaç Tedarik Zinciri Güvenliği Yasası Birlikte Çalışabilirlik Pilot çalışmasını (Drug Supply Chain Security Act-DSCSA)" tamamlamıştır. Pilot çalışmanın bulgularına göre, blokzinciri teknolojilerinden yararlanmanın, reçeteli bir ilacı izlemek için gereken süreyi 16 haftadan iki saniyeye kadar önemli ölçüde azaltabileceği gösterilmiştir. Ayrıca sahte ilaçların dağıtımının önlenmesinde ve ilaç geri çağırma süresinde de kolaylıklar sağlayacağı belirtilmektedir (IBM BlockchainPulse, 2019). Novartis firması ise, blokzinciri ve nesnelerin internetini (IoT) kullanarak sahte ilaçların tanınması ve bir tedarik zinciri sürecindeki sıcaklıkların izlenebilmesini sağlayarak ilaçların güvenli bir şekilde dağıtılmasını sağlamaktadır (Scorrige, 2019).

### 3.6. Sağlık Sigortası Sistemi

Günümüzde çoğu sigorta şirketi, verilerini depolamak ve işlemek için merkezi sistemler ve teknolojilerle çalışmaktadır. Tipik olarak, bir sağlık sigortası poliçesinin yaşam döngüsü boyunca birden fazla üçüncü taraf veya aracı görev almaktadır. Akıllı sözleşmelerin kullanılması ile, sözleşme kayıtları, işlemler ve diğer bilgiler otomatik bir şekilde toplanabilmekte ve bu da idari süreçlerin iyileştirilmesine yol açmaktadır. Böylece talepleri dosyalamak için zaman harcamak yerine, hasta sigorta kapsamındaki bir prosedürden geçtiğinde aracısız bir şekilde otomatik aktivasyonla hastaneye para transferi

gerçekleşebilmektedir. Ayrıca akıllı sözleşmeler, sahte veya abartılı sigorta taleplerinin tespit edilmesine de yardımcı olmaktadır (Yaqoob vd., 2021).

Sigorta endüstrisi için blokzinciri teknolojisi tabanlı çözümün temel amaçları şöyle belirtilebilir (Raikwar vd., 2018):

- Müşteri kaydı ve poliçe düzenlenmesinden taleplerin ele alınmasına kadar sigorta endüstrisindeki iş süreçlerini otomatikleştirmek ve hızlandırmak,
- Merkezi olmayan dijital veri havuzu kullanarak dolandırıcılık tespitini kolaylaştırmak,
- Müşteri verilerini gizli ve yalnızca yetkili taraflarca erişilebilir kılmak,
- İdari ve operasyonel maliyetleri azaltmak ve
- Düzenleyicilerin ve denetçilerin şüpheli işlem kalıplarını ve piyasa davranışlarını tespit etmesini sağlamak.

### 3.7. Tıbbi Faturalama Sistemleri

Tıbbi faturalama süreci sağlık sektörünün ayrılmaz bir parçasıdır. Hastanın hastaneye girişi, sağlık güvencesinin kontrolü, kodlama ve faturalama uygunluğu, talebin iletilmesi ve sigorta şirketinden ödeme alınması gibi adımları içermektedir (MBAC, 2021). Mevcut sistem, karmaşık tıbbi kodlama düzeyi sebebiyle işlem tekrarı veya yanlış bilgi doldurma gibi kasıtsız fatura yanlışlıklarına yol açabilmekte, fazla kaynak ve zaman israfına sebebiyet verebilmektedir. Diğer yandan, tıbbi faturalandırmadaki temel sorunlardan bir diğeri ise, doktorlar, hastalar ve sigorta şirketleri arasında şeffaflık ve güven eksikliği nedeniyle aşırı faturalandırmadır. (Healthcare Business Review, 2020).

Blokzinciri teknolojisi, bilgisayar destekli kodlama yöntemi ile birleştirildiğinde faturalandırma süreci otomatikleşecek ve optimizasyon sağlanacaktır. Azaltılmış iş gücü seviyesi ile faturalama maliyetleri azalmakta ve sağlık hizmeti sağlayıcılarının ödeme tahsilat süreleri kısalmaktadır (Md Tech Review, 2020). Böylece işlemlerin tamamlandığına dair kanıt göstererek aynı hizmet için ikinci bir faturalandırma riski de azaltılmaktadır. Ayrıca herkesin tüm süreçle ilgilenmesini sağlayan ve onların arasındaki güvensizliği ortadan kaldıran şeffaf bir sistem sunulur. Tüm verilerin değiştirilemez, güvenli, şeffaf bir şekilde işlenmesi ve depolanması sigorta sağlayıcılarının sigorta taleplerini daha hızlı ödemesini sağlarken; ekstra kaynakların, zamanın ve maliyetlerin azaltılmasını sağlamaktadır (Khezzr vd., 2019).

## IV. SONUÇ

Bu çalışmada öncelikle blokzincirinin temel çalışma mantığı, özellikleri ve çeşitleri ele alınarak, hangi sektörlerde blokzinciri teknolojisi kullanımının ne gibi faydalar ortaya koyduğu anlatılmıştır. Ardından sağlık sektörü için bir devrim niteliğindeki akıllı kontratların ne olduğu, işleyişi ve en nihayetinde de sağlık hizmetlerinde akıllı kontratların mevcut ve potansiyel kullanım alanları incelenmiştir.

Blokzinciri teknolojisi merkezi olmayan (Diğer ifadeyle aracısız işlem yapabilme), şeffaf, erişilebilir, izlenebilir, denetlenebilir ve değişmezlik özellikleri sayesinde operasyonel verimlilik, veri güvenliği, sağlık personeli yönetimi ve maliyetler açısından önemli iyileştirmeler getirerek sağlık sektörünü yeniden şekillendirme ve dönüştürme potansiyeline sahip bir teknolojidir. Özellikle akıllı kontratların gelişimi, blokzinciri teknolojisinde büyük bir ilerleme olarak kabul edilmiştir ve sağlık hizmetleri sektöründe önlenemez bir şekilde gelişip büyüyecek bir alandır. Ülkemizde bu alanda ortaya koyulan çalışmaların son derece yetersiz olduğu görülmüştür.

Sağlık hizmetlerinde blokzinciri teknolojisinin kullanımının sağlayacağı avantajlar şöyle özetlenebilir:

- Kişisel sağlık verilerinin güvenli bir şekilde saklanması, izni olmayan üçüncü şahıs ve kurumların eline geçmesinin engellenmesi,

- İdari süreçlerin iyileştirilmesi, işlemlerde aracısız / otomatik aktivasyonun sağlanması,
- Ekstra kaynak, zaman, işgücü ve maliyetlerde azalma,
- Güvenli veri paylaşımı ile klinik araştırmaların tekrarlanabilirliğinin ve kalitesinin artması,
- Kişisel sağlık kayıtlarının hastanın izni ile istediği doktor veya sağlık kurumu ile paylaşımı sonucu doğru teşhis yapılmasının desteklenmesi ve ek tedavi maliyetlerinin önüne geçilmesi,
- DNA verilerinin güvenli bir şekilde saklanması ve hastaların izni ile paylaşılması sonucu, ilaç geliştirme ve halk sağlığı sorunlarının hızlı çözümlere ulaşması, güncel tedavilere erişim imkanının oluşması,
- İlaç ve tüm tıbbi ürünlerin tedarik zinciri yönetiminde hammadde halinden başlayarak ürün hayat eğrisi boyunca takibinin yapılması, böylece ürün sahteciliğinin önüne geçilmesi ve güvenilir tedarikçi ağlarının kurulması.

Gelecek çalışmalarda ele alınması açısından önerilebilecek konular arasında ise öncelikle blokzinciri ve yapay zeka birleşimi gelmektedir. Blokzinciri teknolojisi, yapay zeka ile bağlantılı olan makine öğrenimi için daha güvenilir ve şeffaf veriler sağlayarak, verilerin kalite ve entegrasyon sorunlarının çözülmesine yardımcı olmakta ve böylece yapay zeka araçlarının analitik sonuçların doğruluğunu iyileştirmesine olanak sağlamaktadır. Bu alanda gelecekte gelişebilecek ve üzerine çeşitli çalışmaların yapılacağı öngörülen bir diğer önemli konu ise, IoT (nesnelerin interneti) ve blokzinciri teknolojisinin entegrasyonudur. IoT tabanlı sağlık hizmetleri sistemleri, acil durumlarda hayat kurtarabilecek gerçek zamanlı izleme, akıllı mobil uygulamalar aracılığıyla uzaktan tıbbi yardım, uçtan uca erişim ile hasta durumunu izleme ve kritik durumlarda alarm verme gibi çok sayıda fayda sağlayabilecek hizmetleri içermektedir. Blokzinciri teknolojisi ile entegrasyonu sağlanan IoT cihazlarında toplanan tüm tıbbi verilerin, hastalar ve sağlık hizmeti kuruluşları tarafından güvenli, şeffaf, erişilebilir ve izlenebilir bir şekilde kolayca yönetilmesi sağlanabilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ahmad, R. W., Salah, K., Jayaraman, R., Yaqoob, I., Ellahham, S. & Omar, M. (2021). The role of blockchain technology in telehealth and telemedicine. *International Journal of Medical Informatics*, 148, 104399. doi:10.1016/j.ijmedinf.2021.104399
- Alkhaldi, N. (2020, Şubat 6). *Blockchain in healthcare: Use cases for your practice*. Itransition. <https://www.itransition.com/blog/blockchain-in-healthcare>
- Ande, R., Adebisi, B., Hammoudeh, M. & Saleem, J. (2019). Internet of things: Evolution and technologies from a security perspective. *Sustainable Cities and Society*, 54, 1-15.
- Angraal, S., Krumholz, H.M. & Schulz, W.L. (2017). Blockchain technology: Applications in health care. *Circulation Cardiovascular Quality and Outcomes*, 10(9), 1-3.
- Ante, L. (2021). Smart contracts on the blockchain - A bibliometric analysis and review. *Telematics and Informatics*, 57, 1-27.
- Benchoufi, M., Altman, D. & Ravaud, P. (2019). From clinical trials to highly trustable clinical trials: Blockchain in clinical trials, a game changer for improving transparency? *Front. Blockchain*, 2(23), 1-6.
- BIS Research (2018). *Global blockchain in helthcare market*. <https://bisresearch.com/industry-report/global-blockchain-in-healthcare-market-2025.html>.
- Buterin, V. (2013). *Ethereum* [White paper]. <https://ethereum.org/en/whitepaper/>
- Capece, G. & Lorenzi, F. (2020). Blockchain and healthcare: Opportunities and prospects for the EHR. *Sustainability*, 12, 9693.
- CB Insights (2021, Mart 3). *Banking is only the beginning: 58 big industries blockchain could transform*. <https://www.cbinsights.com/research/industries-disrupted-blockchain/>

- Chatterjee, K., Goharshady, A. & Velner, Y. (2018). Quantitative analysis of smart contracts. In *Programming Languages and Systems*, Amal Ahmed (Ed.) (pp. 739-767). Springer, Cham.
- Cong, L.W. & He, Z. (2019). Blockchain disruption and smart contracts. *The Review of Financial Studies*, 32 (5), 1754–1797,
- Corea, F. (2019). The convergence of AI and blockchain. In: *Applied Artificial Intelligence: Where AI can be used in business* (pp. 19-26). Springer, Cham.
- Duca, A.L., Bacciu, C. & Marchetti, A. (2017). How distributed ledgers can transform healthcare applications, Special Theme: Blockchain Engineering, *Ercim News*, 110, 25-26. [https://eprints.sztaki.hu/9327/1/Bauer\\_42\\_3256036\\_ny.pdf#page=25](https://eprints.sztaki.hu/9327/1/Bauer_42_3256036_ny.pdf#page=25)
- Dagher, G. G., Mohler, J., Milojkovic, M., & Marella, P. B. (2018). Ancile: Privacy-preserving framework for access control and interoperability of electronic health records using blockchain technology. *Sustainable Cities and Society*, 39, 283–297.
- Dujak, D. & Sajter, D. (2019). Blockchain applications in supply chain. In *SMART supply network* (pp. 21-46). Springer, Cham.
- Engelhardt, M.A. (2017). Hitching healthcare to the chain: An introduction to blockchain technology in the healthcare sector. *Technology Innovation Management Review*, 7(10), 22–34.
- Farouk, A., Alahmadi, A., Ghose, S. & Mashatan, A. (2020). Blockchain platform for industrial healthcare: Vision and future opportunities. *Computer Communications*, 154, 223-235.
- Followmyvote. (2021). <https://followmyvote.com/> Erişim Tarihi: 13.12.2021
- Gabison, G. (2016). Policy considerations for the blockchain technology public and private applications. *SMU Sci. Tech. L. Rev.*, 19, 327. <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/comltrj19&div=19&id=&page=>
- Greenspan, G. (2015). *MultiChain private blockchain* [White Paper]. <http://www.multichain.com/download/MultiChain-White-Paper.pdf>.
- Giordanengo A. (2019). Possible usages of smart contracts (blockchain) in healthcare and why no one is using them. *Stud Health Technology and Information*, 264, 596-600. doi: 10.3233/SHTI190292.
- Guardtime. (2021). <https://guardtime.com/>. Erişim Tarihi: 20.03.2021
- Healpoint.(2021). [White Paper], <http://healpoint.io/> Erişim Tarihi: 13.12.2021
- Healthcare Business Review (Kasım, 2020). *How will blockchain affect medical billing and coding?*. <https://www.healthcarebusinessreview.com/news/how-will-blockchain-affect-medical-billing-and-coding-nwid-17.html>
- IBM (2016). *Healthcare rallies for blockchain: Keeping patients at the center*. <https://www.ibm.com/downloads/cas/BBRQK3WY>
- IBM BlockchainPulse (2019, Aralık 16). *Protect pharmaceutical product integrity with the pharmaceutical utility network*. <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2019/12/protect-pharmaceutical-product-integrity-with-the-pharmaceutical-utility-network/>.
- Ioannidis, J.P. (2005). Why most published research findings are false. *PLoS Med.* 2:e124.
- Jayaraman, R., AlHammedi, F. & Simsekler, M.C.E. (2018, Aralık 16-19). Managing product recalls in healthcare supply chain [Conference presentation]. *IEEE International Conference on Industrial*

*Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Bangkok, Thailand, 293–297.

- Katuwal, G.J., Pandey, S., Hennessey, M. & Lamichhane, B. (2018). Applications of blockchain in healthcare: Current landscape & challenges, arXiv:1812.02776.
- Kazmi, H. S. Z., Nazeer, F., Mubarak, S., Hameed, S., Basharat, A. & Javaid, N. (2019, Kasım 7-9). Trusted remote patient monitoring using blockchain-based smart contracts [Conference presentation]. *International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications*. Springer. 765–776.
- Khezzar, S., Moniruzzaman, M., Yassine, A. & Benlamri, R. (2019). Blockchain technology in healthcare: A comprehensive review and directions for future research. *Applied sciences*, 9(9), 1736.
- Khatoun, A., Verma, P., Southernwood, J., Massey, B. & Corcoran, P. (2019). Blockchain in energy efficiency: Potential applications and benefits. *Energies*, 12, 3317.
- KISSPatent (2020). *The current state of blockchain patents*. <https://kisspatent.com/blockchain-patents-study>. Erişim Tarihi: 20.03.2021
- Krawiec, R.J., Housman, D., White, M., Filipova M. & Tsai, L. (2016). *Blockchain: Opportunities for health care*. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/public-sector/us-blockchain-opportunities-for-health-care.pdf> (Erişim Tarihi: 20.03.2021)
- Kritikos M. (2018, Eylül). *What if blockchain offered a way to reconcile privacy with transparency?*. European Parliamentary Research Service. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2018/624254/EPRS\\_ATA\(2018\)624254\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2018/624254/EPRS_ATA(2018)624254_EN.pdf) (Erişim Tarihi: 20.03.2021)
- Landerreche, E. & Stevens, M. (2018, Mayıs 8-9). *On immutability of blockchains* [Conference presentation]. In: W. Prinz & P. Hoschka (Eds.), *Proceedings of the 1st ERCIM Blockchain Workshop, Reports of the European Society for Socially Embedded Technologies*. DOI: 10.18420/blockchain2018\_04
- Lin, J., Pipattanasomporn M. & Rahman, S. (2019, Şubat 19-20). *Comparative analysis of blockchain-based smart contracts for solar electricity exchanges* [Conference presentation]. IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), Washington, DC, USA, 1-5, doi:10.1109/ISGT.2019.8791632.
- Liu, S. (2020, Jun 9). *Size of the blockchain technology market worldwide from 2018 to 2025*. Statista, <https://www.statista.com/statistics/647231/worldwide-blockchain-technology-market-size/> (Erişim Tarihi: 20.03.2021)
- Mannaro, K., Baralla, G., Pinna, A. & Ibba, S. (2018). A blockchain approach applied to a teledermatology platform in the sardinian region (Italy). *Information*, 9(2), 44.
- Mathieu, S., Boutron, I., Moher, D., Altman, D. G. & Ravaut, P. (2009). Comparison of registered and published primary outcomes in randomized controlled trials. *JAMA*, 302, 977–984.
- MBAC, *Course 2: The medical billing process*. <https://www.medicalbillingandcodingonline.com/medical-coding-for-billers/>. Erişim Tarihi: 23.02.2021
- Md Tech Review (2020, Şubat 12). *How will blockchain affect medical billing and coding?*, <https://www.mdtechreview.com/news/how-will-blockchain-affect-medical-billing-and-coding--nwid-264.html>.
- Medrec. (2021). *What is medrec?* <https://medrec.media.mit.edu/>. Erişim Tarihi: 13.12.2021

- Mettler, M. (2016, Eylül 14-17). *Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here* [Conference presentation]. IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), Munich, Germany, 1-3, doi: 10.1109/HealthCom.2016.7749510.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system* [White Paper]. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Narayanaswami, C., Nooyi, R., Raghavan, S.G. & Viswanathan, R. (2019). Blockchain anchored supply chain automation. *IBM Journal of Research and Development*, 63, 7(11).
- Niranjanamurthy, M., Nithya, B.N. & Jagannatha, S. (2019). Analysis of blockchain technology: pros, cons and SWOT. *Cluster Comput*, 22 (6), 14743–14757.
- Omar, I, Jayaraman, R, Salah, K. & Simsekler M. (2019, Kasım 3-7). Exploiting ethereum smart contracts for clinical trial management [Conference presentation]. *ACS 16th international conference on computer systems and applications (AICCSA)*. IEEE, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 1–6
- Omohundro, S. (2014). Cryptocurrencies, smart contracts, and artificial intelligence. *AI Matters*, 1(2), 19–21.
- Ozercan, H.I., Ileri, A.M., Ayday, E. & Alkan, C. (2018). Realizing the potential of blockchain technologies in genomics. *GenomeRes*, 28 (9), 1255–1263.
- Pandey, P. & Litoriya, R. (2020). Implementing healthcare services on a large scale: challenges and remedies based on blockchain technology. *Health Policy Technol*, 9, 69–78.
- Peterson, K., Deeduvanu, R., Kanjamala, P. & Boles, K. (2016). *A blockchain-based approach to health information exchange networks*. Mayo Clinics. <https://www.healthit.gov/sites/default/files/12-55-blockchain-based-approach-final.pdf>
- Prisco, G. (2016, Nisan 26). *The Blockchain for Healthcare: Gem launches gem health network with philips blockchain lab*. Bitcoin Magazine. <https://bitcoinmagazine.com/business/the-blockchain-for-healthcare-gem-launches-gem-health-network-with-philips-blockchain-lab-1461674938#:~:text=Gem%2C%20a%20provider%20of%20enterprise,Philips%2C%20is%20the%20first%20major>
- PwC (2018). *Global blockchain survey*. <https://www.pwc.com/jg/en/publications/blockchain-is-here-next-move.pdf>
- PwC (2020a). *23rd annual global CEO survey*. <https://www.pwc.com.tr/ceo-survey>
- PwC (2020b). *Time for trust. report*. <https://bitcoinke.io/wp-content/uploads/2020/10/Time-for-Trust-PwC-October-2020.pdf?x63648>
- Rabah, K.V.O. (2017). Challenges & opportunities for blockchain powered healthcare systems: A review. *Mara Res. J. Med. Health Sci.* 1, 45–52.
- Raikwar, M., Mazumdar, S., Ruj, S., Sen Gupta, S., Chattopadhyay A. & Lam, K. (2018, Şubat 26-28). *A blockchain framework for insurance processes* [Conference presentation]. 9th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS), Paris, France. 1-4. doi: 10.1109/NTMS.2018.8328731.
- Reynolds, J., Rezgui, Y. & Hippolyte, J.L. (2017). Upscaling energy control from building to districts: Current limitations and future perspectives. *Sustainable Cities and Society*, 35, 816–829.
- Scorrige, M. (2019). *More than Medicine: Pharmaceutical industry collaborations with the UK NHS*.



- In: Ratten V., Jones P., Braga V., Marques C. (eds) Sustainable Entrepreneurship. Contributions to Management Science. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-12342-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12342-0_7).
- Shabani, M. (2019). Blockchain-based platforms for genomic data sharing: a decentralized approach in response to the governance problems? *J. Am. Med. Inform. Assoc*, 26 (1),76–80.
- Sharma, S. (2020, Mayıs 5). *16 Amazing Examples of How Blockchain Technology is Revolutionizing Everyday Life*. Classic Informatics. <https://www.classicinformatics.com/blog/blockchain-technology-applications>
- Shelter Zoom (2021). <https://shelterzoom.com/> Erişim Tarihi: 13.12.2021
- Shivom (2018, Ekim 12). *Blockchain can be the catalyst for a revolution in precision medicine*. <https://medium.com/projectshivom/blockchain-can-be-the-catalyst-for-a-revolution-in-precision-medicine-d55e1e810262>
- Siwicki, B. (2019, Ekim 16). *How blockchain can protect telemedicine programs*. Healthcare IT News. <https://www.healthcareitnews.com/news/how-blockchain-can-protect-telemedicine-programs>
- Sylim, P., Liu, F., Marcelo, A. & Fontelo, P. (2018). Blockchain technology for detecting falsified and substandard drugs in distribution: Pharmaceutical supply chain intervention. *JMIR Res. Protoc*. 7(9), e10163.
- Szabo, N. (1997). Formalizing and securing relationships on public networks. *First Monday*, 2(9).
- Tang, P.C., Ash, J.S., Bates, D.W., Overhage, J.M. & Sands, D.Z. (2006). Personal health records: definitions, benefits, and strategies for overcoming barriers to adoption. *J. Am. Med. Inform. Assoc*, 13 (2), 121–126.
- Tanwar, S., Parekh, K. & Evans, R. (2020). Blockchain-based electronic healthcare record system for healthcare 4.0 applications. *Journal of Information Security and Applications*, 50, 102407.
- Taylor, P. (2016, Nisan 27). Applying blockchain technology to medicine traceability. *Securing Industry*. [https://www.securindustry.com/pharmaceuticals/applying-blockchain-technology-to-medicine-traceability/s40/a2766/#.YGHm\\_kgzZaq](https://www.securindustry.com/pharmaceuticals/applying-blockchain-technology-to-medicine-traceability/s40/a2766/#.YGHm_kgzZaq)
- Tendulkar, S., Rodrigues, A., Patel, K. & Dalvi, H. (2020). System to fight counterfeit drugs. In: *Advanced computing technologies and applications*. Algorithms for intelligent systems. Springer, 465–470.
- Terzi, S. & Stamelos, I. (2018). *Software process improvement and capability determination*. In Stamelos, I., O'Connor, R.V., Rout, T.& Dorling, A. (Eds). *Permissioned blockchains and smart contracts into agile software processes* (355–362). [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-00623-5\\_26](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-00623-5_26)
- Todaro, J.M. (2018). *Overview of MedCredits*. <http://medcredits.io/team/>
- Toyoda, K., Mathiopoulos, P. T., Sasase, I., & Ohtsuki, T. (2017). A novel blockchain-based product ownership management system (POMS) for anti-counterfeits in the post supply chain. *IEEE access*, 5, 17465-17477.
- Unnithan, C., Houghton, A., Anema, A. & Lemieux, V. (2020). Essentials of blockchain technology (Chapman&Hall CRC Big Data Series, CRC Press), *Blockchain in global health-an appraisal of current and future applications*, Chapter: 9. Taylor and Francis LLC.
- Wang, S., Yuan, Y., Wang, X., Li, J., Qin R. & Wang, F. (2018 June 30-July 1). *An overview of smart contract: Architecture, applications, and future trends* [Conference presentation]. IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Changshu, China, 108-113. doi:

10.1109/IVS.2018.8500488.

WHO (2017, Kasım 28). *1 in 10 medical products in developing countries is substandard or falsified*, <https://www.who.int/news/item/28-11-2017-1-in-10-medical-products-in-developing-countries-is-substandard-or-falsified>

Wright, C.S. (2019). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *SSRN Electronic Journal*, 1-9. doi:10.2139/ssrn.3440802

Wood, G. (2014). Ethereum yellow paper. <https://gavwood.com/paper.pdf>

Yang, R., Yu, F. R., Si, P., Yang Z. & Zhang, Y. (2019). Integrated blockchain and edge computing systems: A survey, some research issues and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21 (2), 1508-1532.

Yaqoob, I., Salah, K., Jayaraman, R. & Al-Hammadi, Y. (2021). Blockchain for healthcare data management: opportunities, challenges, and future recommendations. *Neural Comput & Applic.* <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05519-w>

Zhang, P., Schmidt, D.C., White, J. & Lenz, G. (2018). Blockchain technology use cases in healthcare, *Advances in computers*, 111, 1–41.

Zhao, H., Zhang, Y., Peng, Y. & Xu, R. (2017, March 22-24). *Lightweight backup and efficient recovery scheme for health blockchain keys* [Conference presentation]. IEEE 13th International Symposium on Autonomous Decentralized System (ISADS), Bangkok, pp. 229-234, doi: 10.1109/ISADS.2017.22.

Zhenag, Z., Dai, H.-N., Tang, M. & Chen, X. (2019). Blockchain and trustworthy systems. First International Conference, BlockSys, Springer.

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H.N., Chen, X. & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *Int. J. Web Grid Serv.*, 14 (4) 352–375.