4. BÖLÜM / CHAPTER 4

ELEKTRONİK SAĞLIK KAYIT SİSTEMLERİ

ELECTRONIC MEDICAL RECORD SYSTEMS

Şebnem AKAL*

*Doç. Dr., Marmara Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri, İstanbul, Türkiye

E-mail: sebnemakal@marmara.edu.tr

DOI: 10.26650/B/ET07.2021.003.04

ÖZ

Elektronik sağlık kayıtları (ESK) 20. yüzyılın başından itibaren gelişmekte olan bir konudur. Günümüzde her beş kurumdan dördü ESK kullanmaktadır. Yüzyıllık bir geçmişi olmasına karşılık son on yıl içinde bu kullanım oranlarını yakalaması bir tesadüf değildir. Bunun sebepleri arasında ESK'nın amaçlarına ulaşması için gerekli olan dijital olgunluğun ancak yakın zamanda yakalanmasıdır. Çalışmada elektronik sağlık kayıt sistemlerinin (ESKS) uzun tarihçesinden bahsedilmiştir. ESK ve ESK ile yakın anlamda kullanılan terimlerin tanımları incelendiğinde bu kavramların işaret ettiği çerçeve şudur: dijital biçimde saklanan, çok sayıda yetkili kullanıcı tarafından erişilebilen, güvenli bir şekilde taraflar arasında paylaşılması mümkün olan kayıtlı hasta verileri bu kapsamda ele alınmaktadır. Sadece bu tanım bile pek çok soruyu ve sorunu içinde barındırmaktadır: Verilerin saklanması için gerekli yazılım ve donanım araçları, bu araçların birlikte çalışması, böyle bir sistemin kurulması, güvenli bir şekilde saklanması ve depolanması, taraflar arasında yetkilere göre paylaşılması, bu adımlar için gerekli standartlar belirlenmediği müddetçe bu tanım işlev kazanamaz. Bu çalışmada bu sorunların irdelenmesine yönelik ESK ve ESKS incelenmiş, kullanımında yer alan paydaşlara değinilmiş, kullanım alanları ve bileşenlerinden bahsedilmiştir. ESKS'nin en büyük sorunlarından birisi olan birlikte çalışabilirlik, veri gizliliği ve güvenliği ve verilerin aidiyeti konuları tartışılmıştır. Bu sorunların üstesinden gelmek için blokzincir kullanımı hakkındaki öneriler incelenerek değerlendirilmiştir. Blokzincir, diğer kullanım alanları gibi sağlık alanında da dağıtılmış merkezi olmayan verileri, güvenilir ve değişmez bir şekilde depolar ve paylaşır. Aracılara duyulan ihtiyacı ortadan kaldırır ve işlemleri kontrol etmek için merkezi bir bağımlılık gerekmez. Çalışmada, blokzincirin ESKS'de kullanımı hakkındaki çalışmalar, karşılaşılan sorunlar çözüm önerileri gözden geçirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektronik hasta kayıtları, elektronik sağlık kayıtları, elektronik tıbbi kayıtlar, elektronik hasta kayıt sistemleri, blokzincir

ABSTRACT

Electronic health records (EHR) have been an emerging issue since the beginning of the 20th century. Today, four out of every five institutions use EHR. Although it has a century-old history, it has reached these prevalence rates in the last decade. This is not a coincidence. The digital maturity required for the EHR has only been recently achieved. All terms similar to EHR and electronic health record system (EHRS) (such as electronic medical records,

personal health records, etc.) can be defined as follows: registered patient data, which are stored in a digital form and can be accessed by a large number of authorized users and securely shared between the parties, are considered within this scope. This definition alone contains many questions and problems: it is necessary that the software and hardware tools required for data storage should work together, and the data kept in such a system should be securely stored and shared between the parties according to their authorization. However, this definition cannot function unless the required standards for these steps are set. This study mentions EHR and EHRS to examine these problems, stakeholders, usage areas and components. Additionally, it discusses interoperability, data privacy and security, and data belonging issues, which are among the biggest problems of EHRS. Recommendations for using blockchains to overcome these problems have been examined and evaluated. The blockchain, like any other technology, uses, stores, and shares distributed decentralized data in health care in a reliable and immutable manner. It eliminates the need for intermediaries and requires no central dependency to control transactions. This study reviews the research works on the use of blockchain in EHRS, and the solutions to the problems encountered in this way.

Keywords: Electronic patient records, electronic health records, electronic medical records, elektronik health record systems, blockchain

**Sevgili Ağabeyim Prof. Dr. Cemil Taşcıoğlu'na,
Kalan ömrümüzün her günü onu özleyip, anıları ile yaşayacağız.
Çalışmalarını ona ithaf ediyorum. Adı sonsuza dek yaşasın ve hep gururla anılsın.**

1. Elektronik Sağlık Kayıtları

Sağlık kayıtlarına dair ilk bilgiye Sümer kayıtlarında rastlanmıştır. Hamurabi Kanunları'nda sağlıkla ilgili bölümler bulunmaktadır (Dönmez, 2019). Modern tıbbın pek çok açıdan temellerini atan Mısır medeniyetinde ise M.Ö. 1600-3000 yılları arasında hiyerogliflerde sağlık kayıtlarına rastlanmıştır (Evans, 2016).

Sağlık kayıtlarının tarihçesinin bu denli eskiye dayanması insanın yaşama içgüdüünün doğal bir sonucudur. Sağlık kayıtlarının günümüzdeki şeklini alması için çeşitli ilerlemeler kaydedilmesi ve insanlığın gelişimine paralel evrelerden geçilmesi gerekmiştir.

İlk düzenli sağlık kayıt örneklerine 20. yüzyıl başlarında rastlanmaktadır. Bazı dönemlerde ilerleme yavaşlamış, hatta durmuştur. Teoride kulağa hoş gelen, ancak uygulamada yeterince güven telkin etmeyen, kullanım kolaylığı bulunmayan sistemler, doktorlar, klinisyenler, hastane personeli ya da hastalar tarafından tercih edilmemiş ve kullanılmamıştır. Bu tür sistemlerin kullanılması için yeni teknolojilerin gelişmesi, eksiklerin tamamlanması ve zaman içerisinde çeşitli bariyerlerin bertaraf edilmesi gerekmiştir. Sağlık kayıtlarının kâğıt üzerinden elektronik ortama geçmesi ve elektronik sağlık kayıtlarına dönüşmesi böyle bir sürecin ürünüdür.

Elektronik sağlık kayıtları (ESK), Uluslararası Standartlar Teşkilâtının (*International Organization for Standardization* kısaca ISO) ilgili raporundaki tanımına göre, dijital biçimde saklanan, çok sayıda yetkili kullanıcı tarafından erişilebilen, güvenli bir şekilde taraflar arasında paylaşılması mümkün olan kayıtlı hasta verileridir (Hayrinen, Saranto, & Nykanen, 2008).

ESK, en basit anlamıyla, hasta ile ilgili tüm bilgileri içeren kurumsal kayıtlardır. T.C. Sağlık Bakanlığı'nın "Dijital Hastane" ile ilgili hazırlamış olduğu İnternet dokümanında "ESK, bir kişinin geçmişteki, şimdiki ve gelecekteki fiziksel ve ruhsal sağlığı veya hastalıkları ile ilgili elektronik sistemler kullanılarak kayıt altına alınan, saklanan, iletilen, erişilen, ilişkilendirilen ve işlenen her türlü bilgi" şeklinde tanımlanmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı Dijital Hastane, 2020).

Elektronik hasta kayıtları hasta hakkındaki tüm bilgilerin bilgisayar ortamında toplanmasını ve ihtiyaç halinde erişilmesini sağlar. Bu sistemin temel işlevleri arasında sağlık verisinin toplanması, saklanması, analiz edilmesi, paylaşılması, güvenliği ve izlenmesidir (TTB, TEC, & TBB, 2018).

ESK yardımıyla hastaya ilişkin tüm bilgiler hem kayıt altına alınabilir hem de hastanın tüm yaşamı boyunca geçirdiği operasyonlar, kullandığı ilaçlar, ailevi hastalıkların (genetik eğilimlerinin) bilgisine istenildiğinde hızlı bir şekilde ulaşmak mümkündür. Teoride, ESK verileri belirli standartlara göre kayıt altına alındığı için çeşitli sağlık kurumları arasında kolaylıkla ve hatasız bir şekilde paylaşılabilir.

ESK'ya ilişkin temel beklentiler şu şekilde sıralanabilir:

- Her hastanın tek ve benzersiz bir numara ile kaydı bulunmalıdır.
- Bir hastaya ilişkin farklı bölümlerden gelen bilgiler (radyoloji kayıtları, kan tahlilleri, laboratuvar kayıtları, göz muayenesi, ilaç bilgileri, röntgen, MR görüntüleri hatta ses kayıtları vb.) içermelidir (**Şekil 1**). ESK görüntü dosyaları, kağıt üzerindeki formlar, ses kayıtları, sensor verileri (EKG, vücut sıcaklığı, oksijen miktarı, uyku kan basıncı) giyilebilir teknolojiler, akıllı lens gibi farklı türde verilerin hepsini kapsayabilir (Onik, Aich, Yang, Kim, & Kim, 2019).
- Entegre ESK sayesinde laboratuvar sonuçlarına, radyolojik görüntülemelere, hastaya ilişkin notlara, ilaç bilgilerine, hekim notlarına, tedavi çalışmalarına ve prosedürlerine çok daha hızlı ve güvenilir erişim mümkündür.

Şekil 1. Elektronik Hasta Kayıtları İçeriği (Onik et al., 2019)

- İstenilen kayıt türünün tümüne aynı kayıt üzerinden ulaşılabilir. Bunun yanında yapılan değişiklikler ve güncellemeler her bir farklı birimden güncel şekilde görülebilmelidir.
- ESK, hasta öyküsü (anamnez), muayene bilgileri, tedavi bilgileri hastalık ile ilgili tıbbi görüntülemeler, teşhis kayıtları, kullanılan ilaçlar ve tüm tedavi bilgilerini barındırır.
- Verilerine sadece yetkili kişi ve personel erişebilir. Yetkisiz girişlere karşı veri bütünlüğünü koruyan güvenli bir sistem olmalıdır.
- ESK sistemi üzerinde talep ve sonuçlar güncel bir şekilde istenebilir ve izlenebilir olmalıdır.
- Kayıtlar, veri madenciliği ve yapay zeka yöntemleri kullanılarak teşhis ya da tedavi amacı ile kullanılabilir.

Genel olarak ESK yukarıda sıralanmış özellikleri ve yetenekleri taşımaktadır. Teoride ESK yukarıdaki özellikleri kapsasa da uygulamada bu büyük ve sürekli büyüyen sağlık verisini yaratmak, korumak, paylaşmak ve yönetmek oldukça zordur.

1.1. Elektronik Sağlık Kaydı, Elektronik Tıbbi Kayıt, Kişisel Sağlık Kaydı İlişkisi

Tıbbi literatürde ESK'nın yanı sıra pek çok benzer terim de bu anlamda kullanılmıştır. Örneğin, elektronik tıbbi kayıtlar (ETK) ve kişisel sağlık kayıtları (KSK) ESK ile birlikte en

çok kullanılan terimlerdenidir. Ancak bu kavramlar arasında çeşitli nüanslar vardır: ETK sağlık kurumlarında ayrı ayrı birimlerde ya da bir bütün şeklinde toplanan hastaya ilişkin her tür veri, bu veriye yetkili kurum personeli tarafından erişim ve bunun için gerekli olan tüm yönetsel işlemleri kapsamaktadır. KSK ise kişilerin kendileri ile ilgili topladıkları, kayıt altına aldıkları sağlık kayıtlarını tanımlar (Marquez, Taramasco, & Astudillo, 2020). Özellikle teknolojik ilerlemeler, giyilebilir teknolojiler sayesinde bu kayıtların toplanması hem kolaylaşmıştır hem de yaygınlaşmaktadır. Ancak her iki kavram da ESK çatısı altında toplanmaktadır (ISO, 2005).

Bu durum ilgili ISO raporunda daha da detaylandırılmış ve raporda ESK'nın türleri ve literatürde kullanılan benzer isimleri şu şekilde sıralanmıştır (ISO, 2003).

- Elektronik tıbbi kayıt
- Elektronik hasta kaydı
- Bilgisayarla işlenmiş hasta kaydı
- Elektronik sağlık bakım kaydı
- Kişisel sağlık kaydı
- Bilgisayarla işlenmiş tıbbi kayıt
- Dijital tıbbi kayıt
- Klinik veri deposu
- Elektronik müşteri kaydı
- Sanal ESK
- Nüfus sağlık kaydı

Bu adlandırmalar aynı zamanda ESK'nın birçok farklı kullanım alanına işaret etmektedir. ESK farklı açılardan tüm bu terimleri kapsamaktadır. Yine de bu kadar çok farklı isimlendirme kafa karışıklığı yaratmaktadır.

1.2. ESK Paydaşları

Sağlık sistemi paydaşlarının tümü ESK kullanıcıları arasındadır. Bunlar hastalar, sağlık hizmeti sağlayıcılar (hastane, klinik, tıp merkezleri, kan bankaları vb.) ve üçüncü parti hizmetler (sigorta şirketleri, banka ve kredi kuruluşları, veri analisteleri vb.) olmak üzere üç ana gruptan oluşmaktadır.

Bir başka bakış açısına göre ise tıbbi ve tıbbi olmayan paydaşlar olmak üzere ikiye ayrılır. Tıbbi paydaşlar arasında doktorlar, teknisyenler ve sağlık hizmetinde yer alan personel sayılabilir. Tıbbi olmayan paydaşlar hastalar sigorta şirketleri ve yöneticilerdir (Bhartiya & Mehrotra, 2014). Bu liste yardımıyla yetkilendirme ve erişim izinlerini belirlemek ve gereklik oranında sistemi düzenlemek mümkündür.

Diğer taraftan ESK'nın ne kadar geniş bir paydaş ağını kapsadığını göstermektedir. Bu kapsamda doğru yetkilendirmenin yapılmasının gizlilik ve güvenlik açısından önemini hatırlatmaktadır.

1.3. Geleneksel Sağlık Kayıtları ile Karşılaştırılması: Faydalar ve Problemler

ESK, 1920'li yılların başından beri kullanılan kâğıt üzerindeki geleneksel sağlık kayıtlarından pek çok yönden ayrılmaktadır. Bu farklılık ESK sistemlerinin tercih edilmesinde önemli bir etken olmuştur.

Tablo 1. Geleneksel sağlık kayıtları ve ESK karşılaştırması		
	<i>ESK</i>	<i>Kağıt üzerinde tutulan kayıt</i>
Esnek ve Uyarlanabilir	Evet	Çok zor
Çoklu ortam verileri	Mümkün	Mümkün Değil
Verinin Analizi	Evet	Çok zahmetli
Verinin paylaşılması	Mümkün	Genellikle tek kopya
Verinin fiziksel tehlikelere karşı korunması	Teknolojik olarak kolay	Riskli
Hatalı veri girişinin düzeltilmesi	Hızlı	Zor
Veri güvenliği	Şifreleme	Fiziksel güvenlik
Zaman maliyeti	Çok veri girişi var ise	Elle veri girişi
Emek maliyeti	Çok veri girişi var ise	Elle veri girişi

- ESK daha esnektir ve uyarlanabilir. İlk önce veri biçimine göre kaydedip daha sonra ihtiyaç duyulan biçime çevirmek mümkündür.
- Çoklu ortam verilerini destekler. Örneğin radyoloji görüntülemeleri asla eski tür sağlık kayıtlarının bir parçası olmamıştır.
- ESK hasta kaydını analiz etmeyi kolaylaştırır. Hasta kayıtları farklı şekillerde toplanıp, düzenlenebilir, analiz edilebilir ve görüntülenebilir.
- Kağıt üzerindeki veri fiziksel olarak genellikle tek bir coğrafi konumda bulunmaktadır. Kağıt üzerinde tutulan notlar genellikle okunaklı değil, şifreli ya da kısaltılmış olduğu için anlaşılması çok zordur. Hem erişilmesi hem de paylaşılması zaman ister.

Örneğin başka bir lokasyonda dosyalanmış ise görüntülemelere ve yazılı bilgilere fax ya da posta yolu ile erişim mümkündür. Kayıt bir departman ya da çalışan tarafından araştırma amaçlı alınırsa o süre zarfında erişilemez. Oysa ESK aynı anda pek çok kişi tarafından erişilebilir durumdadır.

İçerisinde bir terim ya da spesifik bir enformasyon bulmak için arama yapmak çok zordur. Okunabilirlik, arama, kayıt bulma ve paylaşma gibi konularda ESK kağıt üzerinde tutulan verilere göre oldukça üstündür (Gartee, 2017).

- Tek bir konumda olduğu için sel, yangın deprem benzeri felaketlere karşı daha savunmasızdır ve veri kayıpları yaşanabilir.
- Güvenilirdir, izinsiz üçüncü kişiler veriye erişemez, veriyi değiştiremez.
- Kağıt üzerinde yapılan yanlışları azaltır. Daha kapsamlı bir veri oluşmasını sağlar. Spesifik soruların ayrıntılı cevapları önceden hazırlanan veri formunda istenilen formatta talep edilebilir.
- Ancak bu kadar çok veri talep etmenin bazı sakıncaları da olabilir. İstenilen veri girişi çok zaman talep ediyorsa doktor ya da sağlık yetkilisi veri girişini bırakabilir. İkincil derecede önemli soruların cevaplarının talep edilmesi sağlık bakım sürecini yavaşlatabilir.

ESK sisteminin kapsamı, toplam kayıt miktarı ve veri seti büyüklüğü, veri yapısı ve yaygın erişim sisteminin fayda sağlaması açısından çok önemli kavramlardır (McDonald, 2014).

- Kapsam: ESK sistemi hem sağlık hem de hastalık verilerini kapsamalıdır. ESK'nın tedavide rol oynayan bütün organizasyonları ve kurumları, hastalıklara ilişkin tüm bulguları, yapılan tüm tetkikleri, laboratuvar sonuçlarını, tıbbi görüntülemeleri, ilaç bilgilerini ve klinisyen notlarını kapsamaması gereklidir.

Toplam kayıt süresi ve veri seti büyüklüğü: Hastalara ait değerli tıbbi veri ve hastanın tıbbi geçmişi ne kadar eskiye dayanıyorsa o kadar değerlidir. Bu tür sistemlerin zaman geçtikçe hem veri büyüklüğü hem de veri derinliği artar.

- Veri yapısı: ESK içerisinde hasta hakkında ayrıntılı bilgileri kayıt altına almak mümkündür. Hem yapısal hem de yapısal olmayan veriler ESK da kayıt altına alınabilir. Yapısal veriler hızlı ve standart bir veri girişi sağlarlar. Örneğin açılır kapanır menülerden seçim yaparak veri girişi yazım hatalarına karşı koruma sağlar, hızlı bir şekilde bilgi girilebilir. Ancak yapısal olmayan veri ile de hasta hakkındaki pek çok değerlendirme ayrıntılı bir şekilde yazılabilir. Tek sorun bu metinler içerisinden bilgiye erişimin zor olması ve metin

madenciliği gibi karmaşık yöntemlerin kullanılmasını gerektirmesidir ki günümüzde bunu sağlayan pek çok metin madenciliği yöntemleri, doğal dil işleme algoritmaları bulunmaktadır (Chen & Sarkar, 2014; Guan et al., 2019; Zunic, Corcoran, & Spasic, 2020).

- **Veri büyüklüğü:** Büyük veri, verinin çeşitli kaynaklardan gelmesi, hızlı değişime uğraması ve büyük miktarlarda verinin kısa bir sürede oluşması sonucu ortaya çıkmaktadır. Genellikle geleneksel **3V** olarak bilinen (**V**olume, **V**elocity, **V**ariety) bu özellikleri büyük veriyi işlemeyi zorlaştırmakta ve buna uygun yöntemler ile analizi mümkün kılmaktadır. Sağlık kayıtları da büyük verinin bütün özelliklerini taşır. Örneğin veri büyüklüğü fazla olan tıbbi görüntüleme sürekli büyüyen bir veri tabanı oluşturur, hızlı ve büyük miktarlarda veri üreten sensorlerden toplanan veriler de sağlık kayıtlarına dahildir (Onik et al., 2019).
- **Erişim kolaylığı:** Bulut tabanlı mimariler kullanılarak veriye lokasyon bağımsız ve teknoloji bağımsız erişmek mümkün hale gelmiştir. Kullanıcının zaman, mekan ve cihazdan bağımsız şekilde sisteme erişimi sistemin benimsenmesi açısından da önemlidir.

ESK'nın aşağıda bahsedilen problemleri geleneksel kâğıt üzerinde saklanan sağlık kayıtları karşısındaki dezavantajlarıdır.

- Kurulması büyük miktarlarda yatırım gerektirir.
- Kullanıcıların eğitimi gereklidir.
- Uyulması gereken çok sayıda standart vardır. Karmaşık sistemlerdir.
- İş akışlarının ve süreçlerin sisteme uygun olması ve uyarlanması gerekir.
- Veriye istenildiği yerden istenildiği zaman erişim fikri çok güzel olsa da hiç bir fiziksel kopyasının olmaması verinin tamamen kaybolma riski taşıması önemli bir problemdir. Bunu aşmak için yedek sunuculara verinin replikasyonu gerekmektedir. Yedek sunucular, bulut servisleri veri korumayı sağlasa da riski sıfıra indirmez. Felaket planlaması ile yangın, sel vb durumlarda veri kayıplarının önüne geçmek mümkündür.
- Gizlilik ve güvenlik problemleri
- Verinin aidiyeti sorunu

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler ESK kullanımını zorunlu hale getirmiştir ancak güncel literatürde bu problemlerin çözümüne dair öneriler ve çözülmesinde kullanılacak yöntemler tartışılmaktadır. Sonraki bölümlerde bahsedilecek olan blokzincir bu çözüm önerileri arasında en başlarda yer almaktadır.

2. Elektronik Sağlık Kayıt Sistemleri

Elektronik Sağlık Kaydı Sistemi (bazı durumlarda EKS terimi tüm sistemi işaret etmek için kullanılır) en genel tanımı ile ESK almak, kaydetmek ve işlemek için geliştirilmiş bir sistemdir (ISO, 2003). ESK sistemleri birbirleri ile yakından ilişkili olan; sağlık bilgisinin toplanması, saklanması, işlenmesi, iletişimi, güvenliği ve sunulması işlevlerinden oluşur. Sistem; genelde hastaların kimlik bilgilerini, hastalığının sınıflamasını, demografik faktörler çerçevesinde kayıtların indekslenmesini içerir. Böylece herhangi bir araştırma ve denetimde kayıtları geri çağırmak mümkündür. Bazı sistemler, bağlı sistem olarak geri çağırma imkânına sahiptir. Bu şekilde hastalık kayıt özetleri acil serviste, ayakta tedavi veren polikliniklerde ve hasta giriş ekranlarında görülebilmektedir. Böyle bir sistemin mahremiyet (*confidentiality*), güvenlik (*security*) izlenebilirlik (*accountability*) ve veri bütünlüğü (*data integrity*) özelliklerini sağlaması gerekir.” (T.C. Sağlık Bakanlığı Dijital Hastane, 2020).

ESKS (bilgisayar tabanlı hasta kayıt sistemi olarak da kullanılır) hasta kayıtlarını yönetmek için kullanılan tüm enformasyon sistemi araçlarını içermektedir. ESKS verileri düzenlemeye, yorumlamaya ve alınan sonuçlar karşısında reaksiyon göstermeye yardımcı araçları içeren sistemlerdir (McDonald, 2014). Genel olarak bir enformasyon sisteminin de ötesinde bir işlevi vardır. Veri, verinin paydaşlar arasında değişimi, sistem içerisindeki modüller tarafından erişimi katı standartlara ve kurallara göre ESKS tarafından düzenlenmektedir.

2.1. Elektronik Sağlık Kaydı Sistemleri Tarihçesi

Günümüzün hasta merkezli tıbbi kayıtları ilk kez 1907 yılında Mayo Clinic’te tanıtıldı ve o zamandan beri hem içerik hem de yapı açısından sürekli gelişmektedir. Tıbbi kayıta yer alan bilgiler, zaman, kaynak ve problem odaklıdır. Bilgisayarda bu üç odak noktasının kombinasyonlarını esnek bir şekilde yapılandırmak çok zor olduğu için yıllar içerisinde çok yavaş yaygınlık kazanmıştır (Grimson, 2001). Yaygınlaşması ve geniş kitleler tarafından kullanılır duruma gelmesi büyük ölçüde diğer teknolojik ilerlemelere paraleldir.

1945 yılında bir oda büyüklüğünde olan ENIAC ve benzeri bilgisayarlar 15 yıl içerisinde tüm iş alanlarında varlıklarını gösterdiler ve yeni umutlar vaatmeye başladılar. İlk ESK örnekleri de bu dönemlerde ortaya çıktı. Sağlık sektörü büyük miktarda ve sürekli yenilenen veri akışına sahip olduğu için bilgisayar desteğinin bu alanda önem kazanacağı en başından tahmin edilebilirdi.

1960’lardan itibaren bilgisayar donanım ve yazılımları büyük ilerlemeler kaydettiler. Vakum tüplerinden entegre devrelere ve transistörlere geçilmiş donanım başarımlarını artırmıştı. İlk

programlama dilleri ortaya çıkmaya başlamıştı. 1900-1920 arasında düzenli kullanılmaya başlanan kâğıt üzerindeki sağlık kayıtları, 1960'da gelişen bilgisayar teknolojileri sayesinde 1960-1970 yıllarında ESK kullanımının temellerinin atılmasını sağladı (Evans, 2016).

Amerikan Ulusal Bilimler Akademisinin bir parçası olan eski adıyla Tıp Enstitüsü (*IOM*) yeni adıyla Ulusal Tıp Akademisi (*NAM*) 1991 yılından başlayarak ESK konusundaki çalışmaları destekleyerek, günümüzde kullandığımız kavramların oluşmasında rol oynayan raporlar hazırladı. Aslında ilk olarak verilen isim “Bilgisayar Tabanlı Hasta Kayıtları” olsa da zaman içinde çeşitli kaynaklarda değişik isimlendirmeler yapılmıştır. Son olarak “Elektronik Sağlık Kayıtları” isminin tercih edilme nedeni, sağlık kelimesinin hedeflenen “refah durumunu” en iyi temsil eden ifade olmasıdır (Gartee, 2017). Sadece hastalık değil hastalık, iyileşme süreci ve iyi olma halini kayıt altına almak için kullanılırlar. Örneğin ABD Gazi İşleri Bakanlığı bu kayıtları 75 yıl süresince saklamaktadır (McDonald, 2014). Bu kayıtlar sadece birey için değil, anonim kayıtlara dönüştürülerek tüm sistemin faydası için kullanılmaktadır.

ESK kullanımına ilişkin iki önemli kırılım yaşandığını söylemek mümkündür. Bunlardan bir tanesi 1991 sonrasında (kaynakların bazılarında 1992) yani ESK'nın kullanımının teşvik edildiği ilk yıllarda olmuştur. İkincisi ise 2015 yılı sonrasındadır (Evans, 2016).

1971 yılından itibaren ESK kullanımının olduğu çalışmalar ortaya çıkmıştır. Ancak her çalışma farklı bir konuya değinmiş ve hiçbiri kâğıt ortamındaki kayıtlar kadar kapsamlı olmamıştır. Bu dönemlerde hiyerarşik (*hierarchical*) ve ilişkisel (*relational*) veri tabanları kullanılarak veriler toplanmıştır. Kâğıt ortamında saklanan veriler resmi kayıt kabul edilirken, bilgisayar verileri yardımcı kaynak niteliğindedir ve genellikle akademik çalışmalar, ödeme sistemleri ve bazı klinik çalışmalar için tercih edilmiştir. Bu dönemde çoğunlukla **anaçatı** (*mainframe*) adı verilen büyük bilgisayarlar kullanılmaktadır. Bilgisayarlar bu konuda özel eğitimi olmayan kişiler için tamamen yabancıdır. Veri giriş işlemi yavaştır ve sadece uzman kişiler tarafından yapılmaktadır. Kişisel bilgisayarların kapasiteleri sınırlıdır (Evans, 2016).

1990'ların başından itibaren bilgisayar donanımlarında, internet ve web teknolojilerinde önemli ilerlemeler yaşanmıştır. Kişisel bilgisayarlar hem küçülmüş hem kapasitesi artmış hem de neredeyse herkes tarafından kullanılabilen, uzmanlık istemeyen çalışma araçlarına dönüşmeye başlamıştır. Veri girişi klavye ve fare yardımıyla yapılmaktadır. Bu yıllardan itibaren sağlık verileri artan bir şekilde bilgisayar ortamında tutulmaya başlanmıştır.

Kâğıt üzerindeki kayıtların pek çok problemi vardı. Kayıtların tutulması zaman alıyordu. Hata payı çok fazlaydı. Tutulan kayıtlar standart bilgileri içermiyordu. Ayrıca tıbbi görüntülemeler, radyolojik kayıtlar, laboratuvar sonuçları, klinisyen notları ayrı birimlerde bulunuyor

ve hasta hakkında toplanan verinin değişik lokasyonlardan elde edilmesi zorunluluğu eksik ve yanlış tedavilere yol açabiliyordu.

Ancak ESK özellikle en başlarda zahmetli bir veri girişi talep etmekteydi. Sağlık personeli için zaman ve emek maliyeti faydasından fazla idi. Uzun veri girişi performans kayıplarına sebep oluyordu. Hasta kabul, eczane, laboratuvar, cerrahi, radyoloji, solunum tedavisi ve bulaşıcı hastalıklar gibi bazı alanlarda ESK ile entegre olarak otomatik bir şekilde bu veriler hasta bilgileri içerisinde kayıt altına alınabilmektedir (Evans, 2016). Ayrıca özellikle yatan hastaların bağlı olduğu cihazlardan belirli aralıklarla alınan bilgiler de otomatik bir şekilde kayıt edilmektedir. Zaman içerisinde elle veri girişi azalmış bu da ESK kullanımına pozitif katkı sağlamıştır.

Sağlık hizmetlerinin geçmişten günümüze gelişimini aşağıdaki gibi evrelere ayıran bir çalışma bulunmaktadır. Çalışma aynı zamanda gidilecek olan doğrultuyu da göstermesi açısından önemlidir (Tanwar, Parekh, & Evans, 2020).

- Sağlık Hizmetleri 1.0, (Healthcare 1.0) 1970 modüler BT araçları, Sağlık cihazları ağı entegre değil, BT kaynakları yetersiz. Kağıt üzerinde belgeleme, zaman ve emek maliyetli.
- Sağlık Hizmetleri 2.0:1991-2005, Sağlık sistemleri oluşturulmaya başlandı. Hasta görüntüleme sistemleri, dijital takip, sosyal medya başlangıç aşamasında ama kullanıcı (hasta) odaklılık ortaya çıktı. Mobil cihazlar ile belge ve kayıtlara erişim, toplulukların oluşması, klinik görüntüleme sistemleriyle entegre ağ bağlantılı elektronik sağlık yönetimi. Hasta mahremiyeti ve yanıtıcı bilgi.
- Sağlık Hizmetleri 3.0: Web 3.0 ile çakışan ilerleme. Hasta kayıt verileri ve kullanıcı özelleştirmeleri, Optimize edilmiş ve standart hale gelmiş kullanıcı arayüzü ve uygulamalar. Kişisel deneyimin gelişmesi Giyilebilir sistemler, gerçek zamanlı hasta sağlık hizmetleri ve her yerden izlenebilen hasta verileri ve gerçek zamanlı ESK. Hasta verilerinin sosyal medya yardımıyla da kayıt altına alınması sosyal medya ESK sistemleri üzerinden hasta verilerinin hastalar ve klinisyenler arasında paylaşımı. Artan etkileşim ve iletişim.
- Sağlık Hizmetleri 4.0: Bu dönem, bulut bilişim, sis ve kenar bilişim, büyük veri analitiği, yapay zeka ve makine öğrenimi kullanarak, gerçek zamanlı desteği desteklemek üzere blokzincirler oluşturmak için *Hi-tech* ve *Hi-touch* sistemlerinin tanıtıldığı Endüstri 4.0 konseptinden türetilmiştir. Bu dönemin temel amacı sanallaştırmayı geliştirmek

mek ve kişiselleştirilmiş sağlık hizmetlerini gerçek zamanlı olarak sağlamaktır. Odak noktası artık sağlık hizmetlerini daha öngörülü ve kişiselleştiren işbirliği, tutarlılık ve yakınsama üzerinedir.

2.2. ESKS Bileşenleri

ESKS'nin fonksiyonel bileşenleri aşağıda gösterilmektedir.

• Bilgisayara Dayalı İstem Girişi (*Computerized Physician Order Entry (CPOE)*):

Bilgisayara dayalı istem girişi, kayıp istemleri ve el yazımından kaynaklanan problemleri ortadan kaldırarak hekimin çalışma performansını artırır.

Bilgisayara dayalı istem girişi içerisinde istemin mükerrerlik kontrolü, önceden tanımlanmış bazı kurallara göre istemin hastaya zarar verip vermeyeceğinin belirlenmesi (uygun doz belirleme, hamilelerde bazı tetkiklerin istenmemesi, alerji ya da alerjen madde uyarıları) gibi durumlarda yararlanılmaktadır. Ayrıca önceden bilinen hastaya dair bilgiler çerçevesinde uygun istemlerin neler olabileceğinin doktora hatırlatılması gibi işlevleri bulunmaktadır (Gartee, 2017).

• Klinik Karar Destek Sistemi (KKDS)

KKDS ile hekimlere ve diğer sağlık personeline karar önerileri sağlanması amaçlanmaktadır. Uzman sistemler, belirli bir konuda uzman ile benzer şekilde performans sergileyen bilgisayar programlarıdır (Schmalhofer, 2001). Kullanıcılarına, uzmanların alan konusundaki kapsamlı bilgisine ulaşma ve muhakeme yeteneklerini kullanma imkanı sunan uygulamalardır. Önceden belirlenmiş durumlar için algoritma yardımıyla belirli bir uzmanlık alanındaki sorunların çözümünde yardımcı olabilir. Örneğin bazı belirtiler bir arada görünüyorsa olasılıksal olarak belli bir yüzde ile bir hastalığı işaret eden uygulamalar oluşturulabilir. Uyarı sistemleri ya da tavsiye sistemleri de benzer bir amaca hizmet edebilir.

Veri bilimi ve yapay zeka alanındaki pek çok yöntem bu amaçla kullanılmaktadır. Yapay sinir ağları, kümeleme, sınıflandırma, karar ağaçları, genetik algoritmalar gibi yöntemler KKDS içerisinde kullanılabilir.

• Bilgi Kaynaklarına Erişim

Bilgi kaynağı ister web üzerinde bir sayfa olsun ister bir alan uzmanı olsun, bu kaynaklara erişim için sistemde sorgular oluşturmak mümkündür. Sağlık alanındaki veri tabanlarına erişmek de mümkündür. Doğru bilgiye en kısa sürede ulaşmak çok önemlidir.

Hekim ilaç yazarken çevrim içi not yazabilir. Ya da istem girişinin içerisinde bulunan “info düğmesi” yardımıyla ilaçla ilgili aklına takılan sorular hakkında bilgi alabilir (McDonald, 2014).

• Entegre İletişim ve Raporlama Desteği

Bu imkan, hasta güvenliğini ve hizmet kalitesini arttıran çözümler sunar. Sistemin tüm paydaşlarının entegrasyonunu sağlamak için gereklidir. İletişim sistemleri hasta ile sağlık kurumunun iletişimini etkin bir şekilde sürdürmesini sağlarken, veri paylaşımının da güvenli bir şekilde sürdürülmesini sağlar. Laboratuvar sonuçlarında çıkan anomaliler gibi acil durumlarda hastaya da uyarı gönderilmesini sağlar.

2.3. Kullanılan Standartlar ve Entegrasyon

ESK'nın amacı bir kişinin doğumdan ölümüne (hatta daha sonra da araştırmalarda kullanılmak üzere) tüm verilerine tek bir kayıt üzerinden erişmektir. En ideal sistem bu olmasına rağmen bu nihai hedefe pek çok sistem erişememiştir. Bunun nedeni farklı kaynaklardan gelen çok sayıda verinin bir araya getirilmesinin zorluğudur. Örneğin bir hastaya ait radyolojik görüntülemeler, ilaçlar, siparişler, lezyonlara ait resimler, EKG çekimleri, laboratuvar tetkikleri, hekimin değerlendirmelerinin istenildiğinde ayrıntılı bir şekilde ve kronolojik sıraya göre görüntülenebileceği bir tabloyu gözünüzde canlandırıyorsanız bu kadar farklı kaynaktan gelen ve zaman içinde toplanan bu veriye güncel olarak erişim çok gelişmiş bir teknoloji, donanım, yazılım, iş akışı planlaması ve bu doğrultuda oluşturulmuş standartların oluşturulmasını gerektirmektedir.

ESK veritabanı kapsadığı tüm farklı bilgileri, örneğin bir hastaya ait radyoloji, eczane sistemi, laboratuvar sonuçları, istekler, teşhis ve tedavi prosedürleri, randevu kayıtları verilerini ya merkezi bir veritabanında tutacaktır ya da farklı veri tabanlarından süzerek kullandığı standartlara göre tercüme ederek kullanacaktır (McDonald, 2014). İkinci durumda verileri kendi sisteminde tutması gerekmez ancak veri biçimlerini dönüştürmek zorunda kalır.

El yazısı ile oluşturulmuş muayene notları sadece doktorun çekmecesinde olduğundan onları hasta kayıtlarına sonradan da olsa eklemek zaten mümkün değildir. Dijital olarak kaydedilen veri bir yerde ya da kurumda kayıtlı olsa bile çeşitli markalara ait yazılım ve donanımlarda bulunabilir. Farklı standartlara göre kaydedilmiş bu kayıtları tek bir merkezde toplamak ve tam bir entegrasyon sağlamak çok zor ve para/zaman/emek maliyetli olabilir. Örneğin Radyoloji çekimleri küçük bağımsız bir merkezde yapıldıysa bu kurumun kendi sisteminde kayıtlı olsa dahi varolan ESKS'ye eklemek mümkün olmayabilir. Hem çok büyük bir veridir hem de transfer edilmesi için karşı tarafın bu veri formatını okuyabilmesi gerekir.

Çeşitli sağlık kurumlarında kullanılan irili ufaklı birçok ESKS vardır ve her kurum kendi özgün kısaltmalarını, isimlendirmelerini yani kendi tıbbi terminolojisini kullanmak isteyecektir. Bu durum

ise verilerin paylaşılmasının önünde engel teşkil edecektir. Hasta bir kurumdan diğerine geçtiğinde doktorlar ya da sağlık çalışanları tarafından daha önceki bilgilerini anlamak yorumlamak güçleşecektir. Kullanılan standartlar bu durumların önüne geçmek ve istemler arasında veri paylaşımını ya da farklı sistemlerin entegrasyonunu sağlamak amacıyla hizmet eder. Tablo 2’de ESK’da kullanılan standartlardan bazıları gösterilmiştir. İçlerinden bazıları aşağıda kısaca anlatılmıştır.

ICD (*International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems*), hastalıkların uluslararası sınıflama sistemidir. Her hastalığa ait uluslararası bir kod bulunur ve teşhis bir kod bilgisi ile uzun bir şekilde anlatılmadan kayıt edilebilir. Hem yazımdan kaynaklanan hataları ve yanlış anlamaları önlemek hem de muayene sırasında ESK’yı hızlı bir şekilde oluşturmak için bu sistem kullanılmaktadır.

DICOM adı verilen tıbbi görüntüleme standardı (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) radyolojik görüntüler gibi tıbbi görüntülemelerin farklı üreticilere ait cihaz ve yazılımlarda görüntülenmesini sağlar.

Tablo 2. ESK’da kullanılan standartlar ve veri paylaşımı için gerekli protokoller (Rodrigues, Sendra Compte, & de la Torre Diez, 2016)					
Kavram	ICD 9.0 ve ICD 10.0				
Veri	Tıbbi Görüntüleme DICOM	Resim Dosyaları JPEG	Metin XML, HTML, TXT JSON	Ses MPEG 2	Video Çekimin kalitesine göre değişen görüntü standartları
İletim	DICOM 3, HL7, FTP, SMTP, HTTP, TCP				
Güvenlik	Kimlik doğrulama ve Şifreleme				
Altyapı	Ağ servisini sağlamak için gerekli altyapı hizmetleri				

HL7/Health Level Seven, 1987 yılında kurulmuş olan bir standart geliştirme organizasyonudur. ISO’nun açık sistemler arasındaki referans modelinin (*Open System Interconnection-OSI*) en üst katmanından dolayı bu ismi almıştır (Seviye 7 Uygulama Katmanı). HL7 standartları klinik, hastane enformasyon sistemi, klinik laboratuvar sistemleri, eczane sistemi, kurumsal sistemler gibi çeşitli sistemler arasında entegrasyonu sağlamayı ve veri paylaşımını gerçekleştirmeyi amaçlar. HL7 en yaygın standartlardan birisidir. Bazı kurumlarda veri entegrasyonunda kullanılan tek standarttır (Dijital Hastane, 2020).

Sağlık kuruluşları tarafından kullandıkları tüm laboratuvar ve görüntüleme tetkiklerini istem ve sonuç olarak ilişkilendirecekleri LOINC kodları, bir hastalığın bir çok durumunun kodlanmasına izin veren SNOMED, diğer protokoller arasında sayılabilir (Bonacina, Marceglieria, & Pincirola, 2011).

Birlikte çalışabilir veri standartlarının (HL7 FHIR veya OpenEHR gibi) olmadan, klinik verilerin yorumlanması ve diğer sistemlere entegre edilmesi zor formatlarda ve yapılarda belirtilebilir. Bu nedenle, işbirlikçi karar desteğini geliştirmek için güvenli ve ölçeklenebilir klinik veri paylaşımı sağlamak amacıyla mevcut teletıp sistemleriyle entegrasyonu sağlamak için standartlara dayalı bir mimari gereklidir.

2.4. ESKS Kullanım Alanları

ESKS, hataların tespiti, tıbbi istemin eksik, fazla ya da hatalı ya da mükerrer olması durumlarını en aza indirmeyi amaçlayan bir sistemdir. Ayrıca ESKS ile hasta ve işlem ve işlemi yapan doktorun bütün kayıtları saklanarak gerektiğinde yasal delil olarak kullanılır (TTB et al., 2018).

Bir diğer kullanım alanı kapalı döngü ilaç uygulamasıdır: İhtiyaçların belirlenmesi sipariş, sipariş kabulü, kayıt oluşturma ve stok kontrollerinin yapılması aşamalarında ESKS'den yararlanılmaktadır. Daha sonra ilacın kullanımı ve faturalandırma işlemleri de aynı sistem içerisinde takip edilmektedir. Bu şekilde baştan sona tüm süreç izlenebilir, müdahale edilebilir, tekrar planlanması, raporlanması ve analizi mümkündür.

ESKS, kısaca PACS (*Picture Archiving and Communication System*) adı verilen Görüntü Arşivleme ve İletişim Sistemleri'ne ve RIS (*Radiology Information System*) adı verilen Radyoloji Enformasyon Sistemi ile entegrasyonu vardır. Bu sistemlerin entegre çalışması hastanın görüntülemeye birden fazla defa girmesini engeller. Sistemler birbirinden ayrık olduğunda bu tarz mükerrer işlemler farklı birimler tarafından habersiz bir şekilde yapılabilir. Bunun önüne geçilmesi hastanın aynı işlemlere defaten maruz kalmasını engeller (TTB et al., 2018).

3. ESKS Benimsenmesinde Karşılaşılan Engeller

ESKS uzun yıllar önce ortaya atılmış olmasına rağmen paydaşlar tarafından benimsenmesi oldukça uzun bir zaman almıştır. Hatta 2004 yılında doktorların sadece %20'si tarafından kabul görmekteyken bu oran 2017'de neredeyse her 10 kişiden 9'una kadar yükselmiştir. 2008 yılından itibaren de neredeyse iki kat artmıştır. 2014 yılında sertifikalı ESK ortaya çıkması ile yönelim bu doğrultuda artmıştır (Office of the National Coordinator for HIT, 2019) (bkz. Şekil 2).

2008 yılına kadar sağlık kayıtlarının %10'undan daha azı elektronik olarak depolanmıştı. Günümüzde neredeyse tüm tıbbi kayıtlar ESKS'de saklanmaktadır, ancak veriler kağıt üzerindeki kayıtlara oranla daha taşınabilir olsa da, yine de büyük ölçüde taşınması ve paylaşılması problemlidir (Ivan, 2019). Bunun teknolojik nedenlerinden bu bölümde bahsedilecektir.

Şekil 2. Doktor ESK Kabul Oranı (ABD Ulusal ESK Araştırması 2017)
(Health IT Dashboard, 2017)

ESKS'nin benimsemesinde karşılaşılan problemler ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Özellikle insan kaynaklı engeller uzun bir liste oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra engeller, donanım ve yazılım, verinin kendisi, yöntemler ile ilgili başlıklar altında toplanabilir.

Aşağıda PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) klavuzlarının sistematik taranması ve meta analiz ile elde edilmiş bir listenin kısaltılmış özetine yer verilmiştir. Daha yırıntılı listeye ilgili kaynaktan ulaşılabilir (Gesulga, Berjameb, Moquialac, & Galidod 2017).

- Kullanıcıların direnç göstermesi ve yeterli bilgisayar eğitiminden yoksun olması
- Kullanıcıların çalışma yükünü artırır
- Personelin teknik uzmanlıktan yoksun olması
- Kullanıcıların ESK'nın önemine dair bilinçsiz olması
- Bilgi Teknolojileri ekipman yetersizliği ve teknik altyapı eksikleri
- Bilgi Teknolojileri araçlarının sürekli değişmesi nedeniyle oluşan güvensizlik
- Donanım problemleri
- Farklı sistem ve standartların uyumsuzluğu
- Sistem tasarımında kullanım kolaylığının ihmal edilmesi
- Standartlara uygun olmayan yazılımlar

- Organizasyon ihtiyaçlarına ve iş akışına cevap vermemesi
- İnternet bağlantısının hızı ve altyapı problemleri
- Verilerin sağlık alanındaki standartlara uygun olmaması
- Verilerin kalitesi ve güvenliğinin eksik olması
- Gerçek zamanlı veri erişiminin mümkün olmaması
- Merkezi veritabanının olmaması, ulusal bir ağın bulunmaması
- Veri gizliliği problemleri
- Başlangıç maliyetleri, uygulama ve bakım maliyetlerinin çok fazla olması
- Ulusal sağlık enformasyon ağından yoksun olunması

Şekil 3. Enformasyonun değeri ve bütünlüğü arasındaki ilişki (Yasnoff, 2014)

Bu konuda karşılaşılan engeller çeşitli kaynaklarda uzun listeler halinde açıklansa da genellikle dört ana başlıkta toplanabilir:

- Güvenlik ve gizlilik sorunları
- Taraflar arasındaki güven problemleri
- Ölçeklenebilirlik problemleri
- Birlikte çalışabilirlik uyumluluk sorunları

Bunlar aynı zamanda veri paylaşımının önünde duran engellerdir. Bu çekinceler güvence altına alınmadan kayıt altına alınan incelenen veri tamamlanmamış olacaktır. Bu durum da enformasyonun değerini düşürür. Şekil 3 tamamlanmamış veri ve değer ilişkisini göstermektedir. Ancak sağlık konusunda değer düşmesi yapılacak analizlerin eksik, hatalı ya da taraflı çıkmasına sebep olacaktır ve geri döndürülemez teşhis, tedavi ve keşif hataları ortaya çıkacaktır.

3.1. Sağlık Verilerinin Birlikte Çalışabilirliği (*Interoperability*)

Sağlık kayıtları zaman içerisinde parça parça oluşur. Bu nedenle farklı kaynaklarda parçalanmış bir şekilde veri dağılmıştır. Verinin farklı zamanlarda oluşması, değişik lokasyonlarda birbirinden farklı donanım ve yazılım sistemleri kullanılarak saklanması anlamına gelir. Bu farklı sistemlerin, veri biçimlerinin birlikte uyumlu çalışabilmesinin sağlanması en temel sorunlardan birisidir.

Birlikte çalışabilirlik, ESK ve diğer sağlık hizmetleri veri yönetimi sistemlerinin birbiriyle iletişim kurabilme ve sorunsuz ve görünmez enformasyon değişimi gerçekleştirme yeteneğidir. Sağlık enformasyon değişimi (*Health Information Exchange*-HIE), bakım veya hizmetlerin sağlandığı kurum ve lokasyondan bağımsız, hasta verilerine ulaşımı mümkün hale getirir.

3.2. Sağlık Verilerinin Güvenliği

Sağlık hizmetlerinin kapsamı arttıkça güvenliği de önem kazanmıştır. Bir kişinin fiziksel ya da ruhsal sağlık durumu ile ilgili olan tüm kayıtlar kişinin geçmişine ve şimdiki durumuna ait bütün bilgileri içerir, toplanan bu geniş bilgi gelecek durumu hakkında fikir verebilir. Bir kişiye ait tüm kayıtlar farklı hastanelerde doktor muayenehanelerinde ya da sağlık kurumlarında olduğunda başka problemler ortaya çıksa da bütün verilerin tek bir yerde olduğu, merkezi bir sistemdeki bir sağlık kaydında güvenlik çok daha büyük bir sorun olacaktır. Sadece kişiler açısından değil, böylesi bir kayıtlarla yapılacak veri analizleri bile güvenlik riski oluşturmaktadır.

Yukarıdaki bölümde ifade edildiği gibi verinin bütünlüğü arttıkça, değeri de artmaktadır. Bu değer maddi değer anlamına da gelebilir, örneğin ABD’de yasadışı yollarla elde edilen sosyal güvenlik numaralarının tanesi bir dolardan satılabilmektedir. Kredi kartı bilgileri 110 dolar civarında iken, tam bir tıbbi kaydın (doğum tarihi, doğum yeri, kredi kartı bilgileri, sosyal güvenlik numarası, adres ve e-posta bilgileri) 1000 dolara kadar satışa çıkması mümkündür.

Hasta bilgilerinin gizliliği konusunda ilk defa 1996 yılında ortaya konan bir kavram olan “Korunmuş Sağlık Enformasyonu” (*Protected Health Information*-PHI), bir kişinin geçmişine, güncel durumuna ve gelecekte olması muhtemel durumuna ait fiziksel ve ruhsal bilgileri

içeren elektronik ya da kağıt üzerinde bulunan hassas bilgiler içeren her türlü kayıttır. Hastane bilgileri, tıbbi görüntülemeler, parmak izi, el yazısı, retina rengi ve deseni, DNA gibi biyometrik veriler, ödeme bilgileri KSE kapsamındadır.

Bu tür veriler genellikle bir çalışmada kullanılacağı zaman kimlik tanımlaması yapılması için açık bir şekilde paylaşılmaz, onun yerine anonimleştirilir. Sağlık verisi içinde kimlik numarası, ad-soyad, kredi kartı bilgileri, banka bilgileri, araç plaka bilgileri, pasaport bilgileri, kullanıcı adı ve şifre gibi bağlantı yapmayı sağlayacak veriler ile el yazısı, imza, konum, sigorta verileri ve benzeri kişisel veriler “Kişisel Tanımlanabilir Enformasyon” (*Personally Identifiable Information-PII*) olarak adlandırılır. Bu bilgilerin üçüncü kişiler ile paylaşılması ya da yasadışı olarak ele geçirilmesi en önemli güvenlik endişesidir.

Sadece oturulan bölge, ismin bir kısmının paylaşılması, kimlik numarası ya da sosyal sigorta numarasının bir kısmı, tıbbi bilgilerin bazıları - örneğin nadir hastalıklara sahip olunması - ırk cinsiyet bilgileri, elektronik postanın kısmi olarak paylaşılması, IP adresi, boy, ağırlık, kan basıncı, kısmi telefon numarası gibi veriler bazı durumlarda istenmeden paylaşılabilir.. Bu verilere “Potansiyel Kişisel Tanımlanabilir Enformasyon” (*Potential Personally Identifiable Information-PPII*) adı verilir. Zira bu bilgiler de tek başına ya da bir kaçı bir araya gelerek kişinin tanımlanmasını sağlayabilirler.

Bu tür verilerin güvenliğini korumak için büyük veri ile çalışabilecek **anonimlik, çeşitlilik, değer ekleme, gürültü** gibi çeşitli anonimleştirme yöntemleri bulunmaktadır (Onik et al., 2019).

3.3. Sağlık Verilerinin Aidiyeti

Günümüz sağlık sisteminde sağlık verileri hastaya ait olmasına rağmen neredeyse veriye en son ve en zor erişim sağlayan hastanın kendisidir. Yaşam boyunca bir hasta, sağlık kurumlarına dağılmış halde tüm tıbbi öyküsünü bırakır. Geçmiş verilere ihtiyaç duyduğu zaman bu verileri kurumdan isteyerek yeni sağlık kurumu ya da doktoru ile paylaşmak zorundadır. Değişen yazılım ve donanım, teknolojik ilerlemeler, birlikte çalışabilirlik problemleri nedeniyle geçmiş verilerin alınması, okunması problem olabilmektedir ve veri kayıpları yaşanabilmektedir.

Sağlık verileri bulunduğu kurumlarda araştırmalar için kullanılabilmekte ve bu esnada anonimleştirilse dahi yukarıda anlatıldığı gibi güvenlik zafiyetleri oluşturmaktadır.

4. ESKS’de Blokzincir Kullanımı

Araştırmalara göre blokzincirin sağlık hizmetinde kullanımı önümüzdeki yıllarda gidecek artış gösterecek. IDC’nin raporuna göre, 2020 yılına kadar sağlık kurumlarının %20’si enfomasyon yönetimi ve hasta tanımlama amacıyla blokzinciri kullanmaya başlayacak ve 2025 yılına kadar, tüm sağlık uygulamalarının %55’i blokzincir uygulamalarından oluşacaktır (Mearian, 2018).

Sağlık verileri kişinin tüm yaşamı süresince toplanan son derece hassas bilgiler içermektedir. Bir taraftan son derece gizli ve üst düzey güvenli tutulması gereken bir veri iken, diğer taraftan doğası gereği paydaşlar arasında paylaşılması zorunludur. Hem doğru tanı konulabilmesi, hem sağlık hizmetinde sürekliliğin sağlanması açısından ESK paylaşılması kaçınılmazdır.

Blokzincir, verileri dağıtılmış, güvenilir ve değişmez bir şekilde depolar ve paylaşır, araçları kaldırır ve işlemleri kontrol etmek için merkezi bir bağımlılık gerektirmez (Tanwar et al., 2020). Esasen ortak anahtar şifrelemesine dayanan, verilerin zaman damgalı olarak açık bir şekilde paylaşılmasını sağlayan, ancak değiştirilmesine imkan vermeyen bir dağıtılmış defter protokolüdür. Çıkış noktası finansal aktarımların paylaşılması olmasına rağmen, sağlık alanında merkezi olmayan verilerin yönetimi için bir çerçeve olarak da kullanılabilir.

Blokzincir, sağlık alanında kullanılması halinde, aşağıdaki konularda fayda sağlama potansiyeline sahiptir. ESK kullanımı, saklanması ve paylaşılması ile ilgili pek çok sorunun çözümünde büyük bir beklenti yaratmıştır. Ancak bu konuların bazılarında (birlikte çalışabilirlik, gizlilik ve yetkilendirme) getirdiği çözüm önerileri aynı zamanda endişe ile karşılanmaktadır.

- Yönetişim (Regülasyon kurumları)
- Birlikte çalışabilirlik
- Gizlilik ve yetkilendirme (Yetkisiz üçüncü kişilere karşı koruma, erişilebilirlik, doğrulama)
- Ölçeklenebilirlik (Akıllı sözleşmeler, standartlar)

4.1. Blokzincirin Çalışma Şekli

Blokzincir’de işlemler blok adı verilen topluluklar ile gösterilir. Her blok bir önceki ile bağlıdır. Bir bloğun geçerli olabilmesi için kendinden önceki tüm üst bloklar da geçerli olmalıdır. Kronolojik sıralama ile sıralanan blokların geçerli kabul edilmesi için blok madencileri (Block-Miners) tarafından işlemin doğruluğunun onaylanması gereklidir. Madencilerin devlet kurumları, özel şahıs ve kurumlar olabileceği değişik blokzincir varyasyonları mümkündür. Temel olarak işlemin doğruluğunu kabul eden madenci sayısı yanlış madenciden fazla ise işlem

doğru ve geçerlidir (Akal, 2017). Onaylanan işlemler defter-i kebir olarak da isimlendirilebilen değiştirilemez bir deftere kayıt edilir. Yapılan her işlem aynı onay ve kayıt işlemine tabidir.

Defter-i kebre kayıt yapılması şu şekilde gerçekleşir: ilk adımda, ağ düğümlerinden biri işlem talebinde bulunur. Bu işlem ağıdaki tüm eş düğümlere yayınlanır. Blokzincir ağı daha sonra bir algoritma yardımıyla benzersiz bir *hash* (kriptografik şifre) değeri oluşturur. Bloklar, indeks değeri, zaman damgası, verinin kendisi, önceki *hash* değeri ve bir sonraki *hash* değeri bilgilerini içermektedir. Oluşturulan tüm *hash* blokları zincir şeklinde bağlanır ve böylece işlem zinciri kırılmaz ve değiştirilemez bir bütünlüğe sahip olur (Şekil 4). Eğer bir kişi değişiklik yapmaya ya da varolmayan bir işlem eklemeye çalışırsa kayıtlı olan defterdeki veriyi değiştirmesi mümkün olamaz. Yalnızca yeni işlem blokların işlemine eklenebilir (Tanwar et al., 2020).

Şekil 4. Blokzincirin çalışma şekli

Önemli tanımlar

- Hash şifreleme: Bir blokzincire işlem eklenirken SHA256 hash değeri hesaplanır. Bu hash değeri NSA tarafından geliştirilmiş 64 karakter uzunluğunda bir şifredir.
- Defter-i kebir: Tüm işlemlerin kaydedildiği ve kayıt edilen işlemin geri alınamadığı ve değiştirilemediği bir tür elektronik kayıt defteridir. Blokzincirdeki işlemler silinemez ya da geri alınamaz. Merkezi olmayan bir sistemdir. Dağıtık mimari sistemi hata durumuna karşı daha dayanıklı hale getirir.
- Madencilik: Madenciler ağıdaki karma değerlerine ulaşmak için “nonce” değer bloklarını kullanırlar. Bu, ödülü elde etmek için yüksek hesaplama hızı gerektirir.

- Mutabakat mekanizması: İşlemler yalnızca ağdaki tüm doğrulanmış kullanıcılar işlemin durumunu kabul ettiğinde geçerli olur (bazı durumlarda 2/3 bazı durumlarda %51).

4.2. Sağlık Hizmetlerinde Blokzincirin Kullanılması Hakkında

ESKS'nin benimsenmesinde üç önemli engelden üçüncü bölümde bahsedilmiştir. Sağlık hizmetlerinde blokzincir kullanılması birlikte çalışabilirlik problemlerini, veri güvenliği konusundaki riskleri ve veri aidiyeti sorununu çözüme ulaştırma potansiyeline sahiptir.

Blokzincir, merkezi bir kuruma ihtiyaç olmadan, veri güvenliğini ve gizliliğini tehlikeye sokmadan sağlık verilerini yönetmeyi sağlar (Paulsruud & Snihs, 2019).

Yaşamboyu oluşan ve değişen tıbbi kayıtları yönetmek farklı cihaz ve uygulamaların anlaşması ve birlikte çalışması gerekir. Yukarıda bahsedilen standartlar dahi, birlikte çalışabilirliği ve veri değiş tokuşunu tam olarak istenilen hız ve kalitede gerçekleştirmekten yoksundur. Blokzincir bu konudaki veri paylaşımı standartlarına ve birlikte çalışabilirliğe katkıda bulunarak güvenli veri alışverişini sağlar.

Giyilebilir teknolojiler ve mobil cihazlar yardımıyla hasta tarafından toplanan kayıtlar ve resmi sağlık kayıtlarının bütünleşik olarak saklanması ve paylaşılmasını mümkün hale getirebilir ve geleneksel merkezi kayıtların tersine, bunların yaşamboyu kaybolmadan kullanılmasına olanak sağlayabilir. Bu şekilde hasta, verinin gerçek anlamda sahibi olabilir.

4.3. Blokzincir ESK Sisteminde Kullanımı

Blokzincirin ESKS'de kullanılması ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. **MedRec** adı verilen blokzincir tabanlı sistem bu çalışmalardan birisidir. Sistem, hastalara merkezi bir veritabanı kullanmadan sağlık kayıtlarına tam erişim sağlamaktadır. Sağlık kurumlarından aldığı kayıtların entegrasyonunu sağlar. Akıllı sözleşmeler yardımıyla hasta, sağlık kurumları ve diğer paydaşlar arasındaki ilişkileri ve veri erişimi ile ilgili izinleri düzenler (Azaria ve diğerleri, 2016). Veri aidiyeti, gizlilik, güvenlik ve birlikte çalışabilirlik sorunlarını blokzincir tabanlı sistemler bu şekilde çözmektedir.

4.4. Blokzincir ESK Sistemi

ESKS'yi blokzincir ile entegre etmek için verilerin blokzincirde saklanması, platform seçimi, mutabakat algoritmaları tercihi ve akıllı sözleşmelerin oluşturulması gereklidir. Aşağıda kavramlar ve sağlık verileri açısından kullanımı kısaca açıklanmıştır:

• Tıbbi Verinin Blokzincirde Saklanması:

Bazı çalışmalarda, blokzincirin doğası gereği veri gizliliğini asla koruyamayacağını ağdaki tüm bilgilerin tüm paydaşlar tarafından görülebileceğini savunmaktadırlar (Paulsruud & Snihs, 2019).

Gerçekten de halihazırda kullanılan dijital paraların sistemleri incelendiğinde bu şeffaflık görülmektedir. Bu sorunun çözümü için öneriler de bulunmaktadır.

Bu durum güvenlik sorunlarını da beraberinde getirebilir. Bu nedenle oldukça risklidir. Bazı çalışmalarda buna karşı çözüm olarak, sadece veriye ait bilgilerin ve asıl veriye erişilebilecek dizin bilgilerinin zincir içerisinde saklanması, asıl verinin zincirin dışında tutulması önerilmektedir.

Ayrıca verilerin zincirde tutulması performans kısıtlarına (Conceicao, Correa da Silva, Rocha, Locoro, & Barguil, 2018) depolama maliyeti problemlerine de (Dagher, Mohler, Milojkovic, & Marella, 2018) sebep olabilir. Bir diğer sorun da ölçeklenebilirlik açısından gözlenmektedir (Park et al., 2019). Veri büyüklüğünün sürekli ve hızlı bir şekilde artması yakın zamanda değilse bile ilerleyen zamanda bu probleme neden olabilir.

Verilerin zincir dışında tutulması da başka bir problem odağı oluşturur. Zincir içindeki veri yetkilendirme, güvenlik, gizlilik, değiştirilemezlik altında güvence altına alınırken, blokzincirin dışında kalan kısım, geleneksel yöntemlerin bu konuda taşıdığı riskleri taşımaya devam eder. İlgili kurum ya da kişinin güvenlik standartları zayıf ise veri risk altına girecektir.

Bu nedenle bazı çalışmalarda zincir dışında kalan verinin kontrol edilememesi nedeniyle tüm sağlık kaydının zincire dahil edilmesi önerilmektedir (Ivan, 2019). Bu durumda özellikle gizlilik ve ölçeklenebilirlik sorunlarının çözümü gereklidir.

• Blokzincir Platformu ve Mutabakat Algoritması

Blokzincirin üç farklı türü bulunmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır:

- Kamuya açık (*public*): Tamamen merkezi olmayan bir yapıdır. Herkes dağıtılmış ağa katılabilir, işlem yapabilir, veri işlemlerini kontrol edebilir ve doğrulayabilir ve mutabakat işlemine katılabilir.
- Özel (*private*) Blokzincir: Düğümler kısıtlamalara tabidir ve herkes blokzincire katılamaz. Bir merkezi organizasyon tarafından ağa katılabilecek aktörler belirlenir. Örneğin bir şirket kurum içi blokzincir oluşturabilir ve çalışanların blokzincirdeki erişim haklarını ve yetkilerini belirleyebilir.
- Konsorsiyum Blokzincirleri: Kısmen merkezi olmayan yarı-dağıtık bir yapısı vardır. Önceden belirlenmiş düğümler mutabakat işlemlerinde görev alabilir. Örneğin farklı organizasyonlar arasında kurulan blokzincirler bu özelliklere sahip olabilir. Yetkisi olan aktör önceden belirlenir, sadece bu aktörler onaylama işlemlerini gerçekleştirebilir.

ESKS için genellikle özel ya da konsorsiyum blokzincir platformları desteklenmektedir. Kamuya açık blokzincir bir mutabakat algoritması kullanılmaktadır. Çalışmanın ispatı ya da işlem kanıtı olarak Türkçe'ye çevrilebilen “*Proof of Work*” (*PoW*) dijital para birimleri tarafından da kullanılan ve en çok bilinen mutabakat algoritmasıdır. Diğer algoritmaların arasında *PBFT* (*Practical Byzantine Fault Tolerance*), *Proof of Stake* (*PoS*), *Proof of Authority* (*PoA*) ve hibrit algoritmalar sayılabilir. Bu şekildeki mutabakat algoritmaları ölçeklenebilirlik açısından problem yarattığı için kamuya açık blokzincir tercih edilmemektedir (Zhanga, Whitea, Schmidta, Lenzb, & Rosenbloom, 2018).

• Akıllı Sözleşmeler

Akıllı sözleşme çeşitli taraflar arasında yapılan dijital bir anlaşmadır. Ağdaki tüm katılımcılar tarafından kabul edilen belirli kuralları, kodları ve kısıtlamaları izleyen bir bilgisayar protokolüdür. Geleneksel sözleşmeler uzun sayfalar halinde ve basılı olduğu için kaynak tüketimi fazladır. Buna karşılık, akıllı sözleşmeler, gerekli şartlar yerine getirildiğinde kendi kendini yöneten bilgisayar tabanlı dijital programlardır.

Sağlık kayıtlarının paylaşımı, aidiyeti ve gizliliğinin korunması için blokzincir sisteminde hasta ve diğer tüm paydaşlar arasında her paydaşı temsil eden bir sözleşme hazırlanmalıdır. Şöyle ki hangi sağlık kurumlarının veri depolama yetkisinin olduğu, kimlerin bu verilere erişim yetkisi olacağı, ilaç ve laboratuvar verilerinin hangi çerçevede toplanacağı akıllı sözleşme ile belirlenebilir. Hasta, sağlık kurumu ya da eczane arasında bir işlem gerçekleştiğinde her paydaş akıllı sözleşmede izin verildiği ölçüde işlem yapma, verileri görme, değiştirme ve kaydetme yetkisine sahip olur. Geleneksel sözleşmelere nazaran daha hızlıdır ve veri inceleme ve veriye ulaşma süresini azaltır. Dağıtık bir sistemdir. Merkezi sistemlere göre daha güvenli olduğu varsayılmaktadır.

Bu olumlu yanlarının dışında akıllı sözleşmeler bazı açılardan problemlidir. Henüz yasa çerçevesinde düzenlenmemiş olduğundan resmi statüleri yoktur. Eğer sisteme kod ya da kurallar yanlış girilirse paylaşım ve erişim hataları oluşabilir. Kod hatalarının düzeltilmesi zor ve maliyetli bir işlemdir.

Yine de akıllı sözleşmeler sayesinde çok paydaşlı bir sistem dijital olarak güvenilir bir şekilde işleyebilir. Sağlık kayıtlarındaki en büyük problemlerden olan veri paylaşımı da bu şekilde çözülebilir.

Akıllı sözleşmelerin gizli kontratlar adı verilen yeni bir türü de ortaya çıkmıştır. Dijital para birimleri tarafından kullanılan akıllı kontratların bahsedildiği gibi üsünlüklerini savun-

makla beraber verilere herkesin ulaşabilmesinden dolayı gizlilik açısından yetersiz olmalarından dolayı bu kontrat türü ortaya çıkmıştır. Gizli kontratlara örnek olarak Enigma adlı oluşum incelenmeye değerdir(Kıyak, Coşkun, & IBudakoğlu, 2019).

4.5. Blokzincir kullanımında endişeler

Sağlık verileri, hasta kayıtları, tıbbi deneyler, ilaç kullanımı ve ilaç bilgileri, laboratuvar kayıtları ve büyük veriyi oluşturan tıbbi görüntülerle beraber düşünüldüğünde bir dev üstelik sürekli büyüyen bir devdir. Tüm kayıtların blokzincirde tutulması (bu konuda literatürde bazı öneriler olsa da) çok mümkün görünmemektedir. Bu nedenle sadece kayıtlara ilişkin adres bilgilerinin blokzincirde tutulması önerilmektedir. Bu durumda kayıtların tutulduğu veritabanlarının güvenliğinin sağlanması açık bir sorun olarak kalmaktadır. Sistemin dışında kalan bu verilerin değiştirilmemesinin garanti altına alınması imkansızdır.

Bir diğer sorun, verilerin değiştirilemez olması ile ilgilidir. Zincirdeki verinin değiştirilemez olması bazı hastalar açısından istenmeyen durumlar oluşturur. Örneğin geçirilen bir operasyonun birinci derece akrabalar dahil hiç kimse tarafından öğrenilmesi istenmiyorsa, kamuya açık erişimli bir blokzincirde bu bilginin silinemez ve değiştirilemez bir şekilde paylaşılması etik olmayacaktır. Anonimleştirilmiş veri paylaşımı (önceki bölümde anonimleştirmenin her zaman başarılı olmayacağı anlatılmıştır) özel ya da konsorsiyum blokzincir kullanılması bu sorunun çözümüne yardımcı olabilir. Ancak bu durum için en uygun olan kişinin zincir dışında kalmayı seçme şansının olması, unutulma hakkını kullanabilmesidir. Bu kişilerin haklarını korumak için en doğru yöntemdir. Aynı zamanda verinin sahibinin hastanın kendisi olduğu bir sistem oluşturmak için de gereklidir.

Sorunlardan bir diğeri hukuki boyut ile ilgilidir. Tüm ülkelerde kanun koyucular blokzincir ile ilgili düzenlemeleri henüz tam olarak yapmadığı için, blokzincirin yasal durumu netlik kazanmamıştır. Kullanım sayısı ve kullanım alanları arttıkça ve özellikle de sağlık alanında kullanımı yaygınlaştıkça, yasal düzenlemelerin gerekliliğine duyulan ihtiyaç da artacaktır. Resmi kayıtlar, mobil uygulamalardan ve giyilebilir sensörlerden alınan sağlık verileri de dahil olmak üzere, tüm ESK'nın toplanmasını blokzincir ile kayıt altına alınmasını desteklemelidir.

Teoride “%51 Atağı” olarak bilinen bir problem de, sistemin devamını sağlayan bilgisayarlara (node) sahip olan madencilerin %51'inin anlaşması sonucunda sistemi çökertilebileceğini elde etmeleridir. Merkezi bir otoritenin onayına ihtiyaç duyulmadan, araçlar olmadan işlemlerin onaylanmasını sağlayan bu mekanizma bağlı bulunan düğümlerin onaylaması ile işlediği için bu tür bir anlaşma sistemin tıkanmasına yol açabilir. Ne kadar imkansız görünse

de, bir şekilde çoğunluk (%51) anlaşip geçersiz bir işlemi geçerli kabul eder ve onaylayıp blokzincire kaydederse, sistemin güvenilirliği zarar görür (Yli-Huumo et al. 2016).

Ölçeklenebilirlik sorunu, teknik sorunlar içerisinde en önemlisidir. Veri aktarım hızı çok yüksek olmadığı için sistemin ESK gibi büyük miktarda veriyi hızlı bir şekilde işlemesi mümkün olmayabilir. Örneğin, *Bitcoin* blokzinciri saniyede sadece 7 aktarımı işleme kapasitesine sahiptir. Ayrıca blokların büyüklükleri de 1 MB ile sınırlıdır (Zheng et al. 2017).

Blokzincir büyümeye devam ettikçe, sistemin ölçeklenebilirliği tehlikeye girer, çünkü sadece büyük depolama alanlarına ve yüksek hesaplama gücüne sahip kullanıcılar, blokzincirde madenciler olarak da anılan tam yetkili düğümler olarak yer alabilir (Mayer, André da Costa, & Rosa Righi, 2019). Düğüm çeşitliliği sistemin ölçeklenebilirliğini artırır.

Diğer bir teknik sorun enerji sarfıyatıdır. Sistemin devamı için gerekli olan madencilik faaliyetinde sadece Bitcoin blokzinciri için bir yılda harcanan elektrik enerjisi, İsviçre büyüklüğü gücünde bir ülkenin bir yıllık enerji tüketimine eşittir (Lee 2018).

5. Sonuç

1920’den beri düzenli olarak kayıt edilmeye başlanmış olan ESK, 100. yılında tamam anlamıyla dijital ikiye sahip olamamıştır. Bir kişinin doğumundan itibaren doktor ziyaretlerine, hastalıklarına, aldığı tanılara, kullandığı ilaçlara, geçirdiği operasyonlara kısaca aldığı tüm sağlık hizmetlerine dijital olarak tek ve basit bir sistem ile erişmek halen büyük sorun teşkil etmektedir.

Girdiğimiz yeni yüzyılda, her veriyi kayıt altına almanın ve istenilen analizi rahatça yapabilmenin bir bedeli olarak güvenlik ve gizlilik en büyük kaygımız olmaya başlamıştır. Kişisel verilerin en yüksek fiyatı biçenin hizmetinde olduğu bir dönemde sağlık verilerini eski sistemlerle ya da kontrolsüz olarak paylaşmak çok risklidir. ESK konusunda en büyük soru işaretlerinden biri gizlilik olmasına rağmen, bu büyük ve eşsiz verinin saklanması ve yeni veri bilimi araçları ile analiz edilmesi çaresiz hastalıklar için bir umut da olabilecektir. Bundan dolayıdır ki, ESK ve ESKS eskisinden bile daha önemli hale gelmiştir.

Blokzincir, güvenlik ve gizlilik ile ilgili sorunların çözümünde önemli bir seçenektir. Bunun da ötesinde, son yıllarda birlikte çalışabilirlik ve uyumluluk ile ilgili ortaya çıkan teknolojiler ve oluşturulan bütün standartlara rağmen bunu tam olarak gerçekleştiren bir sistem henüz bulunmamaktadır. Blokzincir, çalışmada bahsedilen tüm problemlerine karşılık, bu konuda iyi bir başlangıç olma potansiyeline sahiptir.

Kaynakça / References

- Akal, Ş. (2017, 17-20 Ekim 2017). *Sağlık 4.0 Uygulamalarının Önündeki Büyük Sorun: Elektronik Hasta Kayıtlarının Erişimi ve Korunması* Paper presented 18 October 2020 at the IMISC 2017, 17-20 October 2020, İstanbul Üniversitesi Enformatik Bölümü.
- Bhartiya, S., Mehrotra, D. (2014). Challenges and Recommendations to Healthcare Data Exchange in an Interoperable Environment. *Electronic Journal of Health Informatics* 8(2), 16.
- Bonacina, S., Marceglia, S., Pincioli, F. (2011). Barriers Against Adoption of Electronic Health Record in Italy. *Journal of Healthcare Engineering* 2(4), 509-526.
- Chen, E. S., Sarkar, I. N. (2014). Mining the electronic health record for disease knowledge. *Methods Mol Biol*, 1159, 269-286. doi:10.1007/978-1-4939-0709-0_15
- Conceicao, A. F. d., Correa da Silva, F. S., Rocha, V., Locoro, A., Barguil, J. M. M. (2018). Eletronic Health Records using Blockchain Technology.
- 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. doi:10.1016/j.scs.2018.02.014
- Dijital Hastane. (2020). HL7 Nedir. Retrieved from <https://dijitalhastane.saglik.gov.tr/TR,4880/hl-7-health-level-seven---saglik-seviye-7-standardi.html>
- Dönmez, O. O. (2019). *Eski Mısır Uygarlığında Tıp Uygulamaları*. Pamukkale Üniversitesi,
- Evans, R. S. (2016). Electronic Health Records: Then, Now, and in the Future. *Yearb Med Inform, Suppl 1*, S48-61. doi:10.15265/IYS-2016-s006
- Gartee, R. (2017). *Electronic Health Records: Understanding and Using Computerized Medical Records*: Pearson.
- Gesulga, J. M., Berjameb, A., Moquialac, K. S., Galidod, A. (2017). *Barriers to Electronic Health Record System Implementation and Information Systems Resources: A Structured Review*. Paper presented at the 4th Information Systems International Conference 2017, ISICO 2017, 6-8 November 2017, Bali, Indonesia.
- Guan, M., Cho, S., Petro, R., Zhang, W., Pasche, B., Topaloglu, U. (2019). Natural language processing and recurrent network models for identifying genomic mutation-associated cancer treatment change from patient progress notes. *JAMIA Open*, 2(1), 139-149. doi:10.1093/jamiaopen/ooy061
- Hayrinen, K., Saranto, K., Nykanen, P. (2008). Definition, structure, content, use and impacts of electronic health records: a review of the research literature. *Int J Med Inform*, 77(5), 291-304. doi:10.1016/j.ijmedinf.2007.09.001
- Health IT Dashboard. (2017). Office-based Physician Electronic Health Record Adoption. Retrieved from <https://dashboard.healthit.gov/quickstats/pages/physician-ehr-adoption-trends.php>
- ISO. (2003). *Electronic Health Record-Definition Scope and Context*. Retrieved from
- ISO. (2005). *ISO - ISO/TR 20514:2005 - Health informatics — Electronic health record — Definition, scope and context*. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/39525.html>
- Ivan, D. (2019). Moving Toward a Blockchain-based Method for the Secure Storage of Patient Records.
- Kıyak, Y. S., Coşkun, Ö., Budakoğlu, Ş. İ. (2019). Blokzinciri, Akıllı Kontratlar ve Sağlık Alanındaki Üç Uygulama Örneği. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 22(2), 457-466.
- Marquez, G., Taramasco, C., Astudillo, H. (2020). *Defining Security Metrics To Evaluate Electronic Health Records Systems: A Case Study in Chile*. Paper presented at the 2020 IEEE International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C).
- Mayer, A. H., André da Costa, C., Rosa Righi, R. d. (2019). Electronic health records in a Blockchain: A systematic review. *Health Informatics Journal*.

- McDonald, C. J. T., Paul C. . (2014). Electronic Health Record Systems. In E. H. ShortliffeandJ. J. Cimino (Eds.), *Biomedical Informatics Computer Applications in Health Care and Biomedicine*: Springer Verlag
- Mearian, L. (2018). Blockchain Technology in Healthcare in 2019. Retrieved from <https://www.computerworld.com/article/3294996/by-2020-1-in-5-healthcare-orgs-will-adopt-blockchain-heres-why.html>
- Onik, M. H., Aich, S., Yang, J., Kim, C.-S., Kim, H.-C. (2019). Blockchain in Healthcare: Challenges and Solutions. In *Big Data Analytics for Intelligent Healthcare Management* (pp. 197-226).
- Park, Y. R., Lee, E., Na, W., Park, S., Lee, Y., Lee, J. H. (2019). Is Blockchain Technology Suitable for Managing Personal Health Records? Mixed-Methods Study to Test Feasibility. *J Med Internet Res*, 21(2), e12533. doi:10.2196/12533
- Paulsrud, V., Snihs, J. (2019). Blockchain Technology in the Health Data Ecosystem. *DegreeProject in Industrial Engineering and Management*, 2.
- Schmalhofer, F. (2001). Expert Systems in Cognitive Science. In *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 5128–5135).
- T.C. Sağlık Bakanlığı Dijital Hastane. (2020). EHR (Electronic Health Record) - ESK (Elektronik Sağlık Kaydı). Retrieved from <https://dijitalhastane.saglik.gov.tr/TR,4874/ehr-electronic-health-record---esk-elektronik-saglik-kaydi.html>
- 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. doi:10.1016/j.jisa.2019.102407
- TTB, TEC, TBB. (2018). *Kişisel Sağlık Verileri* Paper presented at the Kişisel Sağlık Verileri 3. Ulusal Kongresi.
- Yasnoff, W. A. (2014). Health Information Infrastructure. In E. H. ShortliffeandJ. J. Cimino (Eds.), *Biomedical Informatics Computer Applications in Health Care and Biomedicine*: Springer Verlag
- Zhanga, P., Whitea, J., Schmidta, D. C., Lenzb, G., Rosenbloom, S. T. (2018). FHIRChain: Applying Blockchain to Securely and Scalably Share Clinical Data. *The Journal of Network and Computer Application*.
- Zunic, A., Corcoran, P., Spasic, I. (2020). Sentiment Analysis in Health and Well-Being: Systematic Review. *JMIR Med Inform*, 8(1), e16023. doi:10.2196/16023