



**ΤΜΗΜΑ ΑΡΧΕΙΟΝΟΜΙΑΣ, ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**DEPARTMENT OF ARCHIVAL, LIBRARY AND INFORMATION STUDIES  
SCHOOL OF MANAGEMENT, ECONOMICS AND SOCIAL SCIENCES**

**Πτυχιακή Εργασία**

**Κατανόηση και Εφαρμογή της Τεχνολογίας Blockchain και η  
ανάδειξη της χρησιμότητάς της στη διαχείριση Ιατρικών  
Φακέλων Ασθενών: Προκλήσεις και Ευκαιρίες**

**Χριστίνα Κατσικαδάκου (ΑΜ: 17033)**

**Γεώργιος Γεωργίου (ΑΜ: 17012)**

**Επιβλέπων: Γεώργιος Γιαννακόπουλος**

**Αθήνα, Σεπτέμβριος 2023**

# Επιτροπή Εξέτασης

**1. Ονοματεπώνυμο**

Γεώργιος Γιαννακόπουλος

**2. Ονοματεπώνυμο**

Αλέξανδρος Κουλούρης

**3. Ονοματεπώνυμο**

Χρήστος Ζαμπακόλας

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Χριστίνα Κατσικαδάκου με αριθμό μητρώου 17033, φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών του Τμήματος Αρχαιονομίας, Βιβλιοθηκονομίας και Συστημάτων Πληροφόρησης, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Γεώργιος Γεωργίου με αριθμό μητρώου 17012, φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών του Τμήματος Αρχαιονομίας, Βιβλιοθηκονομίας και Συστημάτων Πληροφόρησης, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών



## Ευχαριστίες – Αφιερώσεις

Για την παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα “Κατανόηση και Εφαρμογή της Τεχνολογίας Blockchain και η ανάδειξη της χρησιμότητάς της στη διαχείριση Ιατρικών Φακέλων Ασθενών: Προκλήσεις και Ευκαιρίες” θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον κ. Νικόλαο Καρεκλά, για την πολύτιμη βοήθειά του και τις συμβουλές που μας παρείχε καθ’ όλη τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας μας, καθώς επίσης θα θέλαμε να εκφράσουμε την εκτίμησή μας για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε. Επιπλέον, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το σύνολο των καθηγητών του τμήματος για την διαρκή στήριξή τους και τις γνώσεις που μας παρείχαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μας. Τέλος, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τους φίλους μας και συγγενείς που τέλεσαν συνοδοιπόροι στα φοιτητικά μας χρόνια.

20/09/2023

Χριστίνα Κατσικαδάκου

Γεώργιος Γεωργίου

## Περίληψη στα ελληνικά

Τα τελευταία χρόνια εντοπίζονται αρκετές τεχνολογικές αλλαγές στον τομέα της Αρχειακής Επιστήμης, μερικές από τις οποίες είναι τα συστήματα διαχείρισης ηλεκτρονικών αρχείων και οι cloud-based υπηρεσίες λογισμικού. Η αποτελεσματική διαχείριση των αρχειακών τεκμηρίων, σε οποιοδήποτε μορφότυπο κι αν είναι, διασφαλίζει την ικανότητα οργανισμών και εταιρειών να λειτουργούν αποτελεσματικά, παρέχοντας τεκμηριωμένες πληροφορίες στους χρήστες.

Λόγω της μεγάλης ποσότητας δεδομένων και της δυσκολίας επεξεργασίας και διατήρησής τους, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη, ώστε να διασφαλίζονται τα δεδομένα των χρηστών από μη εξουσιοδοτημένες παραβιάσεις, οι χρήστες να διατηρούν τον πλήρη έλεγχο της πρόσβασης στις πληροφορίες τους, ενώ ταυτόχρονα να διευκολύνεται η πρόσβασή τους σε αυτές.

Μία από τις αναδυόμενες τεχνολογίες, η οποία σχετίζεται με τη διαχείριση της πληροφορίας είναι η Τεχνολογία Blockchain. Η Τεχνολογία Blockchain μπορεί να προσφέρει λύσεις στις δυσκολίες που συνδέονται με τη διαχείριση και τήρηση αρχειακών τεκμηρίων. Με το Blockchain δημιουργούνται νέες τεχνικές τήρησης αρχείων, ενώ ήδη αρκετές χώρες ανά τον κόσμο εξετάζουν ή ήδη χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία για τήρηση και διανομή πληροφοριών.

**Λέξεις Κλειδιά:** Blockchain, Τεχνολογία Blockchain, Ιατρικά Αρχεία, Διαχείριση Αρχείων, Ελληνικό Σύστημα Υγείας

## Περίληψη στα αγγλικά

In recent years, several technological changes have been identified in the field of Records Management. Some of them are electronic records management systems and cloud-based software services. Effective management of records, in whichever format they are in, ensures that organizations and companies can operate effectively by providing documented information to users.

Due to the large amount of data and the difficulty of processing and maintaining it, there is a growing need to secure user data from unauthorized breaches, to ensure that users retain full control of access to their information, while at the same time facilitating access to it.

One of the emerging technologies, which is related to information management is Blockchain Technology. Blockchain Technology can provide solutions to the difficulties associated with managing and maintaining records. With Blockchain, new record keeping techniques are being created and already several countries around the world are considering or already using this technology for record keeping and information distribution.

The aim of this paper is to highlight the correlation that can be made between Blockchain Technology and the management of records in general, while at the same time a comparative case study will be made on medical records, in order to understand whether the application of Blockchain Technology could bring any benefit to their management.

**Keywords:** Blockchain, Blockchain Technology, Medical Records, Records Management, Greek Healthcare System

## **Πλαίσιο, σκοπός και στόχοι της πτυχιακής εργασίας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη της χρησιμότητας της Τεχνολογίας Blockchain, σε συσχετισμό με τη διαχείριση ιατρικών φακέλων ασθενών, τηρώντας τον αρχειακό κύκλο ζωής. Αρχικά, θα προσδιοριστούν τα βασικά στοιχεία και τα δυνητικά πλεονεκτήματα, που μπορεί να προσφέρει η τεχνολογία Blockchain, όσον αφορά την ενισχυμένη ασφάλεια, διαφάνεια, ακεραιότητα και προσβασιμότητα των δεδομένων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

Η εργασία αυτή επιδιώκει επίσης, να εντοπίσει τυχόν νομοθετικά κενά ή περιορισμούς που ενδέχεται να εμποδίζουν τη χρήση της εν λόγω τεχνολογίας, ως προς τη διαχείριση των ιατρικών δεδομένων. Επιπλέον, θα αξιολογηθεί η σκοπιμότητα της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας Blockchain στο Ελληνικό Σύστημα Υγείας, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές απαιτήσεις, την επεκτασιμότητα και τη δια-λειτουργικότητα.

Ένας ακόμη στόχος είναι η κατανόηση του τρόπου, με τον οποίο μια κατάσταση κρίσης μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία και την αξιοπιστία του δικτύου μιας Blockchain, που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση ιατρικών φακέλων ασθενών, συμπεριλαμβανομένων παραγόντων, όπως τα μαζικά αιτήματα χρηστών, η κατανάλωση πόρων, οι συγχωνεύσεις ιδρυμάτων ή οι φυσικές καταστροφές. Επιπλέον, θα γίνει διερεύνηση της διατήρησης του απορρήτου, ενημέρωσης των δεδομένων και της ασφαλούς ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ Οργανισμών.

Η ανάλυση των πιθανών προκλήσεων, καθώς και η ανάγκη για διεπιστημονική συνεργασία μεταξύ επιστημόνων της πληροφορικής, επαγγελματιών του τομέα της υγείας και της κοινότητας Blockchain για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και τη διασφάλιση της επιτυχούς εφαρμογής της Τεχνολογίας Blockchain, είναι ένα επιπλέον ζήτημα που θα διερευνηθεί.

Τέλος, θα γίνει μελέτη και σύγκριση 4 περιπτώσιολογικών μελετών (case studies), για την ανάδειξη των ευκαιριών που μπορεί προσφέρει η Τεχνολογία Blockchain αναφορικά με τα ιατρικά αρχεία (medical records), την κατάδειξη ζητημάτων που προκύπτουν, σχετικά με την αποτελεσματικότητά της και θα γίνει καταγραφή προτάσεων βελτίωσης κάθε μελέτης περίπτωσης.



## Μεθοδολογία

Σε πρώτο επίπεδο γίνεται βιβλιογραφική επισκόπηση ξενόγλωσσων και ελληνικών επιστημονικών άρθρων, με στόχο την κατανόηση της Τεχνολογίας Blockchain και ανάλυση των πεδίων, στα οποία μπορεί να εφαρμοσθεί και έχει εφαρμοσθεί μέχρι σήμερα.

Η Τεχνολογία Blockchain θα εξεταστεί σε δεύτερο επίπεδο, κάνοντας ανάλυση 4 περιπτώσιολογικών μελετών, για την ανάδειξη των ευκαιριών που προσφέρει, την κατάδειξη ζητημάτων που προκύπτουν και θα γίνουν προτάσεις βελτίωσης κάθε μελέτης περίπτωσης.

Τέλος, η έρευνα αποσκοπεί να οδηγήσει σε ορισμένα συμπεράσματα, σχετικά με την εφαρμογή της Τεχνολογίας Blockchain στη διαχείριση ιατρικών αρχείων.

## Ορισμοί

**Blockchain:** Ο όρος «Blockchain» αναφέρεται σε ένα αποκεντρωμένο σύστημα αποτελούμενο από μπλοκ (block), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και προστατεύονται με κρυπτογραφικούς μηχανισμούς, προσφέροντας αμεταβλητότητα των δεδομένων και διαφάνεια. (Vitenberg, Tabatabaei, & Veeraragavan, 2022)

**Hash:** Το hash είναι μια μαθηματική συνάρτηση που μετατρέπει κάθε είδους πληροφορία, ανεξάρτητου όγκου, σε έναν κώδικα με σταθερό μήκος. Ανεξάρτητα από τον όγκο των δεδομένων, ο κώδικας θα έχει πάντα το ίδιο μέγεθος. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να ελεγχθεί αν τα δεδομένα παραμένουν ίδια, δηλαδή αμετάβλητα. (Di Pierro, 2017)

**Electronic health records (EHR):** Ο ηλεκτρονικός ιατρικός φάκελος ενός ασθενούς περιλαμβάνει εξαιρετικά ευαίσθητες και εμπιστευτικές λεπτομέρειες σχετικά με το ιατρικό ιστορικό, τη διάγνωση και τη θεραπεία του.

**Peer-to-Peer (P2P):** Είναι ένα δίκτυο υπολογιστών-χρηστών, όπου ο κάθε υπολογιστής-χρήστης, λειτουργεί ως server δίνοντας τη δυνατότητα διαμοιρασμού δεδομένων στο δίκτυο, δίχως την ανάγκη ύπαρξης ενός κεντρικού server-μεσάζοντα.

**Proof-of-Work (PoW):** Το Proof-of-Work σημαίνει απόδειξη εργασίας και στα δίκτυα που βασίζονται στον αλγόριθμο PoW, οι χρήστες ανταγωνίζονται μεταξύ τους αναζητώντας λύση σε δύσκολα μαθηματικά προβλήματα τα οποία στη συνέχεια επαληθεύουν. Μόλις, λοιπόν, ένας από τους χρήστες λύσει την εξίσωση, σχηματίζει ένα νέο block και προτείνει την προσθήκη του στο δίκτυο, ενώ οι υπόλοιποι την επαληθεύουν και μεγαλώνουν το Blockchain. Ο χρήστης που λύνει την εξίσωση λαμβάνει σχετική ανταμοιβή (Gervais, et al., 2016).

**Proof-of-Stake:** Το Proof-of-Stake ή αλλιώς απόδειξη συμμετοχής, αφορά την επικύρωση που κάνει εκείνος που έχει το οικονομικό μερίδιο με τη μεγαλύτερη αξία και η ανταμοιβή είναι

ανάλογη με την αξία αυτή και όχι ανάλογη με την εργασία (Li, Andreina, Bohli, & Karame, 2017).

# Πίνακας περιεχομένων

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΞΕΤΑΣΗΣ.....	II
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	III
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ – ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ .....	V
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ .....	VI
ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ .....	VII
ΠΛΑΙΣΙΟ, ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	VIII
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	IX
ΟΡΙΣΜΟΙ.....	IX
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....	XI
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	XV
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.    ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.    ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ BLOCKCHAIN .....	3
2.1    ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΟΥ ΚΑΘΟΛΙΚΟΥ (DISTRIBUTED LEDGER TECHNOLOGY).....	3
2.2    ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΣΗ ΣΤΟ BLOCKCHAIN .....	4
2.3    ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ BLOCKCHAIN;.....	4
2.4    Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ BLOCKCHAIN.....	6
2.5    ΤΥΠΟΙ BLOCKCHAIN .....	7
2.6    ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ BLOCKCHAIN.....	9
2.6.1    Παραδείγματα Πλατφόρμων Blockchain .....	10
2.7    HASH ALGORITHMS.....	12
2.7.1    Crypto Hash Algorithm .....	12
2.8    MERKLE TREE.....	13
2.8.1    Πλεονεκτήματα του Merkle tree .....	15
2.8.2    Double-SHA256.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.    ΚΛΑΔΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ BLOCKCHAIN.....	16
3.1    ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ.....	16
3.2    ΑΛΥΣΙΔΑ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ LOGISTICS.....	18
3.3    ΙΑΤΡΟΦΑΡΜΑΚΕΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗ .....	19
3.4    ΚΥΒΕΡΝΗΣΗ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ.....	20
3.5    ΑΚΙΝΗΤΗ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑ.....	21

3.6	ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ.....	21
3.7	ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ ΚΑΙ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑ .....	22
3.8	ΑΣΦΑΛΕΙΑ .....	23
3.9	ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ.....	23
3.10	ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ .....	24
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΙΑΤΡΙΚΟΥ ΦΑΚΕΛΟΥ .....</b>		<b>26</b>
4.1	ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΚΚΑΘΑΡΙΣΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ.....	26
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. BLOCKCHAIN ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗΣ .....</b>		<b>28</b>
5.1	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΦΑΚΕΛΩΝ.....	28
5.2	ΑΝΑΛΥΣΗ SWOT.....	29
5.2.1	<i>Πλεονεκτήματα .....</i>	<i>29</i>
5.2.2	<i>Αδυναμίες .....</i>	<i>30</i>
5.2.3	<i>Δυνατότητες .....</i>	<i>31</i>
5.2.4	<i>Απειλές .....</i>	<i>32</i>
5.3	ΤΡΟΠΟΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ.....	33
5.3.1	<i>Αποκέντρωση .....</i>	<i>33</i>
5.3.2	<i>Δομή δεδομένων .....</i>	<i>34</i>
5.3.3	<i>Χρονοσήμανση και κρυπτογραφία .....</i>	<i>34</i>
5.3.4	<i>Διαλειτουργικότητα .....</i>	<i>35</i>
5.3.5	<i>Μηχανισμός συναίνεσης.....</i>	<i>36</i>
5.3.6	<i>Έξυπνες συμβάσεις .....</i>	<i>37</i>
5.4	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΟΥ BLOCKCHAIN ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	37
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. HIPAA COMPLIANCE.....</b>		<b>39</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. BLOCKCHAIN ΚΑΙ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟΝ GDPR.....</b>		<b>41</b>
7.1	ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ GDPR.....	41
7.1.1	<i>Το δικαίωμα διαγραφής του GDPR .....</i>	<i>42</i>
7.1.2	<i>Ψευδωνυμοποίηση και ανωνυμοποίηση.....</i>	<i>42</i>
7.1.3	<i>Νομική βάση για την επεξεργασία δεδομένων .....</i>	<i>42</i>
7.1.4	<i>Μεταφορές δεδομένων και αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων .....</i>	<i>42</i>
7.2	ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟΝ GDPR.....	43
7.3	Ο ΡΟΛΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΤΟΥ BLOCKCHAIN ΣΤΗ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ ΜΕ ΤΟΝ GDPR.....	44
7.4	ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟΝ GDPR ΕΝ ΜΕΣΩ ΠΡΟΚΛΗΣΕΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΔΙΚΑΙΟΔΟΣΙΩΝ.....	45
7.5	ΛΥΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΙ .....	47
7.6	ΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	48

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ 4 ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ</b>	
<b>BLOCKCHAIN ΣΤΗΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ .....</b>	<b>50</b>
8.1 MEDREC .....	50
8.1.1 Ασφάλεια και ακεραιότητα δεδομένων .....	50
8.1.2 Διαλειτουργικότητα .....	50
8.1.3 Έλεγχος με επίκεντρο τον ασθενή .....	50
8.1.4 Διαχείριση συναίνεσης.....	50
8.1.5 Παρακολούθηση ελέγχου .....	51
8.1.6 Έρευνα και ανάλυση .....	51
8.1.7 Μειωμένο διοικητικό κόστος .....	51
8.1.8 Καταστάσεις έκτακτης ανάγκης .....	51
8.1.9 Απόρρητο και κρυπτογράφηση δεδομένων .....	51
8.1.10 Χρονοσήμανση και χρονολογική σειρά .....	51
8.1.11 Πρόληψη απάτης και επαλήθευση ταυτότητας .....	52
8.2 ΕΣΘΟΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ: KSI BLOCKCHAIN TECHNOLOGY .....	52
8.2.1 Αμετάβλητη ακεραιότητα δεδομένων .....	52
8.2.2 Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο .....	52
8.2.3 Κοινή χρήση δεδομένων.....	52
8.2.4 Ασφάλεια και προστασία της ιδιωτικής ζωής .....	53
8.2.5 Έλεγχος και συμμόρφωση.....	53
8.2.6 Ενδυνάμωση των ασθενών .....	53
8.2.7 Μειωμένο διοικητικό φόρτος.....	53
8.2.8 Ανάκτηση και ανθεκτικότητα δεδομένων.....	53
8.2.9 Διαχείριση συνταγών.....	54
8.2.10 Τηλεϊατρική και απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών .....	54
8.2.11 Κλινικές δοκιμές και ανάπτυξη φαρμάκων .....	54
8.2.12 Πληρωμές και τιμολόγηση .....	54
8.3 HEALTHCHAIN .....	54
8.3.1 Λειτουργική αποδοτικότητα και μείωση του κόστους .....	55
8.3.2 Ασφαλής διαχείριση ταυτότητας.....	55
8.3.3 Παγκόσμια προσβασιμότητα .....	55
8.3.4 Έξυπνες συμβάσεις για αυτοματοποίηση .....	55
8.3.5 Καινοτομία στην τηλεϊατρική .....	55
8.3.6 Πρωτοβουλίες εκπαίδευσης και κατάρτισης .....	56
8.3.7 Δεοντολογική κοινή χρήση δεδομένων και συναίνεση .....	56
8.3.8 Κυβερνητική και ρυθμιστική συνεργασία.....	56
8.4 MEDICALCHAIN.....	56
8.4.1 Ιστορικό .....	56

8.4.2	Βασικές πτυχές και επιτεύγματα .....	57
8.4.3	Έρευνα και Ανάπτυξη .....	57
8.4.4	Προκλήσεις και προβληματισμοί.....	57
8.4.5	Μελλοντικές προοπτικές.....	58
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ .....</b>		<b>59</b>
9.1	ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ.....	60
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>		<b>61</b>
10.1	ΒLOCKCHAIN ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗΣ.....	61
10.2	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗΣ .....	62
10.3	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΘΕΜΑΤΩΝ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ .....	64
10.4	ΜΕΛΕΤΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ: ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗΣ .....	65
10.5	ΒLOCKCHAIN ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΠΕΡΙΘΑΛΨΗ .....	66
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ .....</b>		<b>68</b>
11.1	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	68
11.2	ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΑ ΠΛΑΙΣΙΑ.....	68
11.3	ΑΠΌΡΡΗΤΟ ΚΑΙ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΚΆ ΖΗΤΗΜΑΤΑ.....	68
11.4	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ .....	69
11.5	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΤΩΝ ΑΣΘΕΝΩΝ.....	69
11.6	ΔΡΌΜΟΙ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ .....	70
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ .....</b>		<b>71</b>
12.1	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ .....	72
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΥΡΗΜΑΤΑ / ΕΠΙΤΕΥΓΜΑΤΑ .....</b>		<b>75</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>		<b>77</b>

## Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1. Simplified structure of a Blockchain.....	5
Εικόνα 2. (A) Hash μπλοκ κατακερματισμού & (B) Δίκτυο blockchain.....	12
Εικόνα 3. Merkle tree.....	14
Εικόνα 4. Επισκόπηση της αρχιτεκτονικής του Double SHA-256 .....	15





# Κεφάλαιο 1. Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη αναφορά σε κάτι που θυμίζει την Τεχνολογία Blockchain έγινε το 1979, στη διατριβή του Ralph Merkle. Ο συγγραφέας αναφέρεται σε ένα σύστημα ψηφιακής υπογραφής (digital signature system), του οποίου η ασφάλεια θα βασίζεται στην κρυπτογράφηση κάθε block. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται «tree signature». Ουσιαστικά, ο Merkle εξηγεί πώς τα δεδομένα μπορούν να συνδεθούν σε μια δομή δέντρου, γνωστή σήμερα ως Merkle tree ή αλλιώς Hash Tree. (Merkle, 1979)

Το 1983, ο κρυπτογράφος και επιστήμονας της Πληροφορικής David Chaum πρότεινε μέσω της διατριβής του “Computer Systems Established, Maintained, and Trusted by Mutually Suspicious Groups”, ένα πρωτόκολλο που θυμίζει τη λειτουργία του Blockchain, το οποίο θα επέτρεπε ψηφιακές συναλλαγές, χωρίς την ανάγκη μιας αρμόδιας αρχής, όπως μίας τράπεζας (Chaum, 1983) (Robinson & Novak-Leonard , 2021).

Αργότερα το 1991, η Stuart Haber και η W. Scott Stornetta, με βάση τις προαναφερθείσες ιδέες και έχοντας ως ζητούμενο την ανάγκη πιστοποίησης της ημερομηνίας δημιουργίας, τροποποίησης και τελευταίας έκδοσης ενός εγγράφου, περιέγραψαν μια κρυπτογραφική αλυσίδα από block, με στόχο να εξασφαλίσουν πως τα ψηφιακά αρχεία θα έχουν μία χρονική σφραγίδα (Time-Stamp) και πως το περιεχόμενό τους θα είναι αδύνατο να αλλαχθεί εκ των υστέρων (Haber & Stornetta, 1991).

Η πρώτη πρακτική εφαρμογή του Blockchain ήταν το 2009, με την ανάπτυξη του ψηφιακού νομίσματος Bitcoin. Ειδικότερα το 2008, ένας συγγραφέας (ή ομάδα) επ’ ονόματι Satoshi Nakamoto δημοσίευσε μία εργασία με τίτλο “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, όπου παρουσίασε τον όρο “αλυσίδα από blocks” (chain of blocks), που εξελίχθηκε στο σημερινό όρο Blockchain (Nakamoto, 2008). Ως αποτέλεσμα, το Blockchain συνδέθηκε στενά με τα κρυπτονομίσματα (cryptocurrencies) και σχεδόν όλα βασίζονται σε αυτήν την Τεχνολογία. Ο τρόπος λειτουργίας, ο οποίος αναφέρεται παρακάτω, προσφέρει απόλυτη εμπιστοσύνη στην ύπαρξη και λειτουργία των κρυπτονομισμάτων και είναι ο λόγος που κανένας hacker δε μπορεί να παράγει ένα ή περισσότερα Bitcoin.

Παρότι η ιστορία της τεχνολογίας blockchain απέκτησε ενδιαφέρον λόγω του άρθρου του Satoshi Nakamoto και τη δημιουργία του Bitcoin, η αρχιτεκτονική της blockchain βασίζεται στο έργο του Chaum, ο οποίος ίδρυσε μια εταιρεία με την ονομασία DigiCash το 1989. Το 1995, η εταιρεία αυτή εισήγαγε ένα κρυπτονόμισμα που ονομαζόταν ποικιλοτρόπως digicash/eCash/cyberbucks. Το ψηφιακό νόμισμα της DigiCash υποσχέθηκε να προσφέρει

πολλά από τα χαρακτηριστικά των σύγχρονων κρυπτονομισμάτων. Η εταιρεία έδωσε έμφαση στην ανωνυμία ως βασικό πλεονέκτημα. Ωστόσο, οι τράπεζες δεν υποστήριξαν το project του Chaum και δίχως υποδομή διαδικτύου για την υποστήριξη peer-to-peer (ομότιμων) συναλλαγών και μόνο ανταλλαγών, το project απέτυχε. Η DigiCash κήρυξε πτώχευση το 1998 (Larrier, 2021).

Το πρωτόκολλο blockchain που περιγράφεται στην ερευνητική εργασία του Nakamoto είναι ουσιαστικά το ίδιο με αυτό του David Chaum. Η μόνη ουσιαστική διαφορά είναι η προσθήκη του μηχανισμού συναίνεσης Proof-of-Work του Bitcoin για την επικύρωση των μπλοκ δεδομένων και την εξόρυξη νομισμάτων.

Σήμερα, οι ερευνητές πειραματίζονται με παραλλαγές της βασικής αρχιτεκτονικής blockchain. Τα τέλη συναλλαγών είναι υψηλά και οι χρόνοι επεξεργασίας εκτείνονται από ώρες έως και ημέρες. Πολλά από τα νέα blockchain ενσωματώνουν καινοτόμες λύσεις σε αυτά τα προβλήματα. Οι ερευνητές συνεχίζουν να πειραματίζονται με μηχανισμούς συναίνεσης, ιδιωτικά blockchain και άλλα τεχνικά ζητήματα (Muhammad, Gorinath, Asmidar, Jatowt, & Kawai, 2018).

Το Blockchain συνεπώς, αποτελεί μία ψηφιακή βάση και στη βάση αυτή καταγράφονται συναλλαγές, καθώς η πρόσβαση στο σύστημα ελέγχεται από άλλους συμβαλλομένους. Κάθε block της αλυσίδας ενσωματώνει κάποιες συναλλαγές, ενώ νέες εγγραφές προστίθενται κάθε φορά που πραγματοποιείται και μια νέα συναλλαγή. Το κάθε block μπορεί να δεχτεί έναν συγκεκριμένο αριθμό δοσοληψιών και όταν ο αριθμός αυτός συμπληρωθεί, το block παύει να είναι ενεργό και τοποθετείται στη σειρά του στην αλυσίδα, αφού συνδεθεί με έναν μοναδικό τρόπο με το προηγούμενο block (Aggarwal & Kumar, 2021).

Από την εισαγωγή του Bitcoin το 2009, οι χρήσεις της αλυσίδας μπλοκ έχουν αυξηθεί μέσω της δημιουργίας διαφόρων κρυπτονομισμάτων, αποκεντρωμένων χρηματοοικονομικών εφαρμογών (DeFi), non-fungible tokens (NFTs) και έξυπνων συμβολαίων.

Συνεκδοχικά, υπάρχουν πολλές πιθανές χρήσεις του Blockchain, όπως για παράδειγμα στις εταιρείες logistics, στη διαχείριση ταυτότητας ή και στον τομέα που εξετάζεται σε αυτήν την εργασία, δηλαδή στη διαχείριση Ιατρικών Φακέλων Ασθενών κ.ά.

# Κεφάλαιο 2. Εννοιολογική και Τεχνική περιγραφή της Τεχνολογίας Blockchain

## 2.1 Τεχνολογία Κατανεμημένου Καθολικού (Distributed Ledger Technology)

Προτού γίνει αναφορά στο γενικότερο πλαίσιο της Τεχνολογίας Blockchain και ειδικότερα στη χρήση της για τη Διαχείριση Ιατρικών Φακέλων, είναι σημαντικό να κατανοηθεί τί είναι η Τεχνολογία Κατανεμημένου Καθολικού.

Η DLT (Distributed Ledger Technology) είναι μία αποκεντρωμένη βάση δεδομένων, που χρησιμεύει στην καταγραφή της κυριότητας, για παράδειγμα στην κυριότητα χρήματος ή περιουσιακών στοιχείων. Ουσιαστικά, υποκαθιστά τη λειτουργία των τραπεζών ως προς τις συναλλαγές. Οι τράπεζες χρησιμοποιούν κεντρικά συστήματα, για να καταγράψουν τις συναλλαγές, οι οποίες επιβεβαιώνονται μετά την ολοκλήρωση της συναλλαγής στο κεντρικό σύστημα της εκάστοτε τράπεζας. Η διαφορά με την DLT είναι ότι οι συναλλαγές δεν αποθηκεύονται σε ένα κεντρικό σημείο, αλλά σε ένα δίκτυο πολλών υπολογιστών. Η Τεχνολογία Blockchain είναι ένας τύπος DLT (Bashir, 2018).

Οι σύνθετοι μαθηματικοί αλγόριθμοι προστατεύουν την ακολουθία και διασφαλίζουν την ακεραιότητα και τη μέγιστη ασφάλεια των δεδομένων. Το Blockchain είναι η ολοκληρωμένη καταγραφή όλων των συναλλαγών που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων.

Τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών που βασίζονται στην DLT είναι:

- Εκτέλεση αυτοματοποιημένων και προγραμματισμένων εργασιών
- Ισχυρή κρυπτογράφηση
- Διαφάνεια στις συναλλαγές, αφού οι οντότητες που συμμετέχουν κρατούν ένα αντίγραφο του καταγραφέα (ledger)
- Αξιοπιστία στις συναλλαγές, εφόσον προστατεύονται από ενδεχόμενες κακόβουλες προσπάθειες αλλοίωσης
- Διασφάλιση της ιδιωτικότητας αλλά και της ανωνυμίας στους συμμετέχοντες, καθώς δεν είναι απαραίτητο οι συναλλασσόμενοι να εμφανίζουν την πραγματική τους ταυτότητα
- Ακρίβεια στην ώρα εκτέλεσης κάθε συναλλαγής (Ugarte & Luis, 2018).

## 2.2 Αποκέντρωση στο Blockchain

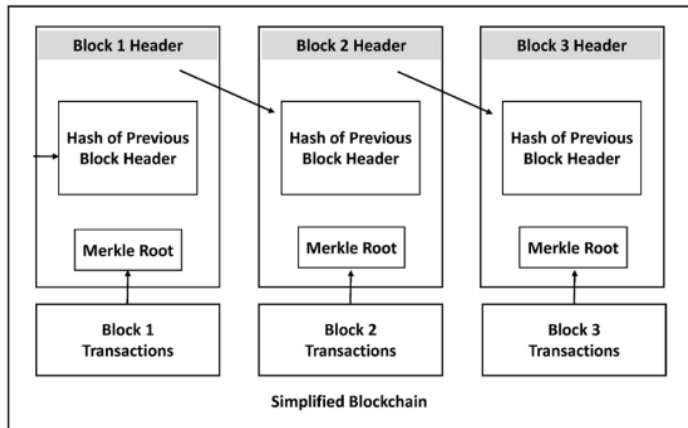
Μία από τις σημαντικότερες έννοιες στην τεχνολογία blockchain είναι η αποκέντρωση. Κανένας υπολογιστής ή οργανισμός δε μπορεί να κατέχει την αλυσίδα. Αντίθετα, πρόκειται για ένα κατακερματισμένο λογιστικό βιβλίο μέσω των κόμβων που είναι συνδεδεμένοι στην αλυσίδα. Οι κόμβοι της αλυσίδας μπλοκ μπορούν να είναι κάθε είδους ηλεκτρονική συσκευή που διατηρεί αντίγραφο της αλυσίδας και διατηρεί τη λειτουργία του δικτύου. Κάθε κόμβος έχει το δικό του αντίγραφο της αλυσίδας μπλοκ και το δίκτυο πρέπει να εγκρίνει αλγοριθμικά κάθε νέο μπλοκ που έχει εξορυχθεί, ώστε η αλυσίδα να ενημερώνεται, να είναι αξιόπιστη και να επαληθεύεται (Zheng, Xie, Dai, Chen, & Wang, 2018).

Δεδομένου ότι οι αλυσίδες μπλοκ είναι διαφανείς, κάθε ενέργεια στο λογιστικό βιβλίο μπορεί να ελεγχθεί και να προβληθεί, δημιουργώντας εγγενή ασφάλεια της αλυσίδας μπλοκ. Σε κάθε συμμετέχοντα δίνεται ένας μοναδικός αλφαριθμητικός αριθμός αναγνώρισης που παρουσιάζει τις συναλλαγές του. Ο συνδυασμός των δημόσιων πληροφοριών με ένα σύστημα ελέγχων βοηθά την αλυσίδα μπλοκ να διατηρήσει ακεραιότητα και να δημιουργήσει εμπιστοσύνη μεταξύ των χρηστών (Mosweu & Chaterera-Zambuko, 2021).

## 2.3 Τί είναι η Τεχνολογία Blockchain;

Όπως έγινε αναφορά παραπάνω, η Τεχνολογία Blockchain είναι ένας τύπος DLT, όπου οι συναλλαγές καταγράφονται με μια αμετάβλητη κρυπτογραφική υπογραφή (cryptographic signature), που ονομάζεται κατακερματισμός (hash). Πρόκειται για τον αλγόριθμο SHA-256 (Secure Hash Algorithm), ο οποίος κρυπτογραφεί μαθηματικά και κατακερματίζει την πληροφορία του block, με τρόπο ο οποίος να μη μπορεί να είναι αναστρέψιμος (one way encryption), προσδίδοντας σε κάθε block ένα μοναδικό αναγνωριστικό 64 χαρακτήρων.

Στη συνέχεια, τα δεδομένα ομαδοποιούνται σε μία αλυσίδα από ψηφιακά block, τα οποία περιέχουν δεδομένα. Κάθε νέο block συνδέεται άρρηκτα με το προηγούμενο, καθώς περιλαμβάνει το hash του προηγούμενου block. Έτσι, όλοι οι κόμβοι (nodes) ενημερώνονται και επιτυγχάνεται η αμεταβλητότητα των δεδομένων.



**Εικόνα 1. Simplified structure of a Blockchain**

Στην περίπτωση που ένα block δεδομένων αφαιρεθεί ή γίνει προσπάθεια αλλαγής των δεδομένων του, τότε δε θα μπορέσει να επαληθευτεί η αλυσίδα και θα πρέπει να γίνει αλλαγή όλων των block που ακολουθούν, για να συνεχίσει να ισχύει η blockchain. Διαφορετικά, η αλλαγή δε θα επιβεβαιωθεί κρυπτογραφικά από κανένα κόμβο και όλα τα block μετά το αλλαγμένο δε θα έχουν ισχύ. Αυτή η διαδικασία είναι εξαιρετικά δύσκολη και κοστίζει σε χρόνο, ενέργεια και κόστος, γεγονός που την καθιστά πρακτικά αδύνατη. (Hellenic Blockchain Hub, n.d.)

Η Τεχνολογία Blockchain έχει αναδειχθεί ως μια τεχνολογική καινοτομία με την προοπτική να φέρει επανάσταση σε διάφορους κλάδους και να επαναπροσδιορίσει τον τρόπο, με τον οποίο αποθηκεύουμε, επαληθεύουμε και μοιραζόμαστε πληροφορίες (Nofer, Gomber, Hinz, & Schiereck, 2017).

Το Blockchain λοιπόν, είναι ένα εργαλείο που επιτρέπει την ασφαλή και μόνιμη εγγραφή των δεδομένων στο Cloud, δηλαδή δε βρίσκεται σε κάποιον κεντρικό server, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα και διαφάνεια των δεδομένων. Δεδομένου ότι το Blockchain είναι ένα δίκτυο Peer-to-Peer (P2P), που ορίζει χρονικά μια συναλλαγή, εξαλείφει την ανάγκη για υπηρεσίες τρίτων για την επικύρωση των συναλλαγών/δεδομένων. Όταν γίνεται μια συναλλαγή ενημερώνονται όλοι οι κόμβοι με την συναλλαγή αυτή, σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. (Hellenic Blockchain Hub, n.d.)

Για παράδειγμα, στο πλαίσιο του ανεφοδιασμού προϊόντων, η Τεχνολογία Blockchain έχει τη δυνατότητα να αντιμετωπίσει προκλήσεις, όπως έλλειψη διαφάνειας, περιορισμένη ιχνηλασιμότητα και δυσκολίες στην επαλήθευση της γνησιότητας των προϊόντων. Τα ζητήματα αυτά είναι πιθανό να οδηγήσουν σε καθυστερήσεις, παραχάραξη, απάτη και αδυναμία λογοδοσίας. Η αλυσίδα μπλοκ προσφέρει μια λύση, παρέχοντας ένα διαφανές και αμετάβλητο βιβλίο που καταγράφει κάθε συναλλαγή, κίνηση και αλλαγή ιδιοκτησίας σε όλη

την διαδικασία ανεφοδιασμού και προέλευσης των αγαθών. Κατ' επέκταση, προωθείται η ηθική προμήθεια, το δίκαιο εμπόριο και η βιωσιμότητα (Ekblaw, Azaria, Halamka, & Lippman, 2016).

## 2.4 Η δομή του Blockchain

Τα 5 βασικά στοιχεία μιας Blockchain (αλυσίδας μπλοκ) είναι τα block, οι κόμβοι (nodes), η πολιτική πρόσβασης, η πολιτική ελέγχου και η πολιτική συναίνεσης.

Το Blockchain παρέχει ένα μηχανισμό, που επιτρέπει στα απομακρυσμένα μέρη (κόμβοι) να επιτύχουν συναίνεση ως προς τις παρεχόμενες πληροφορίες. Τα block, τα οποία περιλαμβάνουν δεδομένα σχετικά με συναλλαγές μεταξύ δύο ή περισσότερων μερών, συνδέονται κρυπτογραφικά, για να δημιουργήσουν ένα αμετάβλητο καθολικό.

Το πρώτο block της αλυσίδας, ονομάζεται “genesis block” (Bashir, 2018). Η πολιτική πρόσβασης καθορίζει ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση στις πληροφορίες, ενώ η πολιτική ελέγχου καθορίζει ποιος μπορεί να συμμετέχει στην εξέλιξη της αλυσίδας και στην εισαγωγή νέων δεδομένων. Η πολιτική συναίνεσης καθορίζει ποια κατάσταση του blockchain είναι έγκυρη, κάτι που επιτρέπει την επίλυση διαφορών σε περίπτωση που εμφανιστούν αντικρουόμενες θέσεις (Zimmerman, 2020).

Αν ένα μπλοκ σε μια αλυσίδα άλλαζε, θα ήταν αμέσως εμφανές ότι έχει αλλοιωθεί. Αν για παράδειγμα ένας χάκερ, ήθελε να αλλοιώσει ένα σύστημα blockchain, θα έπρεπε να αλλάξει κάθε μπλοκ στην αλυσίδα, σε όλες τις κατανεμημένες εκδόσεις της αλυσίδας. Οι αλυσίδες μπλοκ, όπως το Bitcoin και το Ethereum, αυξάνονται συνεχώς και διαρκώς, καθώς προστίθενται μπλοκ στην αλυσίδα, γεγονός που αναβαθμίζει σημαντικά την ασφάλεια του λογιστικού βιβλίου (Ahmad, Khan, & Kamal, 2019).

Το σύστημα Blockchain ουσιαστικά περιέχει μια βάση δεδομένων και ένα λογισμικό που προσθέτει νέες εγγραφές, οι οποίες επικυρώνονται, συμφωνούν με τους κανόνες και αναπαράγονται στους υπολογιστές του συστήματος – δικτύου, εξασφαλίζοντας ότι όλοι οι χρήστες έχουν τα ίδια δεδομένα στις βάσεις τους.

Κάθε block έχει δύο (2) βασικά τμήματα, ένα header και τα δεδομένα των συναλλαγών, τα οποία εμπεριέχουν ένα κρυπτογραφημένο κατακερματισμό του προηγούμενου block, το οποίο συνδέει δύο blocks και σχηματίζει μέρος της αλυσίδας. Επιπροσθέτως, κάθε block χαρακτηρίζεται από έναν κωδικό hash που παράγεται από τη χρήση της συνάρτησης κατακερματισμού SHA-256. Η τιμή hash εμφανίζεται στο header του block. Η ακολουθία της σύνδεσης των block με το προηγούμενο block δημιουργεί το Blockchain που οδηγεί στο αρχικό block. Το header του block είναι το κύριο κομμάτι του block και έχει σταθερό μέγεθος

80 bytes, ενώ το μέγεθος του πεδίου συναλλαγών δεν είναι σταθερό (Xue, Zhao, Li, Zhang, & Xing, 2019).

Οι miners διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στο δίκτυο μιας Blockchain. Είναι κόμβοι που συλλέγουν συναλλαγές, επαληθεύουν την εγκυρότητά τους και τις οργανώνουν σε blocks. Οι miners ανταγωνίζονται μεταξύ τους για την επίλυση σύνθετων μαθηματικών προβλημάτων, μια διαδικασία γνωστή ως mining. Ο πρώτος miner που θα λύσει το πρόβλημα και θα προσθέσει ένα νέο block στην αλυσίδα, ανταμείβεται με κρυπτονόμισμα ή άλλα κίνητρα (Gupta, 2017).

Οι μηχανισμοί συναίνεσης χρησιμοποιούνται για την επίτευξη συμφωνίας μεταξύ των συμμετεχόντων σχετικά με την κατάσταση της αλυσίδας μπλοκ. Οι μηχανισμοί αυτοί θεσπίζουν κανόνες και πρωτόκολλα που διέπουν τον τρόπο, με τον οποίο επικυρώνονται και προστίθενται οι συναλλαγές στην αλυσίδα.

Δύο ευρέως γνωστοί αλγόριθμοι συναίνεσης είναι οι αλγόριθμοι Proof-of-Work (PoW) και Proof-of-Stake (PoS). Αφενός, η απόδειξη εργασίας απαιτεί από τους miners να αποδεικνύουν το υπολογιστικό έργο επιλύοντας σύνθετους μαθηματικούς γρίφους. Αυτό διασφαλίζει ότι ο miner έχει επενδύσει ένα σημαντικό ποσό υπολογιστικής ισχύος, καθιστώντας δύσκολη την αλλοίωση της αλυσίδας μπλοκ. Αφετέρου, το Proof-of-Stake βασίζεται στην έννοια της ιδιοκτησίας ή του μεριδίου. Οι επικυρωτές επιλέγονται, για να δημιουργήσουν νέα blocks με βάση το ποσό του κρυπτονομίσματος που κατέχουν και το "μερίδιο" τους στο δίκτυο. Αυτή η προσέγγιση μειώνει την ανάγκη για εντατική υπολογιστική εργασία και είναι ενεργειακά πιο αποδοτική σε σύγκριση με το PoW (Sarfaraz, Chakraborty, & Essam, 2021).

Για να μπορέσει να υφίσταται ένα δίκτυο Blockchain, χρειάζεται η συναίνεση όλων των χρηστών όταν πρόκειται για δημόσιο Blockchain ή των χρηστών με ειδικά δικαιώματα, όταν πρόκειται για ιδιωτικό Blockchain. Η συμφωνία επιτυγχάνεται με έναν αλγόριθμο, ο οποίος ρυθμίζει τη δημιουργία ενός block με απόλυτο και δίκαιο τρόπο και με κύριο χαρακτηριστικό να είναι ισχυρό απέναντι σε κακόβουλες επιθέσεις. Πρόκειται στην ουσία, για έναν ισχυρό μηχανισμό συναίνεσης με κρυπτογράφηση βάσει ενός μαθηματικού γρίφου που κωδικοποιεί πληροφορίες για λόγους ασφάλειας (Yang, Garg, Raza, Herbert, & Kang, 2018).

## 2.5 Τύποι Blockchain

Ένα blockchain σε μορφή δικτύου μπορεί να είναι, είτε δημόσιο, είτε ιδιωτικό. Αυτό εξαρτάται από τα δικαιώματα των χρηστών που έχουν πρόσβαση σε αυτό. Εξαρτάται από το

δικαίωμά τους να τροποποιήσουν τις εγγραφές (blocks) τους ή να δημιουργήσουν νέα blocks (Sheth & Dattani, 2019). Συγκεκριμένα, διακρίνονται 4 τύποι:

#### 1. Δημόσια Blockchain (Public Blockchain)

Πρόκειται για δημόσιους καταλόγους, όπου όλοι μπορούν να συμμετέχουν στη διαδικασία συναίνεσης. Παραδείγματα εφαρμογής δημόσιων blockchain είναι το Ethereum και το Bitcoin.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για ανώνυμες συναλλαγές και λειτουργούν χωρίς κεντρική αρχή, προσφέροντας σε όλους τη δυνατότητα να συμμετάσχουν στο δίκτυο και στις διαδικασίες του (Yang, et al., 2020). Συνήθως, διακρίνονται από χαμηλότερες ταχύτητες συναλλαγών, μιας και αυτού του είδους οι αλυσίδες είναι πολύ πιο ογκώδεις λόγω της μεγάλης συμμετοχής (Guegan, 2017).

Αυτό είναι και το βασικό τους μειονέκτημα, αφού η επικύρωσή τους απαιτεί επεξεργασίες υψηλής πολυπλοκότητας, για να διασφαλιστεί η αξιοπιστία του block που δημιουργείται και τοποθετείται στην αλυσίδα.

Επιπλέον, εφόσον είναι δημόσιο οποιοσδήποτε μπορεί να δει όλες τις συναλλαγές του δικτύου, ενώ με δική του πρωτοβουλία μπορεί να προχωρήσει και στην έκδοση block. Η ελεύθερη πρόσβαση ελλοχεύει κινδύνους παρέμβασης στις ήδη πραγματοποιηθείσες συναλλαγές. Φυσικά, για την αποτροπή τέτοιων φαινομένων έχουν δημιουργηθεί τα κατάλληλα πρωτόκολλα συναίνεσης, τα οποία μεταξύ των χρηστών δημιουργούν κανόνες για τη λειτουργία του δικτύου.

#### 2. Ιδιωτικά Blockchain (Private Blockchain)

Είναι ένα κεντρικό δίκτυο blockchain, που ελέγχεται από έναν οργανισμό-κεντρική αρχή, καθώς συνήθως δημιουργούνται από ιδιωτικές εταιρείες και αφορά εσωτερικές διαδικασίες σε μια εταιρεία ή έναν οργανισμό όπως μια Τράπεζα.

Τα δικαιώματα πρόσβασης και συμμετοχής στις διαδικασίες της αλυσίδας παραχωρούνται από την κεντρική αρχή σε συγκεκριμένους χρήστες, που είναι όλοι καταγεγραμμένοι και γνωστοί. Στο “κλειστού τύπου” αυτό δίκτυο τα δικαιώματα πρόσβασης και η επαλήθευση των συναλλαγών παραχωρούνται, μέσω ενός κεντρικού ελεγκτή και μόνο οι εξουσιοδοτημένοι miners μπορούν να έχουν πρόσβαση στις συναλλαγές του Blockchain και να συμμετάσχουν στην εργασία για τη δημοσίευση νέων blocks. Εφαρμόζονται πρωτόκολλα συναίνεσης, τα οποία όμως, απαιτούν πολύ λιγότερη υπολογιστική ισχύ για την εκτέλεσή τους. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου τύπου Blockchain, είναι η διαχείριση δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα από τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς, τα οποία



πρέπει να διασφαλίζονται, ώστε να μην είναι διαθέσιμα σε τρίτους. Παραδείγματα ιδιωτικών blockchain είναι το Monox και η πλατφόρμα MultiChain.

Οι κίνδυνοι για κακόβουλες ενέργειες είναι υπαρκτοί, ωστόσο υπάρχει μια σχετική εμπιστοσύνη μεταξύ χρηστών, αφού πρόκειται για δίκτυο με καταγεγραμμένους όλους τους χρήστες, οπότε ο εντοπισμός και η ανάκληση δικαιωμάτων είναι μια ευκολότερη διαδικασία (Pahlajani, Kshirsagar, & Pachghare, 2019).

### 3. Υβριδικά δίκτυα blockchain (Hybrid Blockchain)

Οι υβριδικές αλυσίδες μπλοκ συνδυάζουν στοιχεία τόσο από ιδιωτικά όσο και από δημόσια δίκτυα. Οι εταιρείες μπορούν με αυτόν τον τρόπο να ελέγχουν την πρόσβαση σε συγκεκριμένα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στην αλυσίδα μπλοκ, ενώ παράλληλα μπορούν να διατηρούν τα υπόλοιπα δεδομένα δημόσια. Χρησιμοποιούν έξυπνες συμβάσεις, για να επιτρέπουν στα δημόσια μέλη να ελέγχουν αν έχουν ολοκληρωθεί οι ιδιωτικές συναλλαγές. Για παράδειγμα, οι υβριδικές αλυσίδες μπλοκ μπορούν να παρέχουν δημόσια πρόσβαση σε ψηφιακό νόμισμα, διατηρώντας παράλληλα το τραπεζικό νόμισμα ιδιωτικό (Yang, et al., 2020). Ένα παράδειγμα συνδυασμού ιδιωτικού και δημόσιου blockchain είναι το Dragonchain (Kaur, Nayyar, & Singh, 2020).

### 4. Κοινοπρακτικά δίκτυα blockchain (Consortium Blockchain)

Πρόκειται για μερικώς αποκεντρωμένα blockchain, δηλαδή μόνο ορισμένοι από τους κόμβους επιλέγονται για τον καθορισμό της συναίνεσης.

Μια ομάδα οργανισμών που διαχειρίζεται τα κοινοπρακτικά δίκτυα blockchain μοιράζεται την ευθύνη συντήρησης της αλυσίδας μπλοκ και του καθορισμού των δικαιωμάτων πρόσβασης στα δεδομένα. Οι κλάδοι στους οποίους πολλοί οργανισμοί έχουν κοινούς στόχους και επωφελούνται από την κοινή ευθύνη συχνά προτιμούν τα κοινοπρακτικά δίκτυα blockchain. Για παράδειγμα, η κοινοπραξία Global Shipping Business Network Consortium είναι μια μη κερδοσκοπική κοινοπραξία blockchain που στοχεύει στην ψηφιοποίηση της ναυτιλιακής βιομηχανίας και στην αύξηση της συνεργασίας μεταξύ των φορέων της ναυτιλιακής βιομηχανίας (Sabry, Kaattan, & Majeed, 2019).

## 2.6 Πλατφόρμες Blockchain

Ένα δίκτυο blockchain περιγράφει την υποδομή κατανεμημένου βιβλίου, ενώ μια πλατφόρμα blockchain περιγράφει ένα μέσο, όπου οι χρήστες μπορούν να αλληλοεπιδρούν με μια blockchain και το δίκτυό της.

Οι πλατφόρμες blockchain δημιουργούνται, για να είναι επεκτάσιμες και να λειτουργούν ως προεκτάσεις σε μια υπάρχουσα υποδομή blockchain, επιτρέποντας την ανταλλαγή πληροφοριών και την παροχή υπηρεσιών που τροφοδοτούνται απευθείας από αυτό το πλαίσιο. Τα έξυπνα συμβόλαια για παράδειγμα, θεωρείται ότι είναι η πρώτη μη κρυπτονομισματική χρήση μιας πλατφόρμας blockchain και αυτή η πλατφόρμα ήταν το Ethereum.

Πολλές πλατφόρμες blockchain είναι προϊόντα μη κερδοσκοπικών ιδρυμάτων και υποστηρίζονται από αυτά, όπως συμβαίνει με μια σειρά από κρυπτονομίσματα, μεταξύ των οποίων το Ethereum, το Tron, το Ripple, το Stellar, το Solana και το Polkadot (Bertagnoli, 2022).

### **2.6.1 Παραδείγματα Πλατφόρμων Blockchain**

#### **AVALANCHE**

Η Avalanche, η οποία αυτοαποκαλείται η ταχύτερη πλατφόρμα έξυπνων συμβολαίων, σύμφωνα με την ιστοσελίδα της, δίνει στους χρήστες τη δυνατότητα να δημιουργούν γρήγορα και ανέξοδα αποκεντρωμένες εφαρμογές, να κλιμακώνονται γρήγορα με ελάχιστο υλικό και να δρομολογούν προσαρμοσμένες, ιδιωτικές και δημόσιες αλυσίδες μπλοκ. Είναι επίσης, ενεργειακά αποδοτική κατά τη χρήση της πλατφόρμας, διαθέτοντας CPU-Optimal energy efficiency (Tanana, 2019).

#### **BINANCE**

Η Binance Smart Chain διατηρεί επίσης ένα κρυπτονομίσμα και μια πλατφόρμα συναλλαγών κρυπτογράφησης. Ο ιστότοπός της αναφέρει ότι η πλατφόρμα είναι κατάλληλη για τη δημιουργία ηλεκτρονικών παιχνιδιών και αποκεντρωμένων οικονομικών εφαρμογών (Disli, Abd Rabbo, Leneeuw, & Nagayev, 2022).

#### **CARDANO**

Πρόκειται για μια ανοιχτή, Proof-of-Stake πλατφόρμα, η οποία περιλαμβάνει την επαλήθευση διαπιστευτηρίων όπως τα διπλώματα, τον καθορισμό της προέλευσης για την αποτροπή της διαδικτυακής πώλησης πλαστών ειδών πολυτελείας και την υποστήριξη των ενδιαφερομένων κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής τροφίμων, από τους αγρότες έως τους λιανοπωλητές (Kondratiuk, Seijas, Nemish, & Thompson, 2021).

## CONSENSYS QUORUM

Το Quorum, ένα από τα έξι προϊόντα που προσφέρει η εταιρεία λογισμικού Ethereum ConsenSys και αποτελεί πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα για επιχειρήσεις. Η σειρά προϊόντων του Quorum περιλαμβάνει μια διαχειριζόμενη υπηρεσία λογιστικών βιβλίων, το Enterprise Key Management για την ασφάλεια και την ενοποίηση λογαριασμών και τη διαχείριση κλειδιών και το Tessera, έναν ιδιωτικό διαχειριστή συναλλαγών. Ο ιδρυτής της ConsenSys, Joseph Lubin, ήταν συνιδρυτής του Ethereum (Mazzoni, Corradi, & Di Nicola, 2021).

## HYPERLEDGER SAWTOOTH

Το Hyperledger Sawtooth είναι προϊόν του ιδρύματος ανοιχτού κώδικα Hyperledger Foundation. Το Sawtooth υποστηρίζει τόσο δίκτυα με άδεια, όσο και δίκτυα χωρίς άδεια. Το Sawtooth αναπτύχθηκε από το Linux με τη βοήθεια της IBM, της Intel και της SAP και αποτελεί παράδειγμα BaaS (Blockchain-as-a-service) (Ampel, Patton, & Chen, 2019).

## R3 CORDA

Η Corda, προϊόν της εταιρείας blockchain R3, είναι μια εξειδικευμένη πλατφόρμα για βιομηχανίες όπως οι τράπεζες, οι κεφαλαιαγορές και το διεθνές εμπόριο. Επιτρέπει την ελεύθερη διακίνηση περιουσιακών στοιχείων μεταξύ διαφόρων μερών, ενώ παράλληλα ενημερώνει τα μέρη για τις ενέργειες που σχετίζονται με το περιουσιακό στοιχείο και τηρεί τη ρυθμιστική συμμόρφωση. Η Corda χρησιμοποιείται για εφαρμογές που αφορούν ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία και νομίσματα, πληρωμές, παγκόσμιο εμπόριο, και την ανίχνευση απάτης (Bertagnoli, 2022).

## RIPPLE

Η Ripple αυτοαποκαλείται ως η πλατφόρμα one-stop shopping για τις επιχειρήσεις, αθλητικές λύσεις που είναι ταχύτερες, πιο διαφανείς και πιο αποδοτικές από τις παραδοσιακές χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες. Σύμφωνα με την Ripple, η Bank of America, η βραζιλιάνικη Banco Rendimento και η εταιρεία παγκόσμιων πληρωμών Nium με έδρα τη Σιγκαπούρη είναι μεταξύ των πελατών της (Qiu, Zhang, & Gao, 2019).

## SOLANA

Η Solana προσφέρει τη δυνατότητα δημιουργίας "φιλικών προς τον χρήστη εφαρμογών" με την πλατφόρμα της και σύμφωνα με τους δημιουργούς της, είναι το ταχύτερο blockchain

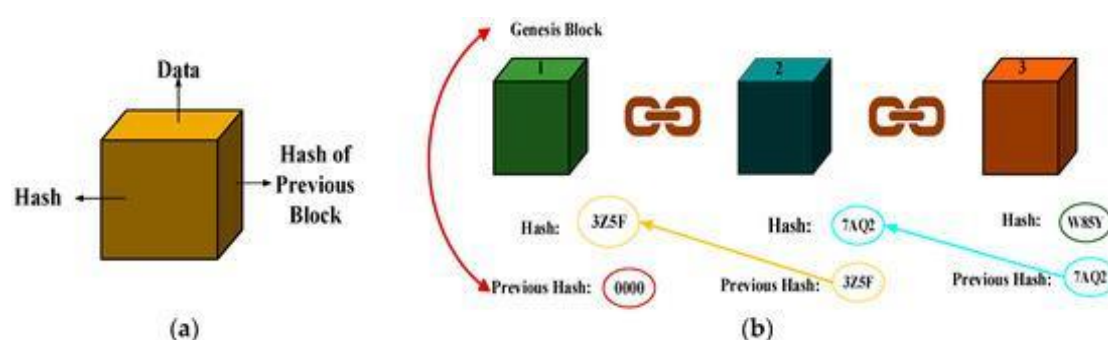
στον κόσμο, με χρόνους μπλοκ 400 χιλιοστών του δευτερολέπτου. Είναι ασφαλές, χαμηλού κόστους (0,01 δολάρια ανά συναλλαγή) και ανθεκτικό στη λογοκρισία, επειδή το δίκτυο κατανέμεται σε χιλιάδες ανεξάρτητους κόμβους, όπως αναφέρεται στον ιστότοπο της (Yakovenko, 2018).

## ETHEREUM

Στα τέλη του 2013, ο προγραμματιστής Vitalik Buterin δημοσίευσε μια εργασία, όπου πρότεινε μια πλατφόρμα που συνδύαζε την παραδοσιακή λειτουργικότητα της αλυσίδας μπλοκ με μια βασική διαφορά, την εκτέλεση κώδικα υπολογιστή. Έτσι, γεννήθηκε το Ethereum Project. Σήμερα, η αλυσίδα μπλοκ Ethereum επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργούν εξελιγμένα προγράμματα που μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω της ίδιας της αλυσίδας μπλοκ. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αλυσίδα μπλοκ Ethereum και το κρυπτονόμισμα Ethereum είναι δύο ξεχωριστές οντότητες (Vujičić, Jagodić, & Randić, 2018).

## 2.7 Hash algorithms

Οι πιο ευρέως υιοθετημένοι ασφαλείς αλγόριθμοι που σχετίζονται με την τεχνολογία blockchain είναι οι κρυπτογράφησης (SHA-1, SHA2 και SHA-256), λόγω της ποιότητας της συνάρτησης κατακερματισμού που δημιουργούν μοναδικές εξόδους, όταν δίνονται διαφορετικές εισοδοί (Kuznetsov & Karazin, 2019).



Εικόνα 2. (A) Hash μπλοκ κατακερματισμού & (B) Δίκτυο blockchain.

### 2.7.1 Crypto Hash Algorithm

Στην κρυπτογραφία, ο αλγόριθμος ασφαλούς κατακερματισμού είναι μια κρυπτογραφική συνάρτηση που λαμβάνει μια είσοδο και παράγει μια τιμή, γνωστή ως Message Digest (MD) (Ajao, Agajo, Adedokun, & Karngong, 2019).

Υπάρχουν διάφοροι αλγόριθμοι κατακερματισμού, αλλά τέσσερις (4) ξεχωρίζουν:

- Ο CRC32 ("Cyclic Redundancy Check") επιστρέφει έναν ακέραιο κατακερματισμό 32-bit. Μπορεί να υπολογιστεί γρήγορα, γεγονός που τον καθιστά χρήσιμο για την ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων δεδομένων, ιδίως κατά τη μεταφορά. Χρησιμοποιείται ευρέως σε λογισμικό επικοινωνίας. Εάν τα δεδομένα που αποστέλλονται δεν ταιριάζουν με τον αναμενόμενο κατακερματισμό CRC32, το λογισμικό θα ζητήσει την εκ νέου αποστολή των δεδομένων.
- Η MD5 (Message Digest) είναι μια δημοφιλής συνάρτηση κατακερματισμού. Ήταν δημοφιλής για ασφαλή κρυπτογράφηση από το 1991 έως το 2004, αλλά έκτοτε χρησιμοποιείται κυρίως για την ακεραιότητα δεδομένων.
- Ο SHA-1 είναι μια συνάρτηση κατακερματισμού που σχεδιάστηκε από την Εθνική Υπηρεσία Ασφαλείας των Ηνωμένων Πολιτειών (NSA) και το Ομοσπονδιακό Πρότυπο Επεξεργασίας Πληροφοριών των Ηνωμένων Πολιτειών. Αυτός ο αλγόριθμος είναι αποτελεσματικός στην επαλήθευση της ακεραιότητας αρχείων και μηνυμάτων κατά τη διάρκεια μιας συναλλαγής, της ταυτοποίησης δεδομένων και της επαλήθευσης κωδικών πρόσβασης. Χρησιμοποιήθηκε για ασφαλή κρυπτογράφηση από το 1996 έως το 2010, κυρίως ως αντικαταστάτης του MD5.
- Ο bcrypt είναι ένας αλγόριθμος που χρησιμοποιείται σε πολλά λειτουργικά συστήματα Unix και Linux για κατακερματισμό κωδικών πρόσβασης (Ajaο, Agajo, Adedokun, & Karngong, 2019).

## 2.8 Merkle tree

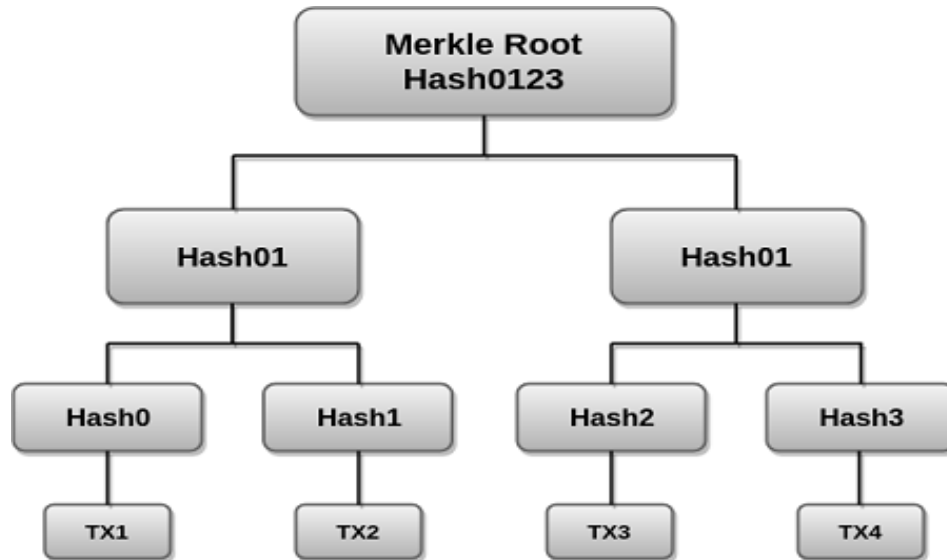
Η έννοια του Merkle Tree πήρε το όνομά της από τον Ralph Merkle, ο οποίος το 1979 κατοχύρωσε την ιδέα με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας. Ένα δέντρο Merkle (Merkle Tree), επίσης γνωστό ως Hash Tree, είναι μια δομή, που οργανώνει μεγάλο όγκο δεδομένων, ώστε να γίνεται ευκολότερα η επεξεργασία τους. Στην περίπτωση του Bitcoin και άλλων κρυπτονομισμάτων, τα δέντρα Merkle χρησιμεύουν στην αποτελεσματικότερη και ασφαλέστερη κωδικοποίηση και δομή των δεδομένων.

Όταν μία συναλλαγή πραγματοποιείται σε μια δομή Merkle, αυτή η συναλλαγή αποκτά το δικό της hash, δηλαδή τη δική της τιμή κατακερματισμού. Το τελικό hash ονομάζεται Merkle Root και παρέχει μια σύνοψη όλων των συναλλαγών που έχουν πραγματοποιηθεί.

Το Merkle tree είναι ένα θεμελιώδες μέρος της Τεχνολογίας Blockchain. Πρόκειται για μια μαθηματική δομή δεδομένων που αποτελείται από κατακερματισμούς διαφορετικών μπλοκ δεδομένων και η οποία χρησιμεύει ως σύνοψη όλων των συναλλαγών σε ένα μπλοκ. Επιτρέπει επίσης, την αποτελεσματική και ασφαλή επαλήθευση του περιεχομένου σε ένα μεγάλο όγκο δεδομένων. Βοηθά παράλληλα, στην επαλήθευση της συνέπειας και του περιεχομένου των δεδομένων. Τόσο το Bitcoin όσο και το Ethereum χρησιμοποιούν τη δομή Merkle Tree (Mohan, Mohamed, & Gladston, 2020).

Τα Merkle tree κατασκευάζονται με μια προσέγγιση από κάτω προς τα πάνω. Κάθε φύλλο είναι ένας κατακερματισμός των δεδομένων της συναλλαγής και ο κόμβος που δεν είναι

φύλλο είναι ένας κατακερματισμός των προηγούμενων κατακερματισμών του. Τα Merkle Tree βρίσκονται σε δυαδικό δέντρο, οπότε απαιτείται ζυγός αριθμός κόμβων-φύλλων. Εάν υπάρχει περιττός αριθμός συναλλαγών, ο τελευταίος κατακερματισμός θα διπλασιαστεί μία φορά, για να δημιουργηθεί ζυγός αριθμός κόμβων-φύλλων (Lee & Park, 2020).



Εικόνα 3. Merkle tree

Υπάρχουν τέσσερις συναλλαγές σε ένα μπλοκ: TX1, TX2, TX3 και TX4. Καθένα από αυτά κατακερματίζεται επανειλημμένα και αποθηκεύεται σε κάθε κόμβο φύλλου, με αποτέλεσμα τα Hash 0, 1, 2 και 3. Στη συνέχεια, διαδοχικά ζεύγη κόμβων φύλλων συνοψίζονται σε έναν γονικό κόμβο με κατακερματισμό των Hash0 και Hash1, με αποτέλεσμα το Hash01, και ξεχωριστά με κατακερματισμό των Hash2 και Hash3, με αποτέλεσμα το Hash23.

Οι δύο κατακερματισμοί (Hash01 και Hash23) στη συνέχεια κατακερματίζονται ξανά για να παραχθεί Root Hash ή Merkle Root. Η Merkle Root αποθηκεύεται στην επικεφαλίδα του μπλοκ. Περιέχει το hash του τελευταίου μπλοκ, ένα Nonce και το Root Hash όλων των συναλλαγών του τρέχοντος μπλοκ σε ένα δέντρο Merkle. Έτσι, η ύπαρξη της ρίζας Merkle στην επικεφαλίδα του μπλοκ καθιστά τη συναλλαγή απαραβίαστη. Καθώς αυτό το Root Hash περιλαμβάνει τους κατακερματισμούς όλων των συναλλαγών εντός του μπλοκ, οι συναλλαγές αυτές μπορούν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση χώρου (Aruna, Maheswari, & Saranya, 2020).

Το Merkle Tree διατηρεί την ακεραιότητα των δεδομένων. Εάν οποιαδήποτε λεπτομέρεια των συναλλαγών ή η σειρά των συναλλαγών αλλάξει, τότε οι αλλαγές αυτές αντικατοπτρίζονται στο hash της συγκεκριμένης συναλλαγής. Αυτή η αλλαγή αλλάζει την τιμή του Merkle Root, ακυρώνοντας έτσι το μπλοκ. Έτσι, καθίσταται εμφανές αν μια συγκεκριμένη συναλλαγή περιλαμβάνεται στο σύνολο ή όχι (Yu, et al., 2020).

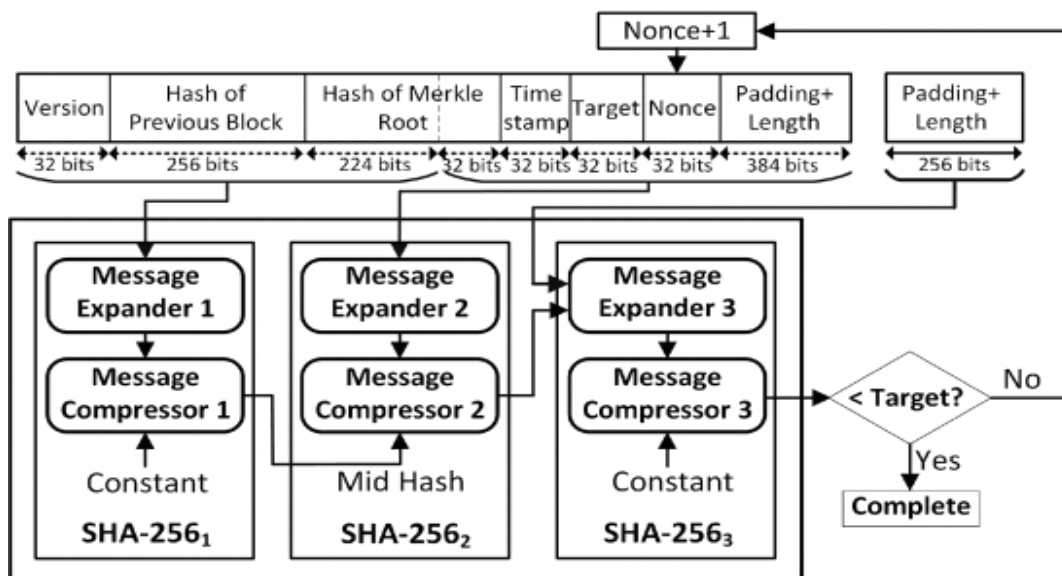
### 2.8.1 Πλεονεκτήματα του Merkle tree

Λόγω του τρόπου με τον οποίο είναι δομημένα τα δεδομένα, χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί πολύ μικρή μνήμη κατά τη διαδικασία επαλήθευσης και η απαιτούμενη υπολογιστική ισχύ μειώνεται σημαντικά.

Επειδή οι αλυσίδες μπλοκ αποτελούνται συνήθως από εκατοντάδες χιλιάδες μπλοκ, καθένα από τα οποία μπορεί να περιέχει έως και αρκετές χιλιάδες συναλλαγές, η επικύρωση των δεδομένων θέτει δύο προκλήσεις, χώρο μνήμης και υπολογιστική ισχύ. Ένα Merkle tree δίνει τη δυνατότητα να ελεγχθεί ότι μια πληροφορία υπάρχει σε ένα σύνολο δεδομένων, χωρίς να χρειάζεται να ελεγχθεί το σύνολο των δεδομένων. Κατά συνέπεια, απαιτείται λιγότερη υπολογιστική ισχύ για την επικύρωση των συναλλαγών (Becker, 2008).

### 2.8.2 Double-SHA256

Το Merkle Tree στο Bitcoin χρησιμοποιεί έναν κρυπτογραφικό αλγόριθμο κατακερματισμού που ονομάζεται SHA-256, ο οποίος εφαρμόζεται δύο φορές, γι' αυτό αναφέρεται και ως Double SHA-256. Για να ελαχιστοποιηθεί το μέγεθος και οι υπολογιστικές απαιτήσεις, οι αλυσίδες μπλοκ στο Bitcoin χρησιμοποιούν μια SPV (simplified payment verification) που βασίζεται στο Merkle Tree (Pham, Tranl, Duong Le, & Nakashima, 2022). Ο SHA-256 εφαρμόζεται συνήθως σε τομείς ασφαλείας, όπως τα χρηματοοικονομικά (Centobelli, Cerchione, Vecchio, Oropallo, & Secundo, 2021).



Εικόνα 4. Επισκόπηση της αρχιτεκτονικής του Double SHA-256

## Κεφάλαιο 3. Κλάδοι εφαρμογής της Τεχνολογίας Blockchain

Το Blockchain μπορεί να εφαρμοστεί σε μία ευρεία σειρά κοινωνικοοικονομικών κλάδων, όπως για τη διαχείριση ταυτότητας με την εφαρμογή ψηφιακής ταυτότητας, στη διαχείριση ιδιοκτησίας και άλλων περιουσιακών στοιχείων (κτηματολόγιο, διαχείριση τίτλων ιδιοκτησίας, διαχείριση μητρώων, μεταβίβαση γης, διαχείριση ακινήτων κ.ά.), στην αγροτική οικονομία με την ανάπτυξη αυτοματοποιημένων μηχανισμών, που θα επιτρέπουν για παράδειγμα την αποζημίωση των αγροτών, μέσω της χρήσης έξυπνων συμβολαίων (smart contracts), λόγω καιρικών ή άλλων συνθηκών, όπως άνοδος της θερμοκρασίας ή πυρκαγιές. Ένας ακόμη τομέας που έχει εφαρμοσθεί η Τεχνολογία Blockchain είναι στο e-voting, για ανώνυμες ψηφοφορίες, που είναι αδιάβλητες λόγω του μηχανισμού blockchain.

Επιπρόσθετα, μπορεί να εφαρμοστεί για τη διαχείριση εσωτερικών διαδικασιών, για παράδειγμα, εταιρείες που διαχειρίζονται προμήθειες μπορούν να χρησιμοποιούν έναν τέτοιο μηχανισμό, ώστε ο εκάστοτε πελάτης τους να μπορεί να ενημερώνεται ανά πάσα στιγμή για την πορεία του προϊόντος/υπηρεσίας και ο προμηθευτής να πληρώνεται αυτόματα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση έξυπνων συμβολαίων και εξοικονομούνται πόροι, αλλά υπάρχει και μεγαλύτερη διαφάνεια σε κάθε στάδιο.

Μπορεί ακόμη, να χρησιμοποιηθεί στη διαδικασία διαχείρισης της συντήρησης μνημείων και να αποδίδονται ψηφιακά πιστοποιητικά ελέγχων σε blockchain, αλλά και στον τομέα της εκπαίδευσης με μηχανισμούς διαχείρισης πιστοποιητικών εκπαίδευσης σε blockchain, ώστε να είναι αξιοποιήσιμα από τοπικές επιχειρήσεις και φορείς.

Τέλος, έχει προοπτικές εξέλιξης στον τομέα της ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης. Ειδικότερα, σε τοπικό επίπεδο, μπορούν να αξιοποιούνται και να τηρούνται ιατρικά αρχεία ασθενών, τα οποία θα είναι αναγνωρίσιμα, με ασφάλεια, από τρίτους φορείς. Οι εφαρμογές αυτές θα μπορούσαν να συνδυαστούν και με υπηρεσίες ασφαλιστικών παροχών.

### 3.1 Χρηματοοικονομικές υπηρεσίες

Η αποκεντρωμένη χρηματοδότηση (Decentralized finance-DeFi), αποτελεί έναν ταχέως αναπτυσσόμενο κλάδο στην κοινότητα blockchain που στοχεύει στην αποκέντρωση των παραδοσιακών χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών και στο μετασχηματισμό τους. Τα συστήματα DeFi προσφέρουν διάφορες χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες, όπως δανεισμό, δανειοδότηση, εμπορία και καλλιέργεια αποδόσεων (interest rate), χρησιμοποιώντας έξυπνα συμβόλαια. Η



προσβασιμότητα της DeFi εξαλείφει την ανάγκη για τραπεζικά ιδρύματα ή μεσάζοντες και καθιστά αυτές τις υπηρεσίες διαθέσιμες σε οποιονδήποτε διαθέτει σύνδεση στο διαδίκτυο. Συμμετέχοντας σε δεξαμενές ρευστότητας, οι χρήστες μπορούν να λαμβάνουν εισόδημα από τις συμμετοχές τους σε κρυπτονομίσματα (Abdulhakeem & Hu, 2021).

Οι διασυνοριακές πληρωμές και τα εμβάσματα είναι πλέον πολύ πιο αποτελεσματικές και αποδοτικές χάρη στην τεχνολογία blockchain. Οι συνήθεις υπερπόντιες μεταφορές αντιμετωπίζουν μερικές φορές καθυστερήσεις και ακριβά τέλη-προμήθειες ως αποτέλεσμα των πολυάριθμων μεσαζόντων που εμπλέκονται. Τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα μπορούν να διακανονίζουν τις διασυνοριακές συναλλαγές σε πραγματικό χρόνο, μειώνοντας παράλληλα τις προμήθειες και τα έξοδα συναλλάγματος, χρησιμοποιώντας δίκτυα blockchain όπως το Ripple και το Stellar. Οι τεχνολογίες blockchain προσφέρουν έναν ανοιχτό και ασφαλή τρόπο διαχείρισης των πολλών διαδικασιών που εμπλέκονται στη χρηματοδότηση του εμπορίου, συμπεριλαμβανομένης της χορήγησης ενέγγυων πιστώσεων και της χρηματοδότησης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η ψηφιοποίηση των διαδικασιών και η αυτοματοποίηση μειώνουν τη γραφειοκρατία, καθώς και τον κίνδυνο απάτης και επιταχύνουν τους χρόνους των συναλλαγών (Momtaz, 2022).

Οι υπηρεσίες επαλήθευσης ταυτότητας που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ απλοποιούν τη διαδικασία KYC και επιτρέπουν στους χρήστες να ανταλλάσσουν με ασφάλεια τα προσωπικά τους δεδομένα με διάφορα ιδρύματα, διατηρώντας παράλληλα τον έλεγχό τους. Επιπλέον, η διαφάνεια της τεχνολογίας blockchain καθιστά ευκολότερο τον εντοπισμό και τη διακοπή δόλιων ενεργειών. Η εξερεύνηση της αλυσίδας μπλοκ ως μέσο διακανονισμού και διαπραγμάτευσης τίτλων γίνεται όλο και πιο δημοφιλής. Στα παραδοσιακά συστήματα για την αγορά και την πώληση χρηματοπιστωτικών μέσων χρησιμοποιούνται συχνά πολλαπλοί μεσάζοντες, δημιουργώντας χρονοβόρες διαδικασίες. Οι κινητές αξίες μπορούν να εκδίδονται και να πωλούνται άμεσα μεταξύ των μερών με τη χρήση πλατφόρμων που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ, γεγονός που μειώνει σημαντικά τους χρόνους και το κόστος διακανονισμού (Malik, Parasrampuria, Reddy, & Shah, 2019).

Τα έξυπνα συμβόλαια στην αλυσίδα μπλοκ επιτρέπουν την αυτοματοποίηση που ωφελεί τον ασφαλιστικό τομέα. Όταν πληρούνται προκαθορισμένα κριτήρια, όπως ατυχήματα ή φυσικές καταστροφές, οι συμβάσεις αυτές διακανονίζουν αυτόματα τις απαιτήσεις. Αυτή η διαδικασία επιταχύνει τις πληρωμές των απαιτήσεων και μειώνει τον κίνδυνο απάτης. Τα περιουσιακά στοιχεία, όπως ακίνητα, έργα τέχνης και εμπορεύματα, μπορούν να μετατραπούν σε συμβολαιογραφικά στοιχεία με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain για τη

διευκόλυνση της αποτελεσματικής διαπραγμάτευσης (Aleksieva, Valchanov, & Huliyan, 2019).

### **3.2 Αλυσίδα εφοδιασμού και logistics**

Ειδικά όσον αφορά την ιχνηλασιμότητα και την προέλευση, η τεχνολογία blockchain έχει αναδειχθεί σε ισχυρό μέσο για την αντιμετώπιση των προβλημάτων στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού. Κάθε βήμα της διαδρομής ενός προϊόντος μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να παρακολουθείται με τη χρήση των αμετάβλητων και διαφανών ιδιοτήτων της αλυσίδας μπλοκ, προσφέροντας ευκολότερο έλεγχο και ένα απαραβίαστο ιστορικό. Η από άκρη σε άκρη ιχνηλασιμότητα δίνει στους ενδιαφερόμενους, συμπεριλαμβανομένων των καταναλωτών, τη δυνατότητα να επιβεβαιώνουν την προέλευση και τη γνησιότητα των προϊόντων, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη ότι αυτά είναι πραγματικά και κατασκευάζονται με ηθικές και δεοντολογικά ορθές πρακτικές (Blossey, Eisenhardt, & Hahn, 2019).

Επιπλέον, οι δυνατότητες της αλυσίδας μπλοκ επεκτείνονται στον ποιοτικό έλεγχο της αλυσίδας εφοδιασμού και στη νομική συμμόρφωση. Οι εταιρείες μπορούν να εντοπίζουν και να χειρίζονται γρηγορότερα ζητήματα ποιότητας, οδηγώντας σε αποτελεσματικότερες ανακλήσεις, εφόσον κριθεί απαραίτητο, διατηρώντας λεπτομερή αρχεία σχετικά με την προέλευση, τη σύνθεση και το χειρισμό των προϊόντων τους (Saber, Kouhizadeh, Sarkis, & Shen, 2019).

Η βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να επωφεληθεί από την ανάλυση των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στην αλυσίδα μπλοκ. Οι επιχειρήσεις μπορούν να εντοπίσουν ανεπάρκειες, σημεία συμφόρησης και ευκαιρίες βελτίωσης, γεγονός που οδηγεί σε συντομότερους χρόνους παράδοσης, φθηνότερο λειτουργικό κόστος και βελτιωμένη συνολική αποδοτικότητα. Οι επιχειρήσεις μπορούν παράλληλα να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις και να εξορθολογίζουν τις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού χάρη σε αυτή την προσέγγιση που βασίζεται στα δεδομένα. Οι τεχνολογίες που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ διευκολύνουν τη διαχείριση των προμηθευτών. Η εμπιστοσύνη και η διαφάνεια προωθούνται μεταξύ των εταίρων της αλυσίδας εφοδιασμού με την ανάπτυξη ενός αποκεντρωμένου και απαραβίαστου αποθετηρίου δεδομένων προμηθευτών, πιστοποιήσεων και μετρήσεων επιδόσεων (Gurtu & Johny, 2019).

Η αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού αυξάνεται περαιτέρω με τη χρήση έξυπνων συμβολαίων. Όταν πληρούνται ορισμένα κριτήρια, μπορούν να δρομολογηθούν αυτοματοποιημένες πληρωμές, καταργώντας τις καθυστερήσεις επεξεργασίας και

μειώνοντας την πιθανότητα διαφωνιών. Επιπρόσθετα, η αλυσίδα μπλοκ μπορεί να υποστηρίξει ηθικές και βιώσιμες μεθόδους προμήθειας. Οι επιχειρήσεις και οι καταναλωτές μπορούν να λαμβάνουν καλύτερες αποφάσεις επιλέγοντας αγαθά με μειωμένο αποτύπωμα άνθρακα και ηθικές μεθόδους προμήθειας, παρέχοντας διαφανείς πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις των ειδών (Batwa & Norrman, 2020).

### **3.3 Ιατροφαρμακευτική περίθαλψη**

Η τεχνολογία blockchain έχει τεράστιες δυνατότητες στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης και μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων και προκλήσεων. Η τεχνολογία blockchain έχει αναδειχθεί ως ένα βιώσιμο εργαλείο για τον εκσυγχρονισμό των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης σε όλο τον κόσμο, από την ενίσχυση της ασφάλειας των δεδομένων έως την ενίσχυση της διαλειτουργικότητας. Η ασφαλής αποθήκευση και ανταλλαγή αρχείων ασθενών είναι μία από τις κύριες χρήσεις της αλυσίδας μπλοκ στην υγειονομική περίθαλψη. Τα EHR (Electronic health records) είναι απαραίτητα για την παροχή ολοκληρωμένων υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης, ωστόσο συχνά υπάρχουν ζητήματα ασφάλειας και προσβασιμότητας. Τα αρχεία ασθενών μπορούν να διατηρούνται αποκεντρωμένα και κρυπτογραφημένα μέσω blockchain, παρέχοντας ισχυρή ασφάλεια έναντι παράνομης πρόσβασης και τροποποίησης. Η ασφαλής πρόσβαση σε δεδομένα ασθενών από εξουσιοδοτημένους επαγγελματίες υγείας επιτρέπει την καλύτερη συντονισμένη και απρόσκοπτη συνέχεια της περίθαλψης, ιδίως όταν πολλοί ειδικοί συνεργάζονται για τη θεραπεία ενός ασθενούς (Agbo, Mahmoud, & Eklund, 2019).

Ένα άλλο βασικό στοιχείο στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης είναι η διαλειτουργικότητα, καθώς οι διάφορες βάσεις δεδομένων και τα διάφορα συστήματα αντιμετωπίζουν συχνά ζητήματα επικοινωνίας μεταξύ τους. Λειτουργώντας ως ενιαία και τυποποιημένη πλατφόρμα για τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, νοσοκομείων, εργαστηρίων και άλλων ενδιαφερόμενων φορέων, το σύστημα κατανεμημένου καθολικού της αλυσίδας μπλοκ μπορεί να προωθήσει τη διαλειτουργικότητα. Ως αποτέλεσμα αυτής της διαλειτουργικότητας, η ανταλλαγή δεδομένων γίνεται πιο αποτελεσματική και ακριβής, μειώνοντας έτσι το διοικητικό κόστος και βελτιώνοντας την εξυπηρέτηση των ασθενών (Mettler, 2016).

Η παρακολούθηση της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί να ωφεληθεί σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση της τεχνολογίας blockchain. Η υγεία του κοινού απειλείται σοβαρά από τα πλαστά φάρμακα και οι συμβατικές αλυσίδες εφοδιασμού είναι επιρρεπείς στην παραποίηση και την απάτη. Οι φαρμακευτικές εταιρείες μπορούν να χρησιμοποιήσουν

την αλυσίδα μπλοκ, για να καταγράψουν την πορεία κάθε φαρμάκου από την παραγωγή έως τη διανομή με αμετάβλητο και διαφανή τρόπο. Αυτό επιτρέπει στους ασθενείς να λαμβάνουν γνήσια και ασφαλή προϊόντα, παρέχοντας στους καταναλωτές και τους ρυθμιστικούς φορείς τη δυνατότητα να επιβεβαιώνουν την προέλευση και την εγκυρότητα των φαρμάκων (Khezr, Moniruzzaman, Yassine, & Benlamri, 2019).

Επίσης, η αλυσίδα μπλοκ μπορεί να βελτιώσει τη διαφάνεια στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, βοηθώντας στην επίλυση προβλημάτων όπως οι ελλείψεις φαρμάκων και η υπερτιμολόγηση. Οι εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να διασφαλίσουν ότι οι ασθενείς λαμβάνουν εγκαίρως σημαντικές συνταγές, χρησιμοποιώντας την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των αποθεμάτων και της παράδοσης φαρμάκων σε μια αλυσίδα μπλοκ. Οι κλινικές δοκιμές και η ιατρική έρευνα μπορούν επίσης να επωφεληθούν από την αποκεντρωμένη φύση της τεχνολογίας blockchain. Προστατεύοντας την ιδιωτικότητα των ασθενών, η τεχνολογία μπορεί να επιτρέψει την ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ ιδρυμάτων και ερευνητών. Με την ανταλλαγή δεδομένων, οι ιατρικοί ερευνητές μπορεί να είναι σε θέση να αναπτύξουν ταχύτερα θεραπείες και να βελτιώσουν τη φροντίδα των ασθενών (Abu-elezz, Hassan, Nazeemudeen, Househ, & Abd-alrazaq, 2020).

### **3.4 Κυβέρνηση και δημόσιες υπηρεσίες**

Οι κυβερνήσεις σε όλο τον κόσμο διερευνούν τους διάφορους τρόπους με τους οποίους η τεχνολογία blockchain μπορεί να μεταμορφώσει τις δημόσιες υπηρεσίες και τη διακυβέρνηση. Τα συστήματα ψηφοφορίας, η διαχείριση ταυτοτήτων και η καταγραφή ακινήτων είναι μερικοί μόνο από τους κλάδους στους οποίους αυτή η τεχνολογία υπόσχεται πολλά. Τα συστήματα ψηφοφορίας που βασίζονται στην τεχνολογία blockchain παρέχουν αυξημένη ασφάλεια και διαφάνεια κατά τη διάρκεια των εκλογών, διατηρώντας τη νομιμότητα της δημοκρατικής διαδικασίας. Με τη χρήση της αλυσίδας μπλοκ για ψηφιακές ταυτότητες, οι άνθρωποι έχουν μεγαλύτερο έλεγχο των προσωπικών τους πληροφοριών, γεγονός που μειώνει την πιθανότητα κλοπής ταυτότητας και βελτιώνει την ιδιωτικότητα. Οι κυβερνήσεις μπορούν επίσης να αξιοποιήσουν το blockchain, για να επιταχύνουν την καταγραφή της ιδιοκτησίας, μειώνοντας τις εδαφικές διαφορές και εξορθολογίζοντας τις μεταβιβάσεις ακινήτων. Οι κυβερνήσεις μπορούν να διατηρήσουν την ακεραιότητα των δεδομένων και να επιτρέψουν την αποτελεσματική επαλήθευση εγγράφων, αποθηκεύοντας σημαντικά δημόσια αρχεία σε μια απαραβίαστη αλυσίδα μπλοκ (Alexopoulos, Charalabidis, Loutsaris, & Lachana, 2021).

Οι τεχνολογίες που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ ενισχύουν τη διανομή παροχών στον τομέα της κοινωνικής πρόνοιας, μειώνοντας την απάτη και διασφαλίζοντας την ακριβή παροχή παροχών σε όσους έχουν ανάγκη. Η τεχνολογία blockchain μπορεί να είναι χρήσιμη για την υπεράσπιση των πνευματικών δικαιωμάτων και των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας, επιτρέποντας στους παραγωγούς περιεχομένου να αποδεικνύουν την κυριότητά τους και την ημερομηνία δημιουργίας τους, αποφεύγοντας έτσι τη λογοκλοπή. Η τεχνολογία

blockchain μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης διευκολύνοντας την ασφαλή και αξιόπιστη μεταφορά πληροφοριών υγείας και προωθώντας τη φροντίδα των ασθενών και την ιατρική έρευνα. Επιπροσθέτως, η υιοθέτηση του blockchain για φορολογικά αρχεία βελτιώνει τις προσπάθειες είσπραξης φόρων και εσόδων, ενώ οι υπηρεσίες συμβολαιογραφικής επικύρωσης που βασίζονται σε blockchain απλοποιούν τις νομικές διαδικασίες (Somasundaram, Quamrul, & Washington, 2018). Οι κυβερνήσεις μπορούν να αναβαθμίσουν τα συστήματα έκδοσης εισιτηρίων και πληρωμών, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain για την αλλαγή των δημόσιων μεταφορών, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα των μετακινούμενων. Το blockchain σε περιόδους κρίσης διασφαλίζει την αποτελεσματική και διαφανή διανομή της ανθρωπιστικής βοήθειας, αυξάνοντας τις επιχειρήσεις αρωγής (Øines & Jansen, 2017).

### **3.5 Ακίνητη περιουσία**

Με πληθώρα πλεονεκτημάτων που φέρνουν επανάσταση στις συναλλαγές και τη διαχείριση ακινήτων, η τεχνολογία blockchain μεταμορφώνει σημαντικά τον κλάδο των ακινήτων. Πέρα από τη διευκόλυνση των ασφαλών και ανοικτών συναλλαγών ακινήτων, το tokenization μέσω του οποίου καθίσταται δυνατή η κλασματική ιδιοκτησία και το crowdfunding ακινήτων βελτιώνει επίσης τη ρευστότητα και την προσβασιμότητα. Ο χωρίς σύνορα χαρακτήρας του blockchain επιτρέπει τις διασυνοριακές συναλλαγές, επιτρέποντας σε μέρη από άλλα έθνη να συμμετέχουν σε συμφωνίες ακινήτων χωρίς προβλήματα. Με αυτοματοποιημένες έξυπνες συμβάσεις για τη συντήρηση και την είσπραξη των ενοικίων, οι λύσεις που λειτουργούν με blockchain απλοποιούν τη διαχείριση ακινήτων, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα και τη διαφάνεια. Τα token ακινήτων μπορούν να αγοραστούν και να πωληθούν σε εξειδικευμένα ανταλλακτήρια token ακινήτων, γεγονός που αυξάνει τη ρευστότητα των tokenized περιουσιακών στοιχείων (Garcia-Teruel, 2020).

Το αμετάβλητο της αλυσίδας μπλοκ καθιστά επίσης τα αρχεία ιδιοκτησίας δημόσια και αδιαπέραστα από την παραποίηση, γεγονός που συμβάλλει στη διευθέτηση των διαφορών σχετικά με τους τίτλους ιδιοκτησίας. Λειτουργώντας ως πράκτορες μεσεγγύησης, οι έξυπνες συμβάσεις μειώνουν την ανάγκη για υπηρεσίες τρίτων και τον κίνδυνο απάτης. Το blockchain προορίζεται να αλλάξει τον τομέα των ακινήτων, καθιστώντας τον πιο προσιτό, αποτελεσματικό και ασφαλή τόσο για τους επενδυτές όσο και για τους ενδιαφερόμενους, χάρη στη μετασηματιστική επιρροή και τις εξελισσόμενες χρήσεις του (Pankratov, Grigoryev, & Pankratov, 2020).

### **3.6 Πνευματική ιδιοκτησία και πνευματικά δικαιώματα**

Η τεχνολογία blockchain έχει την προοπτική να προσφέρει στους δημιουργούς και τους καλλιτέχνες εργαλεία για την εξασφάλιση των έργων τους και την επιβολή των δικαιωμάτων τους. Η χρήση της αλυσίδας μπλοκ για τη χρονοσήμανση των έργων καθιερώνει αμετάβλητη την απόδειξη της ιδιοκτησίας και των ημερομηνιών δημιουργίας, ενισχύοντας τα θεμέλια για αξιώσεις και διαφωνίες σχετικά με τα πνευματικά δικαιώματα. Εκτός από αυτή τη θεμελιώδη εφαρμογή, το blockchain εισάγει μια σειρά ακόμη μετασηματιστικών χαρακτηριστικών. Τα αποκεντρωμένα μητρώα πνευματικών δικαιωμάτων επιτρέπουν στους δημιουργούς να καταχωρούν απευθείας τα έργα τους στην αλυσίδα μπλοκ, εξασφαλίζοντας ένα ασφαλές και απαραβίαστο αρχείο ιδιοκτησίας, ενώ παράλληλα εξαλείφουν τις πολυπλοκότητες των

παραδοσιακών διαδικασιών καταχώρισης. Οι έξυπνες συμβάσεις αυτοματοποιούν τις συμφωνίες αδειοδότησης και τις πληρωμές δικαιωμάτων, απλοποιώντας την κατανομή των εσόδων και εξασφαλίζοντας δίκαιη αποζημίωση για τους καλλιτέχνες όταν τα έργα τους χρησιμοποιούνται ή αγοράζονται (Chen, et al., 2020).

Ακόμα, οι δυνατότητες απόδοσης της αλυσίδας μπλοκ ενισχύουν την απόδοση περιεχομένου, αποτρέποντας τη λογοκλοπή και διασφαλίζοντας την πρωτοτυπία. Τα συνεργατικά έργα επωφελούνται από την αδειοδότηση με βάση την αλυσίδα μπλοκ, εξασφαλίζοντας δίκαιη κατανομή των εσόδων μεταξύ των συντελεστών. Τα NFTs έχουν αναδειχθεί ως μια λύση βασισμένη στην αλυσίδα μπλοκ για την πιστοποίηση της ιδιοκτησίας και της προέλευσης της ψηφιακής τέχνης και των συλλεκτικών αντικειμένων, παρέχοντας νέες δυνατότητες για τους δημιουργούς στο ψηφιακό πεδίο (Gürkaynak, Yilmaz, Yesilaltay, & Bengi, 2018). Τα αρχεία blockchain χρησιμεύουν ως αποδεικτικά στοιχεία στην επιβολή των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας και στις νομικές διαδικασίες, προσφέροντας αποδείξεις της ιδιοκτησίας και των ημερομηνιών δημιουργίας για την υποστήριξη των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας των δημιουργών (Pech, 2020).

### **3.7 Παιχνίδια και ψυχαγωγία**

Η τεχνολογία blockchain φέρνει αποκεντρωμένα και πελατοκεντρικά οικοσυστήματα, αλλάζοντας τους τομείς των τυχερών παιχνιδιών και της ψυχαγωγίας. Επειδή τα αντικείμενα εντός του παιχνιδιού αποθηκεύονται και διαχειρίζονται από τους δημιουργούς του παιχνιδιού, η ιδιοκτησία των παικτών επί των αντικειμένων εντός του παιχνιδιού συχνά περιορίζεται στις παραδοσιακές πλατφόρμες παιχνιδιών. Ωστόσο, τα Μη Εναλλάξιμα Κρυπτοπαραστατικά (non-fungible tokens, NFTs) χρησιμοποιούνται από τα συστήματα τυχερών παιχνιδιών που λειτουργούν με blockchain για να επιτρέψουν την πραγματική ιδιοκτησία των εικονικών αγαθών στο παιχνίδι (Attaran & Gunasekaran, 2019).

Τα NFTs είναι ειδικά ψηφιακά κουπόνια που υποδηλώνουν την κατοχή συγκεκριμένων χαρακτήρων, πραγμάτων ή εικονικών ιδιοτήτων στα παιχνίδια. Δεδομένου ότι κάθε NFT είναι μοναδικό, οι παίκτες εκτιμούν τη σπανιότητα και την αξία του. Οι παίκτες μπορούν να αγοράζουν, να πωλούν και να ανταλλάσσουν ελεύθερα περιουσιακά στοιχεία εντός του παιχνιδιού χρησιμοποιώντας NFTs στην αλυσίδα μπλοκ, χωρίς να υπόκεινται σε περιορισμούς που επιβάλλονται από τους δημιουργούς των παιχνιδιών. Αυτό όχι μόνο αυξάνει την αυτονομία και τη δέσμευση των παικτών, αλλά δίνει επίσης στα εικονικά πράγματα μια αξία στον πραγματικό κόσμο, δίνοντας στους παίκτες πρόσθετους τρόπους να κερδίζουν χρήματα από τις δραστηριότητές τους στο παιχνίδι (Hammi, Zeadally, & Perez, 2023).

Επιπλέον, στις πλατφόρμες παιχνιδιών blockchain περιλαμβάνονται μέθοδοι play-to-earn, έτσι ώστε οι χρήστες να μπορούν να κερδίζουν βραβεία και κρυπτονομίσματα μόνο με τη συμμετοχή τους στο παιχνίδι. Το αποδεδειγμένο δίκαιο παιχνίδι καθίσταται δυνατό με την τεχνολογία blockchain, διασφαλίζοντας τη διαφάνεια και απομακρύνοντας κάθε πιθανότητα απάτης. Οι έξυπνες συμβάσεις που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ αυτοματοποιούν τις πληρωμές και τους κανόνες του παιχνιδιού, δημιουργώντας ένα περιβάλλον εμπιστοσύνης για τους παίκτες (Min, Wang, Guo, & Cai, 2019).

Πέρα από τα τυχερά παιχνίδια, η τεχνολογία blockchain χρησιμοποιείται στον τομέα της ψυχαγωγίας. Οι κόσμοι της ψηφιακής τέχνης, της μουσικής και των συλλεκτικών

αντικειμένων έχουν επίσης μετασηματιστεί από τα NFTs. Η κωδικοποίηση έργων ως NFTs δίνει στους καλλιτέχνες και τους παραγωγούς περιεχομένου πλήρη έλεγχο και κυριότητα επί των έργων τους. Οι αγορές NFT δίνουν στους καλλιτέχνες την ευκαιρία να πωλούν τα ψηφιακά τους έργα απευθείας σε συλλέκτες, αποκλείοντας τους μεσάζοντες και αυξάνοντας την οικονομική τους αυτονομία (Du, Chen, Liu, & Ma, 2019).

### **3.8 Ασφάλεια**

Η υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain στον ασφαλιστικό τομέα έχει ανατρεπτικές επιπτώσεις που βελτιώνουν την παραγωγικότητα, την ασφάλεια και την εμπειρία των πελατών. Ένα από τα κύρια οφέλη είναι η αύξηση της ακρίβειας και της ακεραιότητας των δεδομένων, καθώς η τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού της αλυσίδας μπλοκ αποθηκεύει και διανέμει με ασφάλεια τα δεδομένα που σχετίζονται με την ασφάλιση σε εξουσιοδοτημένα μέρη, μειώνοντας την πιθανότητα λαθών και ασυμφωνιών. Οι ασφαλιστικές εταιρείες μπορούν να λαμβάνουν πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις και να πραγματοποιούν πιο ακριβείς εκτιμήσεις κινδύνου, όταν έχουν άμεση πρόσβαση σε αξιόπιστες και ακριβείς πληροφορίες (Kar & Navin, 2021).

Επιπρόσθετα, η αλυσίδα μπλοκ διατηρεί ένα μόνιμο και αμετάκλητο αρχείο κάθε ασφαλιστικής συναλλαγής και απαίτησης. Παρακολουθώντας το ιστορικό των απαιτήσεων και εντοπίζοντας αμφισβητήσιμα μοτίβα, η λειτουργία αυτή βοηθά τους ασφαλιστές να αποτρέψουν την απάτη και να ελαχιστοποιήσουν τις πιθανές απώλειες. Τα ασφαλιστικά προγράμματα και η επεξεργασία των απαιτήσεων έχουν αλλάξει με τη χρήση έξυπνων συμβολαίων που βασίζονται στο blockchain. Οι έξυπνες συμβάσεις εξαλείφουν την ανάγκη για χειροκίνητη επεξεργασία και συντομεύουν τους χρόνους διακανονισμού απαιτήσεων για παραμετρική ασφάλιση, όπου οι πληρωμές ενεργοποιούνται από συγκεκριμένα συμβάντα ή συνθήκες (Grima, Kizilkaya, Sood, & ErdemDelice, 2021). Μόλις εκπληρωθούν οι προκαθορισμένες απαιτήσεις, οι διακανονισμοί απαιτήσεων πραγματοποιούνται αυτόματα από τις έξυπνες συμβάσεις.

Δίνοντας τη δυνατότητα στους ανθρώπους να διατηρούν τον έλεγχο των προσωπικών τους δεδομένων και να χορηγούν επιλεκτικά την άδεια να τα μοιράζονται με την ασφάλιση, η τεχνολογία blockchain επιλύει επίσης τις ανησυχίες σχετικά με την προστασία της ιδιωτικότητας των δεδομένων (Hans, Zuber, Rizk, & Steinmetz, 2017).

Οι παραμετρικές μικροασφαλίσεις που λειτουργούν με blockchain έχουν αποδειχθεί απαραίτητες στις ανεπτυγμένες χώρες, παρέχοντας στους ανθρώπους με χαμηλό εισόδημα προσιτή προστασία έναντι συγκεκριμένων κινδύνων, όπως συμβάντα που σχετίζονται με καιρικά φαινόμενα (Kar & Navin, 2021).

### **3.9 Διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς**

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς προσφέρει μια νέα προσέγγιση για τη συντήρηση των μνημείων και τη διατήρηση της πολιτιστικής τους σημασίας. Η αλυσίδα μπλοκ προσφέρει μια ασφαλή και αποκεντρωμένη πλατφόρμα για την αποθήκευση ζωτικών δεδομένων σχετικά με ιστορικές τοποθεσίες, την ιδιοκτησία και την κατάσταση διατήρησης. Αυτό γίνεται με τη χρήση ψηφιακών πιστοποιητικών ελέγχου. Η νομιμότητα και η ακεραιότητα αυτών των πιστοποιητικών

διασφαλίζονται από τα απαραβίαστα και διαφανή χαρακτηριστικά της αλυσίδας μπλοκ, παρέχοντας στους ενδιαφερόμενους φορείς και στο ευρύ κοινό ορθά δεδομένα για τα μνημεία (Khanna, et al., 2021).

Το αμετάβλητο βιβλίο της αλυσίδας μπλοκ καθιστά επίσης δυνατή την παρακολούθηση των πρωτοβουλιών διατήρησης με την πάροδο του χρόνου. Ένα λεπτομερές και διαφανές ιστορικό των προσπαθειών συντήρησης παράγεται από την αλυσίδα μπλοκ, η οποία καταγράφει κάθε πράξη από την αποκατάσταση έως τη συντήρηση. Πολλαπλοί ενδιαφερόμενοι μπορούν να χειριστούν τα αρχεία ιδιοκτησίας του μνημείου χάρη στην αποκεντρωμένη φύση του blockchain. Η συνεργασία μεταξύ κυβερνήσεων, επιχειρήσεων και κοινοτήτων μπορεί να μειώσει την πιθανότητα συγκρούσεων ιδιοκτησίας και να προωθήσει τη σαφήνεια στα δικαιώματα ιδιοκτησίας των μνημείων (Zhao & Huang, 2020).

Οι διαδικασίες χρηματοδότησης και διακυβέρνησης των πρωτοβουλιών για τη διατήρηση ιστορικών μνημείων αυτοματοποιούνται με τη χρήση έξυπνων συμβάσεων. Η οικονομική στήριξη παρέχεται αποτελεσματικά και η διαφάνεια βελτιώνεται καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας διατήρησης με την κωδικοποίηση των συμφωνιών χρηματοδότησης σε έξυπνες συμβάσεις. Η κωδικοποίηση των μνημείων ως NFTs παρουσιάζει μια νέα στρατηγική για την αύξηση της ευαισθητοποίησης του κοινού και την ενθάρρυνση της συμμετοχής στην προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι ψηφιακές αναπαραστάσεις της πολιτιστικής κληρονομιάς είναι διαθέσιμες για αγορά από οποιονδήποτε στον κόσμο, επιτρέποντάς του να συνδεθεί με την ιστορική αξία του μνημείου, ενώ παράλληλα υποστηρίζει τις προσπάθειες διατήρησης. Μέσω των επαληθεύσιμων αρχείων της αλυσίδας μπλοκ, τα ιστορικά αντικείμενα που εκτίθενται στα μνημεία ή συνδέονται με τα μνημεία μπορούν να επιβεβαιώσουν την προέλευση και τη γνησιότητά τους. Με την προστασία της σημασίας και της νόμιμης ιδιοκτησίας τους, αυτό μειώνει την παράνομη διακίνηση πολιτιστικών αντικειμένων (O'Shields, 2017).

Οι πλατφόρμες που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ προωθούν την προσβασιμότητα και τη συμμετοχή του κοινού σε πρωτοβουλίες για τη διατήρηση ιστορικών μνημείων. Οι πολίτες έχουν μεγαλύτερο κίνητρο να συμμετέχουν ενεργά στις προσπάθειες διατήρησης, όταν έχουν πρόσβαση σε διαφανείς πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση ενός μνημείου, τα τρέχοντα προγράμματα και τα προτεινόμενα έργα. Οι ιστορικές πληροφορίες που έχουν επισημανθεί χρονικά στην αλυσίδα μπλοκ διατηρούνται για τις μελλοντικές γενιές, διασφαλίζοντας την ακρίβεια και την ακεραιότητα στην καταγραφή της ιστορίας ενός μνημείου (Wan, Huang, & Holtskog, 2020).

### **3.10 Εκπαίδευση**

Η υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain στον εκπαιδευτικό τομέα προσφέρει λύσεις που αλλάζουν τα δεδομένα για τη διαχείριση των διπλωμάτων και των διαπιστευτηρίων, δημιουργώντας ασφαλή και εύκολα προσβάσιμα αρχεία για άτομα, οργανισμούς και ιδρύματα. Τα εκπαιδευτικά πιστοποιητικά και τα διαπιστευτήρια μπορούν να αποθηκευτούν ως απαραβίαστα, αμετάβλητα δεδομένα που φέρουν χρονοσήμανση για την εγκυρότητα και διασφαλίζονται από ανεπιθύμητες προσαρμογές, αξιοποιώντας τις πρωταρχικές δυνατότητες της αλυσίδας μπλοκ. Αυτό βελτιώνει τη διαδικασία επαλήθευσης και αυθεντικοποίησης και επιτρέπει στα ακαδημαϊκά ιδρύματα και τις εταιρείες να επιβεβαιώνουν γρήγορα και με διαφάνεια τα προσόντα ενός υποψηφίου, εξοικονομώντας



χρόνο και προσπάθεια για χειροκίνητες διαδικασίες επαλήθευσης (Haque, et al., 2023). Επιπλέον, οι εταιρείες παραγωγής διπλωμάτων και οι παραπλανητικοί εκδότες πιστοποιητικών αποθαρρύνονται από τη διαφάνεια και το αμετάβλητο της αλυσίδας μπλοκ, διασφαλίζοντας ότι αναγνωρίζονται και γίνονται αποδεκτά μόνο έγκυρα πιστοποιητικά (Raimundo & Rosário, 2021).

Οι διεθνείς φοιτητές και οι αιτούντες μπορούν να ανταλλάσσουν με ασφάλεια τα πιστοποιητικά τους με υποψήφιους εργοδότες ή ακαδημαϊκά ιδρύματα πέρα από τα σύνορα, χάρη στην αποκεντρωμένη φύση της αλυσίδας μπλοκ, η οποία διασφαλίζει ότι τα πιστοποιητικά εκπαίδευσης είναι προσβάσιμα σε όλους. Η αλυσίδα μπλοκ επιτρέπει επίσης την έκδοση σημάτων, προσφέροντας μια ψηφιακή αναπαράσταση της μαθησιακής πορείας και της εξέλιξης των δεξιοτήτων ενός ατόμου. Οι ευκαιρίες απασχόλησης ενός ατόμου μπορούν να βελτιωθούν με την προσθήκη αυτών των ψηφιακών σημάτων σε ένα εκπαιδευτικό προφίλ που βασίζεται στο blockchain (Lutfiani, et al., 2021).

Οι φοιτητές και οι επαγγελματίες μπορούν να δημιουργήσουν ηλεκτρονικά χαρτοφυλάκια στην αλυσίδα μπλοκ, για να εμφανίσουν τα ακαδημαϊκά τους επιτεύγματα, τα έργα και τις εξωσχολικές τους δραστηριότητες. Η διαφανής μεταφορά πιστωτικών μονάδων επιταχύνει τις διαδικασίες μεταφοράς πιστωτικών μονάδων μεταξύ των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, διευκολύνοντας τους φοιτητές να συνεχίσουν τις σπουδές τους. Οι δυνατότητες της αλυσίδας μπλοκ επεκτείνονται σε αποκεντρωμένα συστήματα μάθησης, δίνοντας στους χρήστες τον έλεγχο των δεδομένων και της προόδου τους, ενώ παράλληλα προωθούν τη μάθηση. Οι σπουδαστές μπορούν να μοιράζονται πιστοποιήσεις τους με εργοδότες ή ιδρύματα, ενώ παράλληλα παρέχουν επιλεκτική πρόσβαση στα εκπαιδευτικά τους αρχεία, προστατεύοντας το απόρρητο και την ιδιοκτησία των δεδομένων (Alshahrani, Beloff, & White, 2020).

## Κεφάλαιο 4. Εννοιολογική περιγραφή του Ιατρικού Φακέλου

Ο Ιατρικός Φάκελος είναι ένα αρχείο αποτελούμενο από έγγραφα, αναφορικά με οποιαδήποτε ιατρική πληροφορία, ιατρικές εξετάσεις, διαγνώσεις κ.λπ. που αφορούν έναν ασθενή. Τα δεδομένα του Ιατρικού Φακέλου αποτελούν σημείο αναφοράς για την πληροφόρηση του θεράποντος ιατρού ως προς τη διάγνωση, θεραπεία και έκβαση ενός περιστατικού, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για στατιστικούς και ερευνητικούς σκοπούς.

Η υγειονομική περίθαλψη είναι ένας από τους πολλούς τομείς, που η τεχνολογία blockchain προσδίδει μια διαφορετική προσέγγιση, ειδικότερα σε ορισμένα επίμονα προβλήματα διαχείρισης δεδομένων, ασφάλειας και διαλειτουργικότητας στο πλαίσιο των ιατρικών φακέλων. Μια αλυσίδα μπλοκ είναι κατά βάση ένα κατανεμημένο, αποκεντρωμένο και αμετάβλητο ψηφιακό βιβλίο που καταγράφει με ασφάλεια τις συναλλαγές και άλλα δεδομένα. Αποτελείται από μια σειρά μπλοκ, καθένα από τα οποία περιλαμβάνει ένα σύνολο δεδομένων, μια χρονοσφραγίδα και έναν ειδικό κρυπτογραφικό κατακερματισμό. Είναι πρακτικά αδύνατη η παραποίηση ή η αλλοίωση των εγγραφών, καθώς τα μπλοκ συνδέονται μεταξύ τους με κρυπτογραφικούς κατακερματισμούς, γεγονός που εγγυάται ότι οποιαδήποτε τροποποίηση των δεδομένων ενός μπλοκ θα επηρεάσει ολόκληρη την αλυσίδα (Attaran, 2020).

Τα παραδοσιακά συστήματα διαχείρισης ιατρικών αρχείων αντιμετωπίζουν μια σειρά δυσκολιών, όπως ο κατακερματισμός των δεδομένων, η έλλειψη διαλειτουργικότητας των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, οι παραβιάσεις δεδομένων και η αναποτελεσματική πρόσβαση και κοινή χρήση δεδομένων. Οι ασθενείς συχνά δυσκολεύονται να αποκτήσουν πρόσβαση και να ελέγξουν το ιατρικό τους αρχείο, ενώ οι επαγγελματίες του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης αντιμετωπίζουν δυσκολίες ως προς το να συγκεντρώσουν τα δεδομένα των ασθενών από πολλές πηγές (Bittins, et al., 2020).

### 4.1 Διατήρηση και Εκκαθάριση ιατρικών αρχείων

Μια κρίσιμη συνιστώσα της διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης είναι η διαχείριση των ιατρικών φακέλων, η οποία εγγυάται την προσβασιμότητα στα δεδομένα ασθενών για τη λήψη κλινικών αποφάσεων, την έρευνα και τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές διατάξεις. Ωστόσο, καθώς αυξάνεται ο όγκος των ιατρικών δεδομένων, αυξάνονται και οι δυσκολίες για τη διατήρηση των δεδομένων αυτών και τις απαιτήσεις εκκαθάρισης των αρχείων. Για τη διατήρηση και εκκαθάριση των ιατρικών φακέλων, παρέχεται μια ασφαλής, αποκεντρωμένη και μη αναστρέψιμη πλατφόρμα μέσω της τεχνολογίας blockchain (Ben Fekih & Lahami, 2020).

Κάθε καταχώρηση σε έναν ιατρικό φάκελο φέρει χρονοσήμανση και συνδέεται κρυπτογραφικά με την προηγούμενη, σχηματίζοντας μια αλυσίδα πληροφοριών που δε μπορεί να αλλάξει ή να αφαιρεθεί χωρίς τη σύμφωνη γνώμη των χρηστών του δικτύου. Η αξιοπιστία των ιατρικών αρχείων για νομικούς, επιστημονικούς και κλινικούς στόχους

εξασφαλίζεται από αυτό το χαρακτηριστικό, το οποίο εξασφαλίζει επίσης την ακεραιότητα και την αυθεντικότητά τους. Η προστασία των ευαίσθητων ιατρικών δεδομένων και η διαφύλαξη της ιδιωτικής ζωής των ασθενών είναι δύο από τα θεμελιώδη ζητήματα στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Τα δεδομένα είναι διασκορπισμένα σε ένα δίκτυο κόμβων χάρη στην αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική της αλυσίδας μπλοκ, η οποία απομακρύνει τα ενιαία σημεία αποτυχίας και καθιστά δύσκολη την πρόσβαση ή την αλλοίωση αρχείων από μη εξουσιοδοτημένα πρόσωπα. Επίσης, με τη χρήση κρυπτογραφικών μεθόδων, τα δεδομένα των ασθενών διατηρούνται κρυπτογραφημένα και είναι προσβάσιμα μόνο σε όσους έχουν τα κατάλληλα μυστικά διαπιστευτήρια (Gordon & Catalini, 2018).

Οι ασθενείς έχουν έτσι, μεγαλύτερο έλεγχο των ιατρικών αρχείων τους λόγω της blockchain. Οι ασθενείς μπορούν να χορηγούν και να αποσύρουν την πρόσβαση στα δεδομένα υγείας τους, ελέγχοντας ποιοι επαγγελματίες υγείας ή ερευνητές έχουν πρόσβαση και σε ποιες πληροφορίες. Επιτρέποντας στα άτομα να συμμετέχουν ενεργά στις αποφάσεις για την υγειονομική τους περίθαλψη και να μοιράζονται πληροφορίες αποκλειστικά με αξιόπιστους οργανισμούς, αυτή η προσέγγιση βελτιώνει την εμπιστοσύνη και τη διαφάνεια (Yoon, 2019). Στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, είναι εξίσου απαραίτητη η αφαίρεση παλαιών ή άσκοπων ιατρικών αρχείων. Παρόλο που ορισμένα ιατρικά αρχεία χρειάζεται να διατηρηθούν για μελλοντική αναφορά ή για νομικούς λόγους, πολλά μπορεί να παρωχηθούν με την πάροδο του χρόνου. Το αμετάβλητο των αλυσίδων μπλοκ δημιουργεί πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση, επειδή τα αρχεία δε μπορούν να διαγραφούν άμεσα από την αλυσίδα. Οι επιχειρήσεις υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να αναπτύξουν ένα κλιμακωτό σύστημα διαχείρισης δεδομένων, στο οποίο τα αρχεία με διαφορετικές περιόδους διατήρησης διατηρούνται σε διάφορα επίπεδα της αλυσίδας μπλοκ. Όταν παρέλθει ο χρόνος διατήρησης ενός ιατρικού φακέλου, μπορεί να αφαιρεθεί από την blockchain ή να μεταφερθεί σε μια χαμηλότερη βαθμίδα, διασφαλίζοντας ότι είναι διαθέσιμες μόνο οι τρέχουσες και σχετικές πληροφορίες. Τα ιατρικά αρχεία στην αλυσίδα μπλοκ πρέπει να αποθηκεύονται και να διαγράφονται σύμφωνα με τους ισχύοντες νόμους περί προστασίας δεδομένων και τις κανονιστικές απαιτήσεις (Sureephong, Komane, & Trongpanyachot, 2022).

Οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης χρειάζεται να διασφαλίζουν ότι οι μηχανισμοί προστασίας της ιδιωτικότητας των δεδομένων και της συναίνεσης εφαρμόζονται αποτελεσματικά και ότι η επεξεργασία των δεδομένων των ασθενών γίνεται σύμφωνα με τυχόν ισχύοντες νόμους, όπως ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) στην Ευρωπαϊκή Ένωση ή ο Νόμος περί Φορητότητας και Λογοδοσίας της Ασφάλισης Υγείας (Health Insurance Portability and Accountability Act - HIPAA) στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η αποκεντρωμένη φύση της αλυσίδας μπλοκ διευκολύνει την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων και τη συνεργασία μεταξύ διαφόρων ιδρυμάτων και προμηθευτών υγειονομικής περίθαλψης. Τα εξουσιοδοτημένα μέρη μπορούν να έχουν ασφαλή πρόσβαση στα δεδομένα των ασθενών σε διάφορα δίκτυα, όταν τα ιατρικά αρχεία αποθηκεύονται σε μια αλυσίδα μπλοκ, διευκολύνοντας το συντονισμό της περίθαλψης και βελτιώνοντας τα αποτελέσματα των ασθενών. Λόγω αυτής της διαλειτουργικότητας, πραγματοποιούνται λιγότερες περιττές εξετάσεις και τα σχέδια διάγνωσης και θεραπείας είναι πιο ακριβή, όσον αφορά τη λήψη κλινικών αποφάσεων, την έρευνα και τη φροντίδα των ασθενών παγκοσμίως (Esposito, De Santis, Tortora, Chang, & Choo, 2018) (de Moraes Rossetto, Sega, & Leithardt, 2022).

## Κεφάλαιο 5. Blockchain στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης

### 5.1 Διαχείριση Ιατρικών Φακέλων

Η αποκεντρωμένη δομή της blockchain προσφέρει ένα επίπεδο ασφάλειας δεδομένων, που βελτιώνει την ιδιωτικότητα των ασθενών και οι πληροφορίες των ασθενών προστατεύονται από παράνομη πρόσβαση. Οι ασθενείς έχουν μεγαλύτερο έλεγχο των ιατρικών τους αρχείων και μπορούν να παρέχουν ή να ανακαλέσουν την πρόσβαση στα δεδομένα υγείας τους σε επαγγελματίες υγείας, ερευνητές και άλλα σχετικά μέρη μέσω κρυπτογραφικών κλειδιών. Θέτοντας τους ασθενείς στο επίκεντρο των αποφάσεων για την υγειονομική τους περίθαλψη, αυτή η ασθενοκεντρική στρατηγική τους επιτρέπει να μοιράζονται τις ιατρικές τους πληροφορίες αποκλειστικά με οργανισμούς που μπορούν να εμπιστευτούν, διατηρώντας παράλληλα την κυριότητα των δεδομένων τους (Harshini, Danai, Usha, & Kounte, 2019).

Η ασυμβατότητα των διαφόρων συστημάτων ηλεκτρονικών φακέλων υγείας (EHR) είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Η αλυσίδα μπλοκ παρέχει ένα τυποποιημένο και ασφαλές μέσο για την ανταλλαγή ιατρικών αρχείων από διάφορους οργανισμούς και παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Η υιοθέτηση ενός τυποποιημένου πρωτοκόλλου blockchain επιτρέπει στα εξουσιοδοτημένα μέρη να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα ασθενών σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας τον συντονισμό της περίθαλψης και αυξάνοντας την ακρίβεια των διαγνώσεων (Usman & Qamar, 2020).

Η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ πολλαπλών ιδρυμάτων συνεπάγεται μερικές φορές χρονοβόρες χειροκίνητες διαδικασίες στο παραδοσιακό οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Η ανταλλαγή δεδομένων που είναι αυτοματοποιημένη και χωρίς τριβές καθίσταται δυνατή με έξυπνες συμβάσεις στην αλυσίδα μπλοκ. Οι έξυπνες συμβάσεις είναι αυτοεκτελούμενες συμβάσεις που εκτελούν προκαθορισμένες εργασίες όταν ικανοποιούνται ορισμένα κριτήρια. Για παράδειγμα, το έξυπνο συμβόλαιο μπορεί να επιτρέψει αυτόματα την πρόσβαση στα ιατρικά αρχεία ενός ασθενούς όταν αυτός επισκέπτεται έναν νέο πάροχο υγειονομικής περίθαλψης, καταργώντας την ανάγκη για χειροκίνητα αιτήματα και γραφειοκρατία. Οι κλινικές δοκιμές και η έρευνα επωφελούνται από τη διαφάνεια και την ασφάλεια του blockchain. Στην αλυσίδα μπλοκ, τα ανωνυμοποιημένα δεδομένα ασθενών είναι προσβάσιμα στους ερευνητές, προστατεύοντας την ιδιωτικότητα των ασθενών και προωθώντας την ανταλλαγή δεδομένων για τη μελέτη. Αυτή η προσβασιμότητα των δεδομένων τονώνει την καινοτομία στην υγειονομική περίθαλψη, επιταχύνει την ιατρική έρευνα και διευκολύνει τον σχεδιασμό εξατομικευμένων θεραπειών (Yoon, 2019).

Το αμετάβλητο λογιστικό βιβλίο που παρέχει η αλυσίδα μπλοκ επιτρέπει τον έλεγχο και εγγυάται την τήρηση των ιατρικών κανόνων. Δεδομένου ότι κάθε συναλλαγή στην αλυσίδα μπλοκ είναι χρονοσημασμένη και συνδεδεμένη, είναι διαθέσιμη μια λεπτομερής διαδρομή ελέγχου όλων των δραστηριοτήτων που αφορούν ιατρικά αρχεία. Για τις επιχειρήσεις υγειονομικής περίθαλψης, αυτή η διαφάνεια διευκολύνει τη συμμόρφωση με τα ρυθμιστικά πρότυπα και απλοποιεί τη διαδικασία ελέγχου (Park, et al., 2019).

## 5.2 Ανάλυση SWOT

### 5.2.1 Πλεονεκτήματα

Η τεχνολογία blockchain αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη μέθοδο για τη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Η ισχυρή ασφάλεια που προσφέρει ως αποτέλεσμα του ότι είναι αποκεντρωμένη και αμετάβλητη είναι ένα από τα κύρια πλεονεκτήματά της. Η αλυσίδα μπλοκ εξασφαλίζει υψηλό επίπεδο ασφάλειας δεδομένων και προστατεύει την ιδιωτική ζωή των ασθενών με τη διασπορά των ιατρικών αρχείων σε πολυάριθμους κόμβους, καθιστώντας δύσκολη την αλλοίωση ή την πρόσβαση σε κρίσιμα δεδομένα ασθενών από μη εξουσιοδοτημένα μέρη. Η διαφάνεια των δεδομένων είναι ένα ακόμη βασικό πλεονέκτημα. Η αλυσίδα μπλοκ προωθεί την ακρίβεια των δεδομένων και προωθεί την εμπιστοσύνη στα δεδομένα, επιτρέποντας την πρόσβαση και την επαλήθευση των ιατρικών αρχείων από τους ασθενείς και τους επαγγελματίες του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Λόγω αυτού, οι ενδιαφερόμενοι φορείς της υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να συνεργάζονται αποτελεσματικότερα και να λαμβάνουν γρήγορες και ακριβείς αποφάσεις που θα ωφελήσουν τους ασθενείς (Niranjanamurthy, Nithya, & Jagannatha, 2018).

Η αλυσίδα μπλοκ απλοποιεί τον συντονισμό της περίθαλψης και βελτιώνει τα αποτελέσματα των ασθενών, επιτρέποντας την απρόσκοπτη κοινή χρήση και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφόρων παρόχων και ιδρυμάτων υγειονομικής περίθαλψης. Οι ιατρικοί φάκελοι ενός ασθενούς μπορούν να είναι προσβάσιμοι από τους επαγγελματίες υγείας σε πραγματικό χρόνο από διάφορες πηγές, επιτρέποντας μια πιο εμπειριστατωμένη εικόνα της κατάστασης της υγείας και του ιατρικού ιστορικού του ασθενή. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα είναι πως οι ασθενείς έχουν μεγαλύτερη κυριότητα και έλεγχο των ιατρικών τους αρχείων, επιτρέποντας σε ορισμένους επαγγελματίες του ιατρικού τομέα ή ερευνητές να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες τους. Ενθαρρύνοντας την αυτονομία και τη συμμετοχή των ασθενών στις αποφάσεις υγειονομικής περίθαλψης, προωθείτε έτσι και μια ασθενοκεντρική προσέγγιση της ιατρικής περίθαλψης (Uriawan, 2020).

Ακόμη, η αυτοματοποίηση που παρέχεται από τις έξυπνες συμβάσεις στην αλυσίδα μπλοκ βελτιώνει την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα. Με την αυτοματοποίηση της ανταλλαγής δεδομένων και των διοικητικών διαδικασιών, οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να μειώσουν τη γραφειοκρατία, να εξοικονομήσουν χρόνο και να μειώσουν τα χειροκίνητα σφάλματα. Με τη μείωση των λειτουργιών, αυτό όχι μόνο βοηθά τους επαγγελματίες της υγειονομικής περίθαλψης, αλλά και βελτιώνει την εμπειρία των ασθενών, επιτρέποντας ταχύτερη και ακριβέστερη πρόσβαση σε δεδομένα (Nwagwu, 2020).

Ο μηχανισμός συναίνεσης της αλυσίδας μπλοκ, ο οποίος βελτιώνει την ποιότητα των δεδομένων, είναι ένα άλλο πλεονέκτημα. Προκειμένου να μειωθούν οι αποκλίσεις δεδομένων και να διασφαλιστεί ότι οι ακριβέστερες και πιο πρόσφατες πληροφορίες είναι διαθέσιμες για τη λήψη κλινικών αποφάσεων, οι συμμετέχοντες στο δίκτυο πρέπει να συμφωνούν για τη νομιμότητα των συναλλαγών. Τα καλύτερα αποτελέσματα της έρευνας, οι ακριβέστερες διαγνώσεις και οι αποτελεσματικές στρατηγικές θεραπείας είναι όλα αποτελέσματα της βελτιωμένης ποιότητας των δεδομένων. Η αλυσίδα μπλοκ χειρίζεται αποτελεσματικά τις σημαντικές δυσκολίες της υγειονομικής περίθαλψης όσον αφορά την ολοκλήρωση και τη διαλειτουργικότητα των δεδομένων. Η ανταλλαγή δεδομένων και η ενσωμάτωση με τα τρέχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, όπως τα ηλεκτρονικά

αρχεία υγείας (EHR), καθίστανται δυνατές χάρη στα καθιερωμένα πρωτόκολλα και την αποκεντρωμένη δομή της (Poquiz, 2022). Η αλυσίδα μπλοκ επιτρέπει μια ολοκληρωμένη εικόνα του ιατρικού ιστορικού ενός ασθενούς, ανεξάρτητα από την πηγή ή τον πάροχο, βελτιώνοντας το συντονισμό της περίθαλψης και τα αποτελέσματα των ασθενών. Μέσω της χρήσης έξυπνων συμβολαίων, οι ερευνητές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ανώνυμα δεδομένα ασθενών, προστατεύοντας παράλληλα το απόρρητο των δεδομένων και αποκτώντας χρήσιμες πληροφορίες από μεγάλα και ποικίλα σύνολα δεδομένων. Αυτή η ασφαλής ανταλλαγή δεδομένων επιταχύνει τις κλινικές δοκιμές, την ανάπτυξη φαρμάκων και την ιατρική έρευνα, οδηγώντας σε βελτιώσεις συνολικά στην υγειονομική περίθαλψη (Khujamatov, Akhmedov, Amir, & Ahmad, 2022).

Η ορθή διαχείριση των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης καθίσταται εφικτή με τη συγκατάθεση και τις κρυπτογραφικές μεθόδους της αλυσίδας μπλοκ. Μέσω ψηφιακών υπογραφών και έξυπνων συμβάσεων, οι ασθενείς μπορούν να έχουν λεπτομερή έλεγχο των δεδομένων τους, δίνοντας ή αρνούμενοι την πρόσβαση σε συγκεκριμένα τμήματα των ιατρικών τους πληροφοριών. Αυτό δημιουργεί εμπιστοσύνη και δίνει στους ανθρώπους τη δυνατότητα να αποφασίζουν οι ίδιοι αν θα μοιραστούν ή όχι τα δεδομένα τους (Shafiq & Shakor, 2023).

### **5.2.2 Αδυναμίες**

Παρά τα πλεονεκτήματά της, η τεχνολογία blockchain έχει ορισμένες αδυναμίες που αξίζει να αναφερθούν, αν πρόκειται να εφαρμοστεί με επιτυχία στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Ιδιαίτερα στο πλαίσιο των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, η επεκτασιμότητα αποτελεί σημαντική πρόκληση για τα δίκτυα blockchain. Καθίσταται δύσκολο για την αλυσίδα μπλοκ να διαχειριστεί έναν αυξανόμενο αριθμό σημείων δεδομένων, καθώς αυξάνεται ο όγκος των ιατρικών αρχείων. Αυτό μπορεί να εμποδίσει την πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο στα δεδομένα των ασθενών και να περιορίσει την επεκτασιμότητα των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης, αυξάνοντας τους χρόνους και το κόστος. Θα χρειαστούν καινοτόμες προσεγγίσεις, συμπεριλαμβανομένων τεχνικών κλιμάκωσης επιπέδου δύο ή της υιοθέτησης αποτελεσματικότερων μηχανισμών συναίνεσης, για την αντιμετώπιση των προβλημάτων κλιμάκωσης (David, et al., 2023).

Ένα άλλο βασικό μειονέκτημα της τεχνολογίας blockchain είναι η πολυπλοκότητά της. Η ενσωμάτωση της αλυσίδας μπλοκ με τις τρέχουσες υποδομές υγειονομικής περίθαλψης και τις πλατφόρμες ηλεκτρονικών φακέλων υγείας (EHR) απαιτεί τεχνολογική τεχνογνωσία και επάρκεια. Η εξεύρεση εξειδικευμένων ατόμων ικανών να αναπτύξουν και να διατηρήσουν συστήματα που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ μπορεί να αποδειχθεί δύσκολη για τους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης. Η εγκατάσταση της αλυσίδας μπλοκ μπορεί επίσης να περιπλέκεται από τις ανησυχίες συμβατότητας και τις εκτεταμένες αλλαγές στο σύστημα που προκαλούνται από την ενσωμάτωση με τα παλαιά συστήματα (Khujamatov, Akhmedov, Amir, & Ahmad, 2022)

Η περιπλοκότητα της αλυσίδας μπλοκ μπορεί επίσης, να περιλαμβάνει ζητήματα διακυβέρνησης. Οι ρυθμιστικοί φορείς ενδέχεται να εκφράζουν ανησυχία για την προστασία της ιδιωτικότητας των δεδομένων, τη λογοδοσία και τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς υγειονομικής περίθαλψης, όπως ο HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) στις Ηνωμένες Πολιτείες ή ο GDPR (General Data Protection Regulation) στην Ευρωπαϊκή

Ένωση, λόγω της αποκεντρωμένης φύσης των δικτύων blockchain. Οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης χρειάζεται να διαπραγματευτούν αυτά τα κανονιστικά εμπόδια και να διασφαλίσουν ότι η υιοθέτηση της αλυσίδας μπλοκ συμμορφώνεται με τους νόμους. Παρά τις αδυναμίες αυτές, γίνονται προσπάθειες να ξεπεραστούν τα προβλήματα με την πολυπλοκότητα και την επεκτασιμότητα στην τεχνολογία blockchain. Επί του παρόντος, αναπτύσσονται έργα που αποσκοπούν στην αύξηση της επεκτασιμότητας των αλυσίδων μπλοκ χρησιμοποιώντας καινοτομίες όπως η διάσπαση (sharding), οι δευτερεύουσες αλυσίδες (sidechains) και οι λύσεις εκτός αλυσίδας (off-chain). Για να γίνει απλούστερη η διαδικασία υιοθέτησης και ενσωμάτωσης για τους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης, αναπτύσσονται επίσης φιλικές προς το χρήστη πλατφόρμες και λύσεις blockchain (Niranjanamurthy, Nithya, & Jagannatha, 2018).

Η συνεργασία μεταξύ των προγραμματιστών blockchain και των επαγγελματιών στον τομέα υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να προωθήσει την καλύτερη κατανόηση και την επιτυχή εφαρμογή των λύσεων blockchain, καθώς και την τυποποίηση και ανταλλαγή γνώσεων, επιταχύνοντας την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης (Khujamatov, Akhmedov, Amir, & Ahmad, 2022).

### **5.2.3 Δυνατότητες**

Η αλυσίδα μπλοκ έχει δυνατότητες για την τυποποίηση και τη διαλειτουργικότητα των δεδομένων. Τα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης συχνά τηρούνται σε διάφορα συστήματα, γεγονός που καθιστά δύσκολη την ανταλλαγή δεδομένων και τη διαλειτουργικότητα. Ο αποκεντρωμένος σχεδιασμός της αλυσίδας μπλοκ επιτρέπει την ομαλή και ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφόρων ιδρυμάτων και παρόχων υγειονομικής περίθαλψης. Οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να βελτιώσουν τη διαλειτουργικότητα των δεδομένων και να καταστήσουν δυνατή την ακριβέστερη και αποτελεσματικότερη μετάδοση δεδομένων με την τυποποίηση των μορφών και των πρωτοκόλλων δεδομένων στην αλυσίδα μπλοκ. Με τον εξορθολογισμό του συντονισμού της περίθαλψης και την ελαχιστοποίηση των περιττών εξετάσεων και διαδικασιών, η διαλειτουργικότητα αυξάνει τελικά το επίπεδο της περίθαλψης των ασθενών (Md Tauseef & Khalid, 2021).

Μια άλλη ευκαιρία που καθίσταται δυνατή από το blockchain είναι η εξατομικευμένη ιατρική. Οι επαγγελματίες της υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ένα πλήρες ιατρικό ιστορικό, συμπεριλαμβανομένων των γενετικών δεδομένων, χάρη στην ασφαλή και αδιαπέραστη αποθήκευση των δεδομένων των ασθενών που παρέχει το blockchain. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με πρωτοποριακές αναλύσεις και τεχνητή νοημοσύνη για τη δημιουργία προσαρμοσμένων σχεδίων θεραπείας που βασίζονται στα ξεχωριστά προφίλ υγείας κάθε ασθενούς. Η εξατομικευμένη ιατρική επιτρέπει στους ιατρούς να παρέχουν ακριβείς και προσαρμοσμένες θεραπείες, βελτιώνοντας την ικανοποίηση των ασθενών και βελτιώνοντας τα αποτελέσματα των τελευταίων (Khujamatov, Akhmedov, Amir, & Ahmad, 2022).

Η τεχνολογία blockchain ενισχύει τις εξελίξεις της κλινικής έρευνας. Η κλινική έρευνα χρησιμοποιεί συχνά δεδομένα από πολυάριθμες πηγές, γεγονός που κατακερματίζει τα δεδομένα και καθιστά δύσκολη την πρόσβαση και την κοινή χρήση τους. Οι ερευνητές μπορούν να μοιράζονται ευκολότερα τα δεδομένα χάρη στην αποκεντρωμένη και διαφανή

φύση της τεχνολογίας blockchain, η οποία διευρύνει και διαφοροποιεί το σύνολο των δεδομένων που είναι διαθέσιμα για την έρευνα. Αυτό το τεράστιο σύνολο δεδομένων επιτρέπει στους ερευνητές να αποκτήσουν βαθύτερη κατανόηση, να επιταχύνουν τις διαδικασίες ανάπτυξης φαρμάκων και να προωθήσουν την ιατρική τεχνολογία. Η κλινική έρευνα μπορεί να ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ ακαδημαϊκών ιδρυμάτων, φαρμακευτικών εταιρειών και παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, με αποτέλεσμα πιο αποτελεσματικές θεραπείες (Lemieux, 2017).

Η τεχνολογία blockchain μπορεί επίσης να βοηθήσει και σε άλλα ζητήματα στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, όπως στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων, τη δημιουργία ιατρικών πιστοποιητικών και την πρόληψη της απάτης. Η τεχνολογία blockchain μπορεί να αποτρέψει την πώληση πλαστών φαρμάκων και να εγγυηθεί την ασφάλεια των ασθενών, επιτρέποντας τον εντοπισμό της προέλευσης και την ιχνηλασιμότητα των φαρμάκων και του ιατρικού εξοπλισμού. Με την επιτάχυνση των διαδικασιών πρόσληψης και την ασφάλιση εξειδικευμένων εργαζομένων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, οι δυνατότητες πιστοποίησης της blockchain μπορούν να απλοποιήσουν την επαλήθευση και την επικύρωση των διαπιστευτηρίων των ιατρικών επαγγελματιών. Επιπροσθέτως, λόγω της αμετάβλητης και διαφανούς λειτουργίας του, το blockchain αποτελεί ένα εργαλείο για την ανίχνευση και την πρόληψη της απάτης, το οποίο μειώνει την απάτη και την κατάχρηση στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης (Bouhassoune, Goundar, & Haqiq, 2023).

#### **5.2.4 Απειλές**

Ένας από τους μεγαλύτερους κινδύνους για την αλυσίδα μπλοκ στην υγειονομική περίθαλψη εξακολουθεί να είναι οι ανησυχίες για την προστασία των δεδομένων. Ενώ αποκεντρωμένη και κρυπτογραφημένη φύση της αλυσίδας μπλοκ προσφέρει ισχυρή ασφάλεια, η κοινή χρήση ιατρικών δεδομένων μεταξύ πολυάριθμων ιδρυμάτων εγείρει ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο των δεδομένων. Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα ευαίσθητα ιατρικά δεδομένα προστατεύονται και είναι διαθέσιμα μόνο σε εξουσιοδοτημένα μέρη, οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να επιτύχουν ισορροπία μεταξύ της διαφάνειας και της εμπιστευτικότητας των ασθενών. Η συνεργασία και η υποστήριξη από τους ενδιαφερόμενους φορείς, συμπεριλαμβανομένων των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, των κυβερνητικών οργανισμών και των ασθενών, είναι απαραίτητες για την επιτυχή υιοθέτηση της αλυσίδας μπλοκ. Η υιοθέτηση λύσεων που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ μπορεί να επιβραδυνθεί ή να καθυστερήσει λόγω της αντίστασης στην αλλαγή και της ανάγκης για σημαντικές επενδύσεις σε υποδομές και εκπαίδευση (Lemieux V. , 2017).

Η αβεβαιότητα σε ρυθμιστικά θέματα μπορεί να αποτελέσει μια ακόμη απειλή. Οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης ενδέχεται να αντιμετωπίσουν αβεβαιότητα λόγω του ταχέως μεταβαλλόμενου ρυθμιστικού τοπίου που περιβάλλει την τεχνολογία blockchain και το απόρρητο των δεδομένων. Για να διασφαλιστεί η νόμιμη και ηθική χρήση των δεδομένων των ασθενών στην αλυσίδα μπλοκ, η συμμόρφωση με νόμους όπως το HIPAA, ο GDPR και κάθε νεοεισερχόμενη νομοθεσία ειδικά για την αλυσίδα μπλοκ καθίσταται απαραίτητη. Κατά την ανάπτυξη της blockchain, τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να ξεπεράσουν το τεχνολογικό εμπόδιο της ενσωμάτωσης με τα παλαιά συστήματα (David, et al., 2023). Οι υπάρχουσες πλατφόρμες EHR και τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης ενδέχεται να μην



έχουν κατασκευαστεί, για να λειτουργούν μαζί απρόσκοπτα με την τεχνολογία blockchain, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα συμβατότητας και ακόμη και να διαταράξει τις λειτουργίες διαχείρισης δεδομένων. Για να είναι επιτυχής η υιοθέτηση, πρέπει να αναπτυχθούν αξιόπιστες λύσεις διαλειτουργικότητας που επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ blockchain και παλαιών συστημάτων (Niranjanamurthy, Nithya, & Jagannatha, 2018).

Περιβαλλοντικές ανησυχίες εγείρονται επίσης από την υψηλή κατανάλωση ενέργειας ορισμένων δικτύων blockchain, ιδίως εκείνων που χρησιμοποιούν αλγόριθμους συναίνεσης Proof-of-Work (PoW), όπως το Bitcoin. Η υιοθέτηση της αλυσίδας μπλοκ από ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης που ενδιαφέρονται για το περιβάλλον μπορεί να παρεμποδιστεί από την επεξεργαστική ισχύ που απαιτείται για την εξόρυξη PoW. Ένας άλλος πιθανός κίνδυνος είναι η διαλειτουργικότητα μεταξύ των διαφόρων πλατφόρμων blockchain. Η ανάπτυξη πολυάριθμων δικτύων blockchain και η απουσία καθιερωμένων πρωτοκόλλων μπορεί να δυσχεράνει τη συνεργασία και την αποτελεσματική ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των οργανισμών υγειονομικής περίθαλψης (Sharma, Kaur, & Singh, 2021).

Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων απαιτείται μια πολύπλευρη στρατηγική που θα περιλαμβάνει την τεχνολογία, τη ρύθμιση και τη συμμετοχή των ενδιαφερόμενων φορέων. Για να μειωθούν οι κίνδυνοι και να αξιοποιηθεί πλήρως το δυναμικό της αλυσίδας μπλοκ στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, είναι ζωτικής σημασίας να εφαρμοστούν ισχυρά μέτρα προστασίας της ιδιωτικότητας των δεδομένων, να προωθηθεί η συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων φορέων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, να συμβαδίζουν με τις κανονιστικές αλλαγές και να αναπτυχθούν αποτελεσματικές στρατηγικές ενσωμάτωσης με τα παλαιά συστήματα. Επιπλέον, οι βελτιώσεις στην τεχνολογία blockchain, όπως η δημιουργία πιο ενεργειακά αποδοτικών διαδικασιών συναίνεσης και τυποποιημένων πρωτοκόλλων, μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση αυτών των εμποδίων και στον μετασχηματισμό της διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης (Bouhassoune, Goundar, & Haqiq, 2023).

## **5.3 Τρόπος διατήρησης ιατρικών αρχείων**

### **5.3.1 Αποκέντρωση**

Η συγκεντρωτική προσέγγιση σε ένα τυπικό σύστημα δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης αναφέρεται στην αποθήκευση και διαχείριση όλων των ιατρικών αρχείων από έναν ενιαίο οργανισμό, όπως ένας πάροχος ή ένα σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Λόγω της κεντρικής αποθήκευσης όλων των δεδομένων, ενδέχεται να υπάρχουν αδυναμίες και ενιαία σημεία αποτυχίας. Τα ευαίσθητα ιατρικά αρχεία ενδέχεται να χαθούν ή να υποστούν μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, εάν αυτός ο κεντρικός διακομιστής τεθεί σε κίνδυνο ως αποτέλεσμα κυβερνοεπίθεσης, δυσλειτουργίας υλικού ή άλλου προβλήματος. Αντίθετα, τα δεδομένα είναι διασκορπισμένα μεταξύ πολλών κόμβων του δικτύου χάρη στην αποκεντρωμένη φύση του blockchain. Ο πλεονασμός και η ανοχή σε σφάλματα επιτυγχάνονται με την ύπαρξη ενός αντιγράφου ολόκληρης της αλυσίδας μπλοκ σε κάθε κόμβο. Οι υπόλοιποι κόμβοι του δικτύου διασφαλίζουν τη διαθεσιμότητα και την ακεραιότητα των δεδομένων, ακόμη και αν ένας κόμβος εκτεθεί (Shabani, 2018).

Η εμπιστοσύνη στη διαχείριση των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης είναι ένα άλλο ζήτημα που αντιμετωπίζεται με την αποκέντρωση. Οι χρήστες ενός συγκεντρωτικού συστήματος πρέπει να έχουν εμπιστοσύνη στο μοναδικό διαχειριστή των δεδομένων. Από την άλλη πλευρά, σε ένα δίκτυο blockchain, η εμπιστοσύνη μοιράζεται μεταξύ όλων των χρηστών που ενημερώνουν και επαληθεύονται δεδομένα. Εξασφαλίζοντας ότι κάθε κόμβος συμφωνεί για τη νομιμότητα των συναλλαγών και των ενημερώσεων, ο μηχανισμός συναίνεσης δημιουργεί ένα περιβάλλον εμπιστοσύνης, στο οποίο η ακεραιότητα των δεδομένων διατηρείται με πλειοψηφική συναίνεση (Shabani, 2018).

### **5.3.2 Δομή δεδομένων**

Ένα ουσιαστικό στοιχείο της τεχνολογίας blockchain που βελτιώνει την ασφάλεια και την αξιοπιστία της διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης είναι η αμετάβλητη δομή των δεδομένων της. Μόλις ένα μπλοκ συμπεριληφθεί στην αλυσίδα μπλοκ, συνδέεται κρυπτογραφικά με το προηγούμενο μπλοκ με τη χρήση ειδικού κατακερματισμού για να σχηματίσει μια αδιάλειπτη αλυσίδα μπλοκ. Σε κάθε μπλοκ περιέχεται ένας κατάλογος συναλλαγών ή καταχωρίσεων δεδομένων, όπως δεδομένα ασθενών, ιατρικά αρχεία ή συναλλαγές υγειονομικής περίθαλψης. Επειδή η αλυσίδα μπλοκ είναι αμετάβλητη, οι πληροφορίες που εισάγονται σε ένα μπλοκ και προστίθενται στην αλυσίδα καθίστανται αμετάβλητες και δεν μπορούν να αφαιρεθούν. Η λειτουργία αυτή καθίσταται δυνατή με τη μέθοδο συναίνεσης, κατά την οποία οι χρήστες του δικτύου, που μερικές φορές αναφέρονται ως κόμβοι, επιβεβαιώνουν και συμφωνούν ότι τα δεδομένα είναι ακριβή πριν καταγραφούν στην αλυσίδα μπλοκ. Όταν επιτευχθεί συναίνεση, το μπλοκ προστίθεται στην αλυσίδα και το περιεχόμενό του διασφαλίζεται, καθιστώντας το αμετάβλητο (Stančić & Bralić, 2021).

Το αμετάβλητο είναι μια έννοια που αντιμετωπίζει σημαντικά ζητήματα με τα συμβατικά συστήματα διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Στις κεντρικές βάσεις δεδομένων υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής των δεδομένων, είτε σκόπιμα είτε τυχαία. Μη εξουσιοδοτημένες προσθήκες, διαγραφές ή αλλαγές στα ιατρικά αρχεία μπορούν να οδηγήσουν σε σφάλματα, να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια των ασθενών και να βλάψουν την ακεραιότητα των δεδομένων. Λόγω της αμετάβλητης φύσης της δομής δεδομένων της αλυσίδας μπλοκ, οποιαδήποτε προσπάθεια αλλαγής των πληροφοριών σε ένα μπλοκ θα απαιτούσε την τροποποίηση των πληροφοριών και σε όλα τα επόμενα μπλοκ, κάτι που θα ήταν υπολογιστικά δύσκολο και πρακτικά αδύνατο, δεδομένου του μεγέθους της συναίνεσης του δικτύου που απαιτείται. Η αλυσίδα μπλοκ αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για τη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης λόγω του υψηλού επιπέδου ασφαλείας της, η οποία εγγυάται την αξιοπιστία και την εγκυρότητα των ιατρικών πληροφοριών χωρίς να εξαρτάται από έναν ενιαίο κεντρικό φορέα (Huang & Huang, 2020).

### **5.3.3 Χρονοσήμανση και κρυπτογραφία**

Η κρυπτογραφία και η χρονοσήμανση είναι κρίσιμα στοιχεία της τεχνολογίας blockchain που είναι απαραίτητα για τη διαχείριση των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Η ασφάλεια, η διαφάνεια και η ακεραιότητα των ιατρικών αρχείων βελτιώνονται από αυτά τα συστήματα, τα οποία προσφέρουν επίσης μια ασφαλή πλατφόρμα για τη διατήρηση των δεδομένων των ασθενών. Κάθε καταχώρηση δεδομένων σε ένα δίκτυο blockchain, όπως μια ενημέρωση σε έναν ιατρικό φάκελο, λαμβάνει μια χρονοσφραγίδα. Ένας χρονολογικός κατάλογος όλων των περιστατικών στην αλυσίδα μπλοκ δημιουργείται χρησιμοποιώντας αυτή τη χρονοσφραγίδα,

η οποία προσδιορίζει την ακριβή ημέρα και ώρα που πραγματοποιήθηκε η συναλλαγή. Η χρονοσήμανση προσφέρει μια ιστορική καταγραφή του πότε καταχωρήθηκε ή τροποποιήθηκε κάθε εγγραφή ιατρικού φακέλου και εγγυάται ότι η αλληλουχία των γεγονότων διατηρείται αξιόπιστα (Herpp, Schoenhals, Gondek, & Gipp, 2018).

Η δυνατότητα χρονοσήμανσης της αλυσίδας μπλοκ έχει μεγάλο αντίκτυπο στον τρόπο διαχείρισης των δεδομένων. Επιτρέπει στους επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου να παρακολουθούν πώς έχει αλλάξει το ιατρικό ιστορικό ενός ασθενούς με την πάροδο του χρόνου, εξασφαλίζοντας μια πλήρη εικόνα της πορείας της υγείας του. Αυτό το ιστορικό αρχείο μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό μοτίβων, στη διάγνωση και τη θεραπεία διαταραχών και στην αποτελεσματικότερη παρακολούθηση της εξέλιξης των ασθενών (Herpp, Schoenhals, Gondek, & Gipp, 2018).

Η αλυσίδα μπλοκ χρησιμοποιεί κρυπτογραφικές μεθόδους για την ασφάλεια των ιατρικών πληροφοριών και τον περιορισμό του ποιος έχει πρόσβαση στα αρχεία. Τα δεδομένα διατηρούνται ιδιωτικά και θωρακίζονται από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, καθώς κωδικοποιούνται με τη χρήση κρυπτογραφίας, ώστε να μπορούν να αποκωδικοποιηθούν μόνο με τα κατάλληλα κλειδιά. Ένα δημόσιο κλειδί και ένα ιδιωτικό κλειδί, τα οποία μαζί συνθέτουν ένα μοναδικό ζεύγος κρυπτογραφικών κλειδιών, κατέχει κάθε χρήστης του δικτύου blockchain. Το δημόσιο κλειδί λειτουργεί ως διεύθυνση που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι άλλοι για τη μετάδοση κρυπτογραφημένων επικοινωνιών ή συναλλαγών και είναι ορατό σε όλους τους χρήστες του δικτύου. Το ιδιωτικό κλειδί, από την άλλη πλευρά, διατηρείται απόρρητο, λειτουργεί ως ψηφιακή υπογραφή και είναι γνωστό μόνο στον ιδιοκτήτη του.

Τα δεδομένα που έχουν κρυπτογραφηθεί με το σχετικό δημόσιο κλειδί αποκρυπτογραφούνται χρησιμοποιώντας το ιδιωτικό κλειδί. Η κρυπτογραφία καθιστά δυνατή την ασφαλή κοινή χρήση δεδομένων και τη ρύθμιση της πρόσβασης στο πλαίσιο της διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Δίνοντας τα κατάλληλα κρυπτογραφικά κλειδιά σε ορισμένους ιατρούς ή ερευνητές, οι ασθενείς μπορούν να τους παραχωρήσουν πρόσβαση στα ιατρικά τους αρχεία. Το απόρρητο και η εμπιστευτικότητα των ασθενών προστατεύονται από αυτή τη μέθοδο, η οποία εγγυάται ότι μόνο τα μέρη με άδεια μπορούν να δουν και να επεξεργαστούν τα δεδομένα (Zhai, Yang, Li, Qiu, & Zhao, 2019).

#### **5.3.4 Διαλειτουργικότητα**

Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, οι πλατφόρμες για ηλεκτρονικά αρχεία υγείας και άλλα αποθετήρια δεδομένων μπορούν εύκολα να διασυνδεθούν με το δίκτυο, θέτοντας σε εφαρμογή καθιερωμένα πρωτόκολλα στην αλυσίδα μπλοκ. Η ασφαλής και ανοικτή ανταλλαγή αρχείων υγείας και πληροφοριών μεταξύ διαφόρων παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, εργαστηρίων, φαρμακείων και άλλων ενδιαφερόμενων μερών καθίσταται δυνατή χάρη σε αυτή τη διαλειτουργικότητα. Ως αποτέλεσμα, ανεξάρτητα από το συγκεκριμένο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης που χρησιμοποιούν, τα δεδομένα των ασθενών είναι άμεσα διαθέσιμα σε εξουσιοδοτημένα άτομα και καθίστανται εύκολα προσβάσιμα. Τα ερευνητικά ιδρύματα, οι οργανισμοί δημόσιας υγείας και άλλοι οργανισμοί που σχετίζονται με την υγειονομική περίθαλψη περιλαμβάνονται επίσης στη διαλειτουργικότητα της αλυσίδας μπλοκ, εκτός από τους τυπικούς παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Οι έξυπνες συμβάσεις παρέχουν στους ερευνητές πρόσβαση σε ανώνυμα και

συγκεντρωτικά δεδομένα ασθενών, διευκολύνοντας την εκτεταμένη έρευνα και τη μελέτη εμπειρικών δεδομένων στον πραγματικό κόσμο. Η ανάπτυξη νέων φαρμάκων και η πρόοδος της ιατρικής έρευνας μπορούν να επιταχυνθούν με τη διαθεσιμότητα διαφορετικών και εκτεταμένων συνόλων δεδομένων (Sankar, Sindhu, & Sethumadhavan, 2017).

Επιπλέον, η διαλειτουργικότητα της αλυσίδας μπλοκ υποστηρίζει τη συνέχεια της περίθαλψης των ασθενών. Η δυνατότητα ασφαλούς επικοινωνίας και ενημέρωσης των ιατρικών αρχείων σε πραγματικό χρόνο, όταν ένας ασθενής μετακινείται ή λαμβάνει θεραπεία από διαφορετικούς παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, εγγυάται ότι οι ιατροί έχουν πρόσβαση στις πιο πρόσφατες και ακριβείς πληροφορίες. Καλύτερα αποτελέσματα θεραπειών, λιγότερα ιατρικά σφάλματα και μεγαλύτερη ικανοποίηση των ασθενών μπορεί να προκύψουν από αυτή την αυξημένη συνέχεια της περίθαλψης. Επιπλέον, η διαχείριση της υγείας του πληθυσμού και τα μοντέλα περίθαλψης βάσει αξίας υποστηρίζονται από τη διαλειτουργικότητα της αλυσίδας μπλοκ. Για να αποκτήσουν μια ολοκληρωμένη κατανόηση της υγείας ενός ασθενούς και να επιτρέψουν πιο προληπτικές και εξατομικευμένες παρεμβάσεις φροντίδας, οι επαγγελματίες του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να επικοινωνούν με ασφάλεια τα δεδομένα των ασθενών σε όλα τα δίκτυα. Προκειμένου να ενισχυθεί γενικά η υγεία του πληθυσμού, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτή τη στρατηγική με βάση τα δεδομένα για τον εντοπισμό ασθενών υψηλού κινδύνου, τη βελτιστοποίηση των διαδρομών περίθαλψης και την υιοθέτηση προληπτικών παρεμβάσεων (Bhat, Huang, Sofi, & Sultan, 2021).

### 5.3.5 Μηχανισμός συναίνεσης

Ο μηχανισμός συναίνεσης, ο οποίος ενεργεί ως η υποκείμενη διαδικασία που διατηρεί την ακρίβεια και την αξιοπιστία των δεδομένων στο εσωτερικό του δικτύου, αποτελεί βασικό συστατικό της τεχνολογίας blockchain. Η διαδικασία συναίνεσης είναι απαραίτητη στο πλαίσιο της διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, διότι προστατεύει τα ιατρικά αρχεία από τη χειραγώγηση, τη μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και τα ασυνεπή δεδομένα (Kim, et al., 2021).

Ο πρώτος μηχανισμός συναίνεσης που χρησιμοποιείται σε δίκτυα blockchain όπως το Bitcoin ονομάζεται Proof of Work (PoW). Στο PoW, οι ανθρακωρύχοι ανταγωνίζονται για να βρουν λύσεις σε δύσκολους μαθηματικούς γρίφους προκειμένου να εγκρίνουν συναλλαγές και να δημιουργήσουν νέα μπλοκ. Το αμετάβλητο και η ακεραιότητα των ιατρικών αρχείων είναι εγγυημένα, καθώς η διαδικασία αυτή χρησιμοποιεί μεγάλη ισχύ υπολογιστή, καθιστώντας πρακτικά αδύνατο για έναν επιτιθέμενο να αλλάξει τα προηγούμενα μπλοκ. Το PoW μπορεί, ωστόσο, να χρησιμοποιεί πολλούς πόρους και ενέργεια, γεγονός που εγείρει ερωτήματα σχετικά με το πώς θα επηρεάσει το περιβάλλον. Μια εναλλακτική στρατηγική ονομάζεται Proof of Stake (PoS), στην οποία οι επικυρωτές επιλέγονται με βάση το πόσα bitcoin tokens "ποντάρουν" ως εγγύηση. Το PoS είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον από το PoW, επειδή χρησιμοποιεί πολύ λιγότερη ενέργεια. Δεδομένου ότι οποιαδήποτε κακόβουλη δραστηριότητα θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια των μαρκών που έχουν ποντάρει, οι επικυρωτές έχουν συμφέρον από τη διατήρηση της ακεραιότητας της αλυσίδας μπλοκ. Το PoS είναι μια καλή επιλογή για τη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, επειδή προσφέρει μια αξιόπιστη διαδικασία συναίνεσης (Gemeliarana & Sari, 2018).

### 5.3.6 Έξυπνες συμβάσεις

Με αποτελεσματικότητα, διαφάνεια και αυτοματοποίηση, τα έξυπνα συμβόλαια επιτρέπουν ασφαλείς, αυτοεκτελούμενες συναλλαγές, τοποθετώντας απευθείας προκαθορισμένους κανόνες και προϋποθέσεις στην αλυσίδα μπλοκ. Αυτό εξαλείφει την ανάγκη για μεσάζοντες. Η κοινή χρήση δεδομένων και η διαχείριση συγκαταθέσεων είναι δύο από τις σημαντικότερες χρήσεις των έξυπνων συμβάσεων στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Οι ασθενείς είναι σε θέση να καθορίζουν συγκεκριμένα κριτήρια για την προστασία της ιδιωτικής τους ζωής και την τήρηση των νόμων περί συναίνεσης, δίνοντάς τους τη δυνατότητα επιλογής σχετικά με το ποιος έχει πρόσβαση στα ιατρικά τους στοιχεία. Όταν πληρούνται οι προϋποθέσεις, οι ερευνητές και οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να έχουν πρόσβαση στα απαραίτητα δεδομένα, επιταχύνοντας τη συνεργασία και τις ερευνητικές προσπάθειες (Gatteschi, Lamberti, Demartini, Pranteda, & Santamaría, 2018).

Τα έξυπνα συμβόλαια διευκολύνουν τη διαδικασία πρόσληψης ασθενών στο πλαίσιο των κλινικών δοκιμών και της έρευνας. Οι ασθενείς που ανταποκρίνονται στα κριτήρια επιλογής, τα οποία οι ερευνητές έχουν ορίσει, μπορούν να εγγραφούν αυτόματα. Έτσι, η διαδικασία πρόσληψης επιταχύνεται και μειώνεται ο διοικητικός φόρτος, επιτρέποντας στους ερευνητές να επικεντρωθούν περισσότερο στη διεξαγωγή της μελέτης και στη διεύρυνση (Aleksiava, Valchanov, & Huliyan, 2020).

Ένας άλλος τομέας όπου οι έξυπνες συμβάσεις δείχνουν τις μετασχηματιστικές τους δυνατότητες είναι η διαχείριση των ασφαλιστικών απαιτήσεων. Τα έξυπνα συμβόλαια επιταχύνουν τον διακανονισμό των αποζημιώσεων, εξασφαλίζοντας ακρίβεια και διαφάνεια βάσει καθορισμένων παραμέτρων (Gatteschi, Lamberti, Demartini, Pranteda, & Santamaría, 2018). Αυτό το χαρακτηριστικό είναι χρήσιμο στην παραμετρική ασφάλιση, όταν οι απαιτήσεις προκαλούνται από εξωτερικά συμβάντα όπως οι κακές καιρικές συνθήκες ή οι φυσικές καταστροφές. (Hassan, et al., 2021).

## 5.4 Προοπτικές του Blockchain στην ασφάλεια των ιατρικών δεδομένων

Οι ασθενείς μπορούν να αισθάνονται βέβαιοι ότι οι πληροφορίες τους προστατεύονται από παραβιάσεις και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση χάρη στην αποκεντρωμένη και μη αναστρέψιμη φύση της αλυσίδας μπλοκ, η οποία εγγυάται ότι τα ιατρικά δεδομένα παραμένουν ασφαλή και απαραβίαστα. Η αλυσίδα μπλοκ μειώνει τον κίνδυνο κλοπής ταυτότητας και ιατρικής απάτης παρέχοντας διακριτές και επαληθευμένες ψηφιακές ταυτότητες και προσφέροντας ολοκληρωμένη διαχείριση της ταυτότητας των ασθενών. Τα καθορισμένα πρωτόκολλα της τεχνολογίας υποστηρίζουν την ομαλή ανταλλαγή δεδομένων και τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, βελτιώνοντας τα αποτελέσματα των ασθενών και το συντονισμό της περίθαλψης. Η ασφάλεια των δεδομένων και η ιδιωτικότητα βελτιώνονται μέσω έξυπνων συμβάσεων, οι οποίες επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων βάσει ρητής συμφωνίας των ασθενών (Srivastava, Pant, Jauhar, & Nagar, 2022).

Η αμετάβλητη διαδρομή ελέγχου καθιστά επίσης δυνατή την τήρηση αρχείων πρόσβασης και τροποποίησης δεδομένων, βοηθώντας τους ελέγχους συμμόρφωσης και τον εντοπισμό μη εξουσιοδοτημένων προσπαθειών πρόσβασης σε δεδομένα ασθενών. Τα συστήματα ιατρικών

δεδομένων είναι λιγότερο ευάλωτα σε ransomware και hacks χάρη στην αποκεντρωμένη φύση της αλυσίδας μπλοκ (blockchain). Εξασφαλίζοντας την ασφαλή και ανώνυμη ανταλλαγή δεδομένων για κλινικές δοκιμές και μελέτες, προάγει επίσης την ιατρική έρευνα. Η αλυσίδα μπλοκ προσφέρει ταχύτερη λήψη αποφάσεων και χρόνους απόκρισης, τηρώντας τους κανονισμούς για τα δεδομένα και προσφέροντας πρόσβαση σε δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (Capece & Lorenzi, 2020).

## Κεφάλαιο 6. HIPAA Compliance

Ο HIPAA είναι ο Νόμος περί Φορητότητας και Λογοδοσίας της Ασφάλισης Υγείας. Προκειμένου να προστατεύονται οι προσωπικές πληροφορίες των ασθενών και να γίνεται σεβαστό το δικαίωμά τους στην ιδιωτικότητα, η συμμόρφωση αποτελεί βασικό στοιχείο της διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ο HIPAA, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ το 1996, αποσκοπεί στην αντιμετώπιση των διευρυμένων προβλημάτων που προκαλεί η ηλεκτρονική ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων, επιβάλλοντας στα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης να λαμβάνουν τις απαραίτητες προφυλάξεις για τη διασφάλιση των πληροφοριών των ασθενών. Ο κανόνας περί απορρήτου παρέχει στους ασθενείς έλεγχο των πληροφοριών υγείας τους. Οι ασθενείς έχουν πρόσβαση στους ιατρικούς τους φακέλους, μπορούν να ζητούν αλλαγές και μπορούν να αποφασίζουν αν θα μοιραστούν ή όχι τα δεδομένα τους με εξωτερικούς φορείς. Με την προώθηση της ανοικτότητας και της συμμετοχής των ασθενών, ο κανόνας αυτός συμβάλλει στην οικοδόμηση εμπιστοσύνης μεταξύ ασθενών και επαγγελματιών του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Εκτός από τον κανόνα προστασίας της ιδιωτικής ζωής, ο κανόνας ασφάλειας επικεντρώνεται στην εφαρμογή διοικητικών, φυσικών και τεχνικών μέτρων προστασίας για την προστασία των ηλεκτρονικών πληροφοριών υγείας. Οι έλεγχοι πρόσβασης, η κρυπτογράφηση και οι διαδρομές ελέγχου είναι μερικά παραδείγματα των διασφαλίσεων που πρέπει να εφαρμόζονται, για την προστασία των ηλεκτρονικών πληροφοριών υγείας από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση ή αποκάλυψη. Η εκπαίδευση των εργαζομένων σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων προάγει μια κουλτούρα γνώσης και συμμόρφωσης, ενώ οι τακτικές αξιολογήσεις κινδύνου βοηθούν στον εντοπισμό αδυναμιών (Scholl, et al., 2008).

Όσον αφορά τις παραβιάσεις που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια ή το απόρρητο των πληροφοριών υγείας, οι καλυπτόμενες οντότητες υποχρεούνται να ενημερώνουν τα θιγόμενα μέρη το συντομότερο δυνατό. Έτσι, οι ασθενείς μπορούν να λάβουν τις απαραίτητες προφυλάξεις έγκαιρα. Η συμμόρφωση με τον HIPAA ενισχύθηκε περαιτέρω το 2013 με την έκδοση του Omnibus Rule, ο οποίος επέκτεινε τις υποχρεώσεις συμμόρφωσης στους επιχειρηματικούς εταίρους που διαχειρίζονται πληροφορίες υγείας εκ μέρους των καλυπτόμενων επιχειρήσεων. Το γεγονός ότι οι επιχειρηματικοί εταίροι είναι πλέον άμεσα υπόλογοι για παραβιάσεις του HIPAA υπογραμμίζει πόσο σημαντική είναι η ασφάλεια των δεδομένων για ολόκληρο το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Ως ισχυρό αποτρεπτικό μέσο κατά των παραβιάσεων δεδομένων των ασθενών, ο κανόνας αυτός ενίσχυσε επίσης την ποινή για τη μη συμμόρφωση (Moore & Frye, 2019).

Το Γραφείο Πολιτικών Δικαιωμάτων (OCR) του HHS (U.S. Department of Health and Human Services) είναι υπεύθυνο για την επιβολή της συμμόρφωσης με το HIPAA. Το OCR διενεργεί ελέγχους και έρευνες, για να διαπιστώσει αν οι καλυπτόμενες οντότητες συμμορφώνονται με τους κανόνες HIPAA. Τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης ενδέχεται να υποστούν σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις και επιπτώσεις στη φήμη τους ως αποτέλεσμα της μη συμμόρφωσης, συμπεριλαμβανομένων χρηματικών προστίμων και νομικών αγωγών (Scholl, et al., 2008).

Η διατήρηση της συμμόρφωσης με τους νόμους HIPAA και η καθιέρωση βέλτιστων πρακτικών για την προστασία των δεδομένων είναι ουσιώδους σημασίας, καθώς η

τεχνολογία Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη αναπτύσσεται και αντιμετωπίζονται νέα προβλήματα. Οι οργανισμοί του κλάδου της υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να επανεξετάζουν και να ενημερώνουν συνεχώς τις πολιτικές και τις διαδικασίες τους, να διενεργούν αναλύσεις κινδύνου και να επενδύουν στην ασφάλεια των δεδομένων. Προωθείται έτσι μια κουλτούρα συμμόρφωσης και τα δεδομένα των ασθενών προστατεύονται καλύτερα χάρη στην εκπαίδευση του προσωπικού στα πρότυπα HIPAA, γεγονός που ενισχύει επίσης την εμπιστοσύνη των ασθενών στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να διασχίζουν το ψηφιακό περιβάλλον με εμπιστοσύνη και να διασφαλίζουν το απόρρητο και την ασφάλεια των πληροφοριών των ασθενών σε έναν ολοένα και περισσότερο συνδεδεμένο κόσμο, θέτοντας σε υψηλή προτεραιότητα τη συμμόρφωση με τον HIPAA (O'Herrin, Fost, & Kudsk, 2004).



## Κεφάλαιο 7. Blockchain και ζητήματα συμμόρφωσης με τον GDPR

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) ψήφισε τον Μάιο του 2018 τη Γενική Πολιτική Προστασίας Δεδομένων (GDPR). Σκοπεύει να οχυρώσει και να εναρμονίσει τους κανονισμούς προστασίας δεδομένων σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ, δίνοντας στους πολίτες μεγαλύτερο έλεγχο των προσωπικών τους δεδομένων, ενώ παράλληλα επιβάλλει αυστηρές υποχρεώσεις στις επιχειρήσεις που συλλέγουν, επεξεργάζονται και διατηρούν τα δεδομένα αυτά. Ενώ η τεχνολογία blockchain έχει πολλά πλεονεκτήματα σε πολλούς κλάδους, παρουσιάζει επίσης ιδιαίτερες δυσκολίες ως προς τη συμμόρφωση με τον GDPR (Goddard, 2017).

### 7.1 Αρχές και βασικές απαιτήσεις του GDPR

Η σημασία της νόμιμης και δίκαιης επεξεργασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα αναδεικνύει τις αρχές της νομιμότητας, της αμεροληψίας και της διαφάνειας. Οι οργανισμοί χρειάζεται να είναι ανοιχτοί και διαφανείς σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο επεξεργάζονται τα προσωπικά δεδομένα, ενημερώνοντας τους χρήστες για τα δικαιώματά τους και τη νομική αιτιολόγηση για το πώς το κάνουν με σαφή και κατανοητό τρόπο. Όταν είναι απαραίτητο, η λήψη της ρητής συγκατάθεσης των υποκειμένων των δεδομένων είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση νόμιμων διαδικασιών επεξεργασίας δεδομένων. Η αρχή του περιορισμού του σκοπού δίνει έμφαση στην ιδέα ότι οι προσωπικές πληροφορίες θα πρέπει να συλλέγονται μόνο για ορισμένους, νόμιμους σκοπούς και στη συνέχεια δε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ή να υποβάλλονται σε επεξεργασία με τρόπο που δε συνάδει με τους στόχους αυτούς. Προκειμένου να αποτραπεί η χρήση των δεδομένων με τρόπους που δε σχετίζονται με τα υποκείμενα των δεδομένων ή δεν έχουν προβλεφθεί από αυτά, οι οργανισμοί χρειάζεται να προσδιορίζουν ρητά τους στόχους της συλλογής δεδομένων (Goddard, 2017).

Μια άλλη βασική αρχή του GDPR, γνωστή ως "ελαχιστοποίηση των δεδομένων", ενθαρρύνει την απόκτηση και τη διατήρηση μόνο της ελάχιστης ποσότητας δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα που απαιτείται για τους επιδιωκόμενους στόχους. Προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος παραβίασης δεδομένων και πιθανής βλάβης των υποκειμένων των δεδομένων, οι οργανισμοί θα πρέπει να αποφεύγουν τη συλλογή υπερβολικών ποσοτήτων δεδομένων και να διασφαλίζουν ότι αποθηκεύονται μόνο οι σχετικές πληροφορίες. Η αρχή της ακρίβειας υπογραμμίζει τη σημασία της διατήρησης των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα σε ισχύ και με ακρίβεια. Είναι ευθύνη του οργανισμού να διασφαλίζει ότι τυχόν σφάλματα διορθώνονται γρήγορα και ότι τα δεδομένα που κατέχει είναι ακριβή και ενημερωμένα. Σύμφωνα με την αρχή του περιορισμού της αποθήκευσης, οι προσωπικές πληροφορίες δεν πρέπει να διατηρούνται για περισσότερο χρόνο από όσο είναι απαραίτητο για την επίτευξη των στόχων για τους οποίους αρχικά αποκτήθηκαν. Σύμφωνα με την ιδέα της μείωσης των δεδομένων, οι οργανισμοί χρειάζεται να ορίζουν σαφή πλαίσια διατήρησης και να διαγράφουν με ασφάλεια τα δεδομένα όταν τα πλαίσια αυτά έχουν παρέλθει (Voigt & von dem Bussche, 2017).

Η αρχή της ακεραιότητας και της εμπιστευτικότητας υπογραμμίζει τη σημασία της θέσπισης των κατάλληλων εγγυήσεων ασφαλείας για την προστασία από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, αποκάλυψη, αλλοίωση ή καταστροφή των προσωπικών δεδομένων. Μέσω της

κρυπτογράφησης, των ελέγχων πρόσβασης και άλλων διαδικασιών ασφαλείας, οι οργανισμοί πρέπει να διασφαλίζουν την εμπιστευτικότητα και την ακεραιότητα των δεδομένων, προκειμένου να προστατεύεται η ιδιωτική ζωή των ατόμων και να σταματούν οι παραβιάσεις δεδομένων (Goddard, 2017).

### **7.1.1 Το δικαίωμα διαγραφής του GDPR**

Το αμετάβλητο των δεδομένων στην αλυσίδα μπλοκ, το οποίο συγκρούεται με το δικαίωμα διαγραφής που προβλέπει ο GDPR, είναι μία από τις κύριες προκλήσεις. Οι στρατηγικές της ψευδωνυμοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις εταιρείες για την αντικατάσταση των άμεσων αναγνωριστικών στοιχείων με ψευδώνυμα, καθιστώντας τα δεδομένα λιγότερο αναγνωρίσιμα. Οι οργανισμοί θα πρέπει να αξιολογούν προσεκτικά τη βιωσιμότητα και τους κινδύνους που συνδέονται με την επίτευξη πραγματικής ανωνυμοποίησης σε ένα σύστημα blockchain, επειδή μπορεί να είναι πρόκληση (Tamburri, 2019).

### **7.1.2 Ψευδωνυμοποίηση και ανωνυμοποίηση**

Η ψευδωνυμοποίηση είναι μια προσέγγιση ενίσχυσης της ιδιωτικότητας που περιλαμβάνει την αντικατάσταση των άμεσων αναγνωριστικών στοιχείων με ψευδώνυμα, ώστε τα δεδομένα να είναι λιγότερο αναγνωρίσιμα. Ο GDPR υποστηρίζει τη χρήση της. Αν και η ψευδωνυμοποίηση μπορεί να προσφέρει έναν επιπλέον βαθμό ασφάλειας, η πλήρης ανωνυμοποίηση είναι συχνά απαραίτητη. Μπορεί να είναι δύσκολο να επιτευχθεί πραγματική ανωνυμοποίηση σε ένα πλαίσιο blockchain, δεδομένου ότι ακόμη και τα ψευδώνυμα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση ενός προσώπου μέσω άλλων μεθόδων ή πρόσθετων πηγών δεδομένων (Štarchoň & Píkulík, 2019).

### **7.1.3 Νομική βάση για την επεξεργασία δεδομένων**

Σύμφωνα με τον GDPR, οι οργανισμοί πρέπει να έχουν νόμιμη νομική βάση για την επεξεργασία δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα. Μία από τις έξι νομικές βάσεις που απαριθμούνται στον GDPR για την επεξεργασία δεδομένων είναι η συγκατάθεση. Ωστόσο, δεδομένης της αποκεντρωμένης φύσης της τεχνολογίας και της εμπλοκής πολλών κόμβων, η απόκτηση και η διαχείριση της συγκατάθεσης σε ένα περιβάλλον blockchain μπορεί να αποτελέσει πρόκληση (Tamburri, 2019).

### **7.1.4 Μεταφορές δεδομένων και αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων**

Τα δίκτυα blockchain διασχίζουν συχνά διεθνή σύνορα, γεγονός που εγείρει ανησυχίες σχετικά με το πώς οι επιχειρήσεις μπορούν να εγγυηθούν τη συμμόρφωση με τον GDPR κατά την αποστολή προσωπικών δεδομένων στο εξωτερικό. Απαιτούνται πρόσθετοι έλεγχοι και μέθοδοι για την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων, όταν αυτά μεταφέρονται σε κράτη εκτός της ΕΕ (Tamburri, 2019).

Οι έξυπνες συμβάσεις, η τεχνητή νοημοσύνη και η τεχνολογία blockchain μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτοματοποίηση της λήψης αποφάσεων και της κατάρτισης προφίλ. Ωστόσο, ο GDPR επιβάλλει ειδικές απαιτήσεις στις επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν αυτές τις τεχνολογίες για τη λήψη αποφάσεων που έχουν σημαντικό αντίκτυπο (Tamburri, 2019).

## 7.2 Ζητήματα συμμόρφωσης με τον GDPR

Το αμετάβλητο των αλυσίδων μπλοκ, το οποίο έρχεται σε σύγκρουση με το δικαίωμα διαγραφής, επειδή τα δεδομένα δε μπορούν να αφαιρεθούν από τη στιγμή που έχουν καταγραφεί στην αλυσίδα, αποτελεί ένα από τα κύρια εμπόδια. Ένα δύσκολο αίνιγμα είναι το πώς θα εξισορροπηθούν οι απαραβίαστες ιδιότητες της αλυσίδας μπλοκ με την απαίτηση σεβασμού του δικαιώματος των ανθρώπων στη διαγραφή των δεδομένων τους. Επιπλέον, σε ένα αποκεντρωμένο και καταναμημένο περιβάλλον όπως η αλυσίδα μπλοκ, όπου όλα τα δεδομένα διατηρούνται σε όλο το δίκτυο, οι θεμελιώδεις έννοιες του GDPR για τη μείωση των δεδομένων και τον περιορισμό του σκοπού γίνονται πιο περίπλοκες. Οι οργανισμοί πρέπει να εξετάζουν προσεκτικά ποιες πληροφορίες απαιτούνται για συγκεκριμένες εργασίες και να αποφεύγουν τη διατήρηση άσκοπων ή περιττών δεδομένων (Palmirani, 2018).

Λόγω της συμμετοχής πολλών χρηστών και κόμβων, η διαχείριση της συγκατάθεσης σε ένα περιβάλλον blockchain μπορεί να είναι δύσκολη. Καθίσταται δύσκολο να αποδειχθεί η θετική συγκατάθεση για κάθε δραστηριότητα επεξεργασίας δεδομένων. Επιπρόσθετα, για να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η ακεραιότητα των δεδομένων σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο, είναι απαραίτητο να χειρίζεται προσεκτικά τα δικαιώματα των υποκειμένων των δεδομένων, όπως το δικαίωμα πρόσβασης και διόρθωσης των προσωπικών δεδομένων. Τα δίκτυα blockchain συνεπάγονται συχνά διασυνοριακές μεταφορές δεδομένων, οι οποίες καθιστούν αναγκαία την τήρηση των αυστηρών κανονισμών του GDPR. Απαιτούνται πρόσθετα μέτρα ασφαλείας για την προστασία των δεδομένων κατά τις διεθνείς μεταφορές λόγω της αντιγραφής δεδομένων σε πολλούς κόμβους σε διάφορα έθνη. Οι έξυπνες συμβάσεις που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ και η τεχνητή νοημοσύνη έχουν τη δυνατότητα να οδηγήσουν σε αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων και κατάρτιση προφίλ, τα οποία πρέπει να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του GDPR για λογοδοσία και διαφάνεια. Οι οργανισμοί χρειάζεται να δημιουργούν συμφωνίες επεξεργασίας δεδομένων όταν μοιράζονται προσωπικά δεδομένα με τρίτους σε δίκτυα blockchain για τη διατήρηση της συμμόρφωσης (Agarwal, Kumar, Golab, & Keshav, 2020).

Παρά το γεγονός ότι η αλυσίδα μπλοκ παρέχει ισχυρή κρυπτογραφική ασφάλεια, οι έξυπνες συμβάσεις και άλλες πιθανές ατέλειες του συστήματος θα μπορούσαν να υπονομεύσουν την ασφάλεια των δεδομένων. Είναι απαραίτητο να ακολουθηθεί μια ενδελεχής προσέγγιση και να εφαρμοστούν οι αρχές της προστασίας της ιδιωτικής ζωής μέσω του σχεδιασμού, προκειμένου να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα συμμόρφωσης με τον GDPR. Για να καταλήξουν όλα αυτά σε εφαρμόσιμες λύσεις, οι οργανισμοί πρέπει να σταθμίσουν προσεκτικά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης της τεχνολογίας blockchain, να ερευνήσουν τεχνικές ανωνυμοποίησης αιχμής και να συνεργαστούν με νομικούς και αρχές προστασίας δεδομένων. Με τη διαπραγμάτευση αυτών των προκλήσεων, οι επιχειρήσεις μπορούν να αξιοποιήσουν την τεχνολογία blockchain προστατεύοντας παράλληλα την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα των προσωπικών δεδομένων, σύμφωνα με τις θεμελιώδεις αρχές του GDPR (Matulevičius, Tom, Kala, & Sing, 2020).

### 7.3 Ο ρόλος και οι προκλήσεις του Blockchain στη συμμόρφωση με τον GDPR

Ο κομβικός ρόλος της αλυσίδας μπλοκ στην ενίσχυση της ασφάλειας των δεδομένων είναι ριζωμένος στα θεμελιώδη χαρακτηριστικά της, τα οποία συμβάλλουν συνεργικά σε ένα ισχυρό πλαίσιο για τη διασφάλιση των δεδομένων. Ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας που ενυπάρχει στην τεχνολογία κατανεμημένων βιβλίων χρησιμεύει ως ισχυρός μηχανισμός για τον μετριασμό των κινδύνων που συνδέονται με τα ενιαία σημεία αποτυχίας, μειώνοντας έτσι σημαντικά τις πιθανότητες μη εξουσιοδοτημένων τροποποιήσεων. Η επίτευξη αυτού του στόχου διευκολύνεται από την εμπλοκή πολυάριθμων κόμβων εντός του δικτύου, καθένas από τους οποίους αναλαμβάνει το έργο της επικύρωσης και επαλήθευσης των συναλλαγών. Αυτή η συλλογική προσπάθεια δημιουργεί μια εγγύηση έναντι οποιασδήποτε απόπειρας παραποίησης. Επίσης, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι το αμετάβλητο των δεδομένων που εισάγονται σε μια αλυσίδα μπλοκ χρησιμεύει ως θεμελιώδης ακρογωνιαίος λίθος του συνολικού πλαισίου ασφαλείας της. Το χαρακτηριστικό της αμεταβλητότητας εγγυάται ότι κατά την καταγραφή των δεδομένων, αυτά αποκτούν μια αδιαπέραστη κατάσταση έναντι αλλοίωσης και εμφανίζουν ανθεκτικότητα έναντι αναδρομικών τροποποιήσεων. Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό όχι μόνο ενισχύει την ακεραιότητα των δεδομένων, αλλά λειτουργεί και ως αποτρεπτικός παράγοντας έναντι δόλιων προσπαθειών, καλλιεργώντας έτσι την εμπιστοσύνη στην αξιοπιστία του συστήματος.

Η κρυπτογραφία, βασικό συστατικό της τεχνολογίας blockchain, αναλαμβάνει κρίσιμη λειτουργία στην οχύρωση της ακεραιότητας και της εμπιστευτικότητας των δεδομένων. Οι συναλλαγές στην αλυσίδα μπλοκ προστατεύονται μέσω της εφαρμογής προηγμένων κρυπτογραφικών μεθοδολογιών. Οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται για την αύξηση του επιπέδου εμπιστευτικότητας των δεδομένων μέσω της διαδικασίας κωδικοποίησης ευαίσθητων πληροφοριών, περιορίζοντας έτσι αποτελεσματικά την πρόσβαση αποκλειστικά σε εξουσιοδοτημένες οντότητες. Επιπλέον, οι κρυπτογραφικοί μηχανισμοί προσφέρουν ένα ανθεκτικό πλαίσιο για τον έλεγχο πρόσβασης. Ακόμη, η ενσωμάτωση μηχανισμών συναίνεσης στα δίκτυα blockchain χρησιμεύει για την ενίσχυση της ευρωστίας της ασφάλειας των δεδομένων. Οι προαναφερθέντες μηχανισμοί εξυπηρετούν τον σκοπό της επικύρωσης και της δημιουργίας συναίνεσης σχετικά με τις συναλλαγές που πραγματοποιούνται στο δίκτυο, μετριάζοντας έτσι την πιθανότητα κακόβουλων οντοτήτων να αποκτήσουν τον έλεγχο ή να αλλοιώσουν τα δεδομένα. Οι μηχανισμοί συναίνεσης, μέσω της επιβολής της απαίτησης για την επικύρωση μιας συναλλαγής από την πλειοψηφία των συμμετεχόντων, χρησιμεύουν στην ενίσχυση της συνολικής ακεραιότητας και αυθεντικότητας των πληροφοριών που είναι αποθηκευμένες στην αλυσίδα μπλοκ. Η ενσωμάτωση χαρακτηριστικών που ενισχύουν την ασφάλεια στην τεχνολογία blockchain όχι μόνο της προσδίδει την ικανότητα να προστατεύει τα δεδομένα, αλλά δημιουργεί επίσης πολυπλοκότητες κατά την εναρμόνιση με τις υποχρεώσεις υποβολής εκθέσεων που προβλέπονται από τον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (GDPR). Κατά συνέπεια, οι οργανισμοί χρειάζεται να περιηγηθούν προσεκτικά στη σύγκλιση αυτών των ισχυρών μηχανισμών ασφαλείας με τις υποχρεώσεις συμμόρφωσης (Wirth & Kolain, 2018).

Η εγγενής διαφάνεια της τεχνολογίας blockchain διαθέτει την ικανότητα να ενισχύει τις επιπτώσεις μιας παραβίασης δεδομένων, καθώς εκθέτει αμέσως τις εν λόγω παραβιάσεις σε

όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο. Η παρουσία της διαφάνειας σε αυτό το πλαίσιο προσδίδει αξιοσημείωτα οφέλη όσον αφορά τον ταχύ εντοπισμό και την αποτροπή παραβιάσεων. Ωστόσο, παρουσιάζει και μοναδικές δυσκολίες, όσον αφορά την τήρηση των απαιτήσεων υποβολής εκθέσεων που προβλέπονται από τον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (GDPR).

Τα εγγενή χαρακτηριστικά της αλυσίδας μπλοκ, δηλαδή ο διαφανής και αμετάβλητος χαρακτήρας της, διασφαλίζουν ότι κάθε μη εξουσιοδοτημένη εισβολή ή χειραγώγηση μπορεί να εντοπιστεί αμέσως. Η παρουσία αυτής της διαφάνειας μπορεί δυνητικά να ενεργοποιήσει την υποχρέωση αναφοράς παραβίασης δεδομένων, όπως ορίζει ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR), σε περίπτωση παραβίασης. Η εγγενής ιδιότητα της άμεσης ανιχνευσιμότητας, όσον αφορά τη διατήρηση των δεδομένων, είναι σύμφωνη με τον επιδιωκόμενο σκοπό τους. Από την άλλη, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι το χαρακτηριστικό αυτό μπορεί επίσης να επιφέρει εκτεταμένες συνέπειες, οι οποίες θα μπορούσαν ενδεχομένως να εκδηλωθούν ως δυσμενείς επιπτώσεις στη φήμη του εν λόγω οργανισμού. Οι αυστηρές προθεσμίες υποβολής εκθέσεων που προβλέπονται από τον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) επηρεάζονται από τον στιγμιαίο χαρακτήρα της τεχνολογίας blockchain. Δεδομένης της άμεσης ορατότητας των παραβιάσεων σε όλους τους συμμετέχοντες εντός του δικτύου, προκύπτει αυξημένη ανάγκη για ταχεία αναγνώριση και επακόλουθη αναφορά. Η επιτακτική ανάγκη ορατότητας σε πραγματικό χρόνο μπορεί να δημιουργήσει την ανάγκη για ταχείες στρατηγικές αντιμετώπισης, προκειμένου να διασφαλιστεί η τήρηση των προβλεπόμενων προθεσμιών αναφοράς. Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ η έννοια της διαφάνειας συμβάλλει αναμφίβολα στην εδραίωση της εμπιστοσύνης, ταυτόχρονα αποκαλύπτει πιθανά τρωτά σημεία. Με την εκδήλωση παραβίασης, τα τρωτά σημεία που ενυπάρχουν στον οργανισμό αποκαλύπτονται, με αποτέλεσμα να γίνονται εμφανή σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια διαφοροποιημένη ισορροπία, κατά την οποία η οντότητα αναγκάζεται να εμπλακεί άμεσα στη διαδικασία εξέτασης και τεκμηρίωσης της παραβίασης, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα επιζήμιων επιπτώσεων στη θέση της στη δημόσια σφαίρα (Haque, et al., 2023).

Ο περίπλοκος χαρακτήρας της αντιμετώπισης των παραβιάσεων σύμφωνα με την απαίτηση του Γενικού Κανονισμού για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) για τη διόρθωση και τη διαγραφή δεδομένων γίνεται ιδιαίτερα έντονος, όταν εξετάζεται το μοναδικό πλαίσιο της τεχνολογίας blockchain. Το εγγενές αμετάβλητο των αρχείων blockchain αποτελεί σημαντική πρόκληση στην προσπάθεια διόρθωσης και διαγραφής των επηρεαζόμενων δεδομένων. Ο σχεδιασμός της τεχνολογίας, ο οποίος εμποδίζει τις αναδρομικές τροποποιήσεις, μπορεί να αποτελέσει πρόκληση ως προς την ανάγκη της άμεσης και συνολικής διόρθωσης της παραβίασης και της εξάλειψης των δεδομένων που έχουν τεθεί σε κίνδυνο (Guggenmos, Lockl, Rieger, Wenninger, & Fridgen, 2020).

## **7.4 Διασφάλιση της συμμόρφωσης με τον GDPR εν μέσω προκλήσεων πολλαπλών δικαιοδοσιών**

Σύμφωνα με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR), η διαβίβαση πληροφοριών που μπορούν να ταυτοποιηθούν προσωπικά σε χώρες εκτός των ορίων του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (ΕΕΑ) υπόκειται σε αυστηρά ρυθμιστικά μέτρα. Οι διαβιβάσεις σε χώρες εκτός του Ευρωπαϊκού Οικονομικού Χώρου (ΕΕΑ) απαιτούν συμμόρφωση με έναν από τους κυρωμένους μηχανισμούς διαβίβασης, συμπεριλαμβανομένων των αποφάσεων επάρκειας, των τυποποιημένων συμβατικών ρητρών, των δεσμευτικών εταιρικών κανόνων ή της ρητής ατομικής συγκατάθεσης. Ο κύριος στόχος είναι να διασφαλιστεί η διατήρηση ισοδύναμου επιπέδου προστασίας των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα κατά τη διαβίβασή τους σε δικαιοδοσίες που χαρακτηρίζονται από αποκλίνουσες ρυθμίσεις για την προστασία των δεδομένων. Το χωρίς σύνορα χαρακτηριστικό της τεχνολογίας blockchain εισάγει πολυπλοκότητες όσον αφορά τη συμμόρφωση, καθώς μπορεί να προκύψει η αναπαραγωγή δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα σε κόμβους που βρίσκονται σε διαφορετικές δικαιοδοσίες. Η παρουσία πολλαπλών δικαιοδοσιών σε αυτό το πλαίσιο δημιουργεί ανησυχίες σχετικά με την κυριαρχία των δεδομένων, όπου διαφορετικά έθνη διαθέτουν διαφορετικές νομικές προϋποθέσεις σχετικά με τη διασφάλιση, την ανάκτηση και τη διάδοση των δεδομένων.

Η κατανεμημένη και αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική της αλυσίδας μπλοκ παρουσιάζει αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα αναφορικά με την ασφάλεια και τη διαφάνεια. Ωστόσο, παρουσιάζει και μια σειρά προκλήσεων όσον αφορά τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) σε ένα περιβάλλον πολλαπλών δικαιοδοσιών. Οι προαναφερθείσες προκλήσεις εκδηλώνονται ως αποτέλεσμα της πολύπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της τεχνολογίας blockchain και των διαφορετικών νομικών πλαισίων που διέπουν την προστασία των δεδομένων σε διάφορες δικαιοδοσίες.

Διάφορα έθνη έχουν εφαρμόσει ειδικούς κανονισμούς που διέπουν τις θέσεις αποθήκευσης και επεξεργασίας προσωπικών δεδομένων. Στη σφαίρα της τεχνολογίας blockchain, είναι σύνηθες τα δεδομένα να αναπαράγονται σε κόμβους που είναι διασκορπισμένοι σε παγκόσμιο επίπεδο. Η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της επιτακτικής ανάγκης αναπαραγωγής δεδομένων με σκοπό την ενίσχυση των μέτρων ασφαλείας και της αναγκαιότητας συμμόρφωσης με τις περιφερειακές εντολές που αφορούν την αποθήκευση δεδομένων αποτελεί ένα πολύπλευρο εγχείρημα. Το πλεονέκτημα της διαφάνειας που ενυπάρχει στην τεχνολογία blockchain μπορεί, ωστόσο, να αποτελέσει πρόκληση, καθώς ενδεχομένως εκθέτει προσωπικά δεδομένα σε συμμετέχοντες που βρίσκονται σε διαφορετικές δικαιοδοσίες, χωρίς την απαραίτητη εξουσιοδότηση πρόσβασης στις εν λόγω πληροφορίες. Η έννοια της νόμιμης πρόσβασης μπορεί να διαφέρει από χώρα σε χώρα, οπότε είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι αυτό που μπορεί να θεωρείται νόμιμη πρόσβαση σε μια χώρα μπορεί να μην ευθυγραμμίζεται απαραίτητα με τις απαιτήσεις ή τα πρότυπα μιας άλλης χώρας.

Η εγγενής αποκέντρωση των δικτύων blockchain αποτελεί πρόκληση για τον καθορισμό του κατάλληλου δικαιοδοτικού πλαισίου για τη διαχείριση των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στην αλυσίδα μπλοκ. Σε περίπτωση παραβίασης του νόμου περί προστασίας δεδομένων που λαμβάνει χώρα εντός μιας συγκεκριμένης δικαιοδοσίας, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι οι νομικές επιπτώσεις μπορεί να επεκταθούν σε κόμβους που βρίσκονται εντός άλλων δικαιοδοσιών. Το έργο της εξακρίβωσης του κατάλληλου νομικού πλαισίου για

ενδεχόμενες παραβιάσεις είναι ένα πολύπλοκο εγχείρημα, καθώς απαιτεί διασυνοριακή συναίνεση, συμπερίληψη διαφόρων γλωσσών, πολιτισμικών και νομικών προτύπων, για την κατασκευή μηχανισμών συγκατάθεσης. Σκοπός είναι να διασφαλιστεί ότι τα άτομα έχουν μια ολοκληρωμένη κατανόηση και παρέχουν οικειοθελώς τη συγκατάθεσή τους στις προσπάθειες επεξεργασίας δεδομένων που αφορούν τις προσωπικές τους πληροφορίες.

Η εφαρμογή των εγκεκριμένων από τον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) μηχανισμών διαβίβασης, όπως οι τυποποιημένες συμβατικές ρήτρες, στο πλαίσιο ενός αποκεντρωμένου δικτύου blockchain αποτελεί μια σύνθετη και πολυδιάστατη πρόκληση. Οι αποκλίσεις στην εφαρμογή αυτών των μηχανισμών ενδέχεται να προκύψουν λόγω των διαφορετικών νομικών ερμηνειών και των τοπικών απαιτήσεων (Guggenmos, Lockl, Rieger, Wenninger, & Fridgen, 2020).

## 7.5 Λύσεις και μετριάσμοί

Για να επιτευχθεί αποτελεσματικά η συμμόρφωση με τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR) και ταυτόχρονα να αξιοποιηθούν οι δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain, κρίνεται αναγκαίο οι οργανισμοί να υιοθετήσουν μια στρατηγική μεθοδολογία που ενσωματώνει τις τεχνικές εξελίξεις και τα πρωτόκολλα διακυβέρνησης. Για παράδειγμα οι οργανισμοί μπορούν να χρησιμοποιούν στρατηγικά τεχνικές κρυπτογράφησης. Αντί της εφαρμογής συνολικής κρυπτογράφησης σε όλα τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στην αλυσίδα μπλοκ, μπορεί να υιοθετηθεί μια διαφορετική προσέγγιση με την εφαρμογή επιλεκτικής κρυπτογράφησης. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει τη διασφάλιση ευαίσθητων πληροφοριών, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί τις πλεονεκτικές πτυχές της διαφάνειας. Οι λύσεις αποθήκευσης εκτός αλυσίδας διαθέτουν την ικανότητα να φιλοξενούν με ασφάλεια εξαιρετικά ευαίσθητα δεδομένα με διαχωρισμένο τρόπο, διασφαλίζοντας έτσι ότι μόνο οι βασικές πληροφορίες διατηρούνται εντός της υποδομής blockchain. Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει στους οργανισμούς να επιτύχουν αποτελεσματικά μια αρμονική ισορροπία μεταξύ της διασφάλισης της ασφάλειας των δεδομένων και της διασφάλισης της συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις διαφάνειας που περιγράφονται στον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (GDPR).

Οι ιδιωτικές και αδειοδοτημένες αλυσίδες μπλοκ παρουσιάζουν μια αρμονική μέση λύση, επιτυγχάνοντας ισορροπία μεταξύ των αποκεντρωμένων πλεονεκτημάτων που ενυπάρχουν στην τεχνολογία blockchain και της απαίτησης για έλεγχο των δεδομένων. Οι ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ επιβάλλουν περιορισμούς στη συμμετοχή αποκλειστικά σε εξουσιοδοτημένες οντότητες, διευκολύνοντας έτσι τους οργανισμούς στη διατήρηση ενός αυστηρότερου επιπέδου ελέγχου της προσβασιμότητας των δεδομένων και διασφαλίζοντας την τήρηση των κανονισμών προστασίας δεδομένων. Τα δίκτυα αυτά διαθέτουν σημαντική αξία για κλάδους που χαρακτηρίζονται από αυστηρές απαιτήσεις συμμόρφωσης, ιδίως για την υγειονομική περίθαλψη και τα χρηματοοικονομικά.

Τα υβριδικά μοντέλα συγχωνεύουν αποτελεσματικά τις συμβατικές βάσεις δεδομένων με την τεχνολογία blockchain, επιτρέποντας έτσι στους οργανισμούς να αξιοποιήσουν την ισχυρή ασφάλεια που προσφέρει η blockchain, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα τη συμμόρφωση με τις αρχές προστασίας δεδομένων που περιγράφονται στον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (GDPR). Στη συγκεκριμένη μεθοδολογία, είναι εύλογο να διατηρούνται ευαίσθητα δεδομένα σε συμβατικές βάσεις δεδομένων που βρίσκονται εκτός αλυσίδας, ενώ

ταυτόχρονα διατηρείται μια αναφορά στα εν λόγω δεδομένα ή ένας κρυπτογραφικός κατακερματισμός εντός της αλυσίδας μπλοκ. Η προσέγγιση αυτή υποστηρίζει τη διατήρηση της ακεραιότητας των δεδομένων, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζει τις ευαίσθητες πληροφορίες εντός της αρμοδιότητας του οργανισμού.

Αναγκαία είναι επίσης η καθιέρωση ανθεκτικών πλαισίων διακυβέρνησης εντός των δικτύων blockchain για τη διατήρηση της κανονιστικής συμμόρφωσης. Η καθιέρωση σαφώς καθορισμένων ρόλων και αρμοδιοτήτων που αφορούν τη διαχείριση δεδομένων, τη διόρθωση, τη διαγραφή, τον έλεγχο πρόσβασης και τη λογοδοσία είναι επιβεβλημένη προκειμένου να διασφαλιστεί ο ορθός χειρισμός των προσωπικών δεδομένων και η συμμόρφωση με τις διατάξεις του Γενικού Κανονισμού για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) (Yigzaw, et al., 2022).

## 7.6 Νομικές και κανονιστικές επιπτώσεις

Η διενέργεια ελέγχων συμμόρφωσης με τον GDPR για έργα blockchain είναι εξαιρετικά σημαντική, προκειμένου να εντοπιστούν πιθανές περιοχές μη συμμόρφωσης και στη συνέχεια να διορθωθούν με προληπτικό τρόπο. Οι έλεγχοι εξυπηρετούν τον σκοπό της αξιολόγησης του βαθμού στον οποίο οι υλοποιήσεις blockchain συμμορφώνονται με τις θεμελιώδεις αρχές προστασίας δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, της διαφάνειας, της ελαχιστοποίησης των δεδομένων και της διασφάλισης των δικαιωμάτων των χρηστών. Η πολυπλοκότητα των ελέγχων συμμόρφωσης αυξάνεται από το εγγενές αμετάβλητο της τεχνολογίας blockchain, το οποίο παρουσιάζει προκλήσεις όσον αφορά τη διόρθωση σφαλμάτων ή παραλείψεων. Παρ' όλα αυτά, είναι επιτακτική ανάγκη η διενέργεια αυτών των ελέγχων προκειμένου να διαπιστωθεί ότι ο χειρισμός των δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα ευθυγραμμίζεται με τις διατάξεις που ορίζει ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR). Ο εγγενής παγκόσμιος χαρακτήρας της τεχνολογίας blockchain, σε συνδυασμό με τους διαφορετικούς νόμους περί προστασίας δεδομένων που παρατηρούνται σε διάφορες δικαιοδοσίες, δημιουργεί νομικές περιπλοκές που εκτείνονται σε διασυνοριακό επίπεδο. Τα δίκτυα blockchain συχνά εκτείνονται σε πολλά έθνη, καθένα από τα οποία περιλαμβάνει διαφορετικούς κανονισμούς προστασίας δεδομένων. Το γεγονός αυτό δημιουργεί προκλήσεις όσον αφορά την εξακρίβωση του ισχύοντος νομικού πλαισίου μιας δικαιοδοσίας και την εκπόνηση στρατηγικών για την εξασφάλιση της διασυνοριακής τήρησης. Επιπροσθέτως, οι πολυπλοκότητες που προκύπτουν από τις διαφοροποιήσεις στις νομικές ερμηνείες και τα πολιτισμικά πρότυπα μπορεί να θέσουν προκλήσεις στην εφαρμογή των μέτρων συμμόρφωσης.

Στόχος των προσπαθειών εναρμόνισης είναι να αμβλυνθούν αυτές οι διαφορές μέσω του συγχρονισμού των παγκόσμιων πλαισίων για την προστασία των δεδομένων. Οι προσπάθειες αυτές περιλαμβάνουν τη συνεργατική εμπλοκή κυβερνητικών φορέων, οργανισμών και ρυθμιστικών αρχών προκειμένου να καθιερωθούν παγκοσμίως αποδεκτά πρότυπα και κατευθυντήριες γραμμές.

Η επιτυχής πλοήγηση στις προαναφερθείσες νομικές και κανονιστικές επιπτώσεις απαιτεί μια ενδελεχή και ολοκληρωμένη κατανόηση των περίπλοκων λειτουργιών της τεχνολογίας blockchain, των περιπλοκών των νόμων περί προστασίας δεδομένων και της πολυπλοκότητας των διεθνών πλαισίων. Προκειμένου να διαφυλάξουν τα δικαιώματα των ατόμων και να συμμορφωθούν με το διαρκώς μεταβαλλόμενο νομικό περιβάλλον, οι



οργανισμοί χρειάζεται να επιστρατεύσουν τις υπηρεσίες νομικών επαγγελματιών που διαθέτουν ολοκληρωμένες γνώσεις, τόσο στην τεχνολογία blockchain όσο και στην προστασία των δεδομένων. Αυτό θα εγγυηθεί ότι τα έργα τους είναι σχολαστικά σχεδιασμένα και υλοποιούνται με τρόπο που ευθυγραμμίζεται με τις νομικές απαιτήσεις. Η εφαρμογή προληπτικών στρατηγικών, όπως η συνεπής εκτέλεση ελέγχων, η ενεργός συμμετοχή σε πρωτοβουλίες εναρμόνισης και η συνεχής παρακολούθηση των νομικών εξελίξεων, είναι αναγκαία για την αποτελεσματική διάσχιση της πολύπλοκης σύγκλισης της τεχνολογίας blockchain και των κανονισμών προστασίας δεδομένων (Dove, 2018).

## **Κεφάλαιο 8. Αναλυτική παρουσίαση 4 περιπτώσεων εφαρμογής της τεχνολογίας Blockchain στην διαχείριση Ιατρικών Αρχείων**

### **8.1 MedRec**

Μια νέα εξέλιξη στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης είναι η χρήση της τεχνολογίας Blockchain μέσω του MedRec, το οποίο είναι ένα κατακευματισμένο σύστημα διαχείρισης ιατρικών δεδομένων. Το MedRec αντιμετωπίζει μια σειρά από ζητήματα που απασχολούν τον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, όπως η ασφάλεια των δεδομένων, η διαλειτουργικότητα και η ιδιωτικότητα των ασθενών, χρησιμοποιώντας τα ειδικά χαρακτηριστικά του Blockchain.

#### **8.1.1 Ασφάλεια και ακεραιότητα δεδομένων**

Οι παραδοσιακές μέθοδοι για την παρακολούθηση των ιατρικών φακέλων εξαρτώνται ορισμένες φορές από κεντρικές βάσεις δεδομένων που είναι ανοικτές σε παραβιάσεις δεδομένων και μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Τα ιατρικά αρχεία είναι κρυπτογραφημένα, διασκορπισμένα μεταξύ πολλών κόμβων και κρυπτογραφικά συνδεδεμένα χάρη στη χρήση της Blockchain από το MedRec, η οποία εξαλείφει κάθε ενιαίο σημείο αποτυχίας ή παράνομων προσαρμογών.

#### **8.1.2 Διαλειτουργικότητα**

Τα νοσοκομεία, οι κλινικές, τα εργαστήρια και τα φαρμακεία είναι μόνο μερικοί από τους πολλούς συμμετέχοντες στο οικοσύστημα της υγειονομικής περίθαλψης. Αυτοί οι οργανισμοί χρησιμοποιούν συχνά διάφορα συστήματα διαχείρισης ηλεκτρονικών φακέλων υγείας (EHR- Electronic Medical Records) που έχουν ζητήματα επικοινωνίας μεταξύ τους. Η αλυσίδα μπλοκ καθιστά δυνατή την εύκολη πρόσβαση και ενημέρωση των πληροφοριών των ασθενών από διαφορετικούς παρόχους, προσφέροντας μια τυποποιημένη και ασφαλή πλατφόρμα για την ανταλλαγή δεδομένων.

#### **8.1.3 Έλεγχος με επίκεντρο τον ασθενή**

Οι ασθενείς έχουν μεγαλύτερο έλεγχο των ιατρικών αρχείων τους λόγω του MedRec, έχοντας τη δυνατότητα να παρέχουν στους επαγγελματίες υγείας πρόσβαση σε ορισμένα τμήματα των δεδομένων τους μέσω της χρήσης ιδιωτικών κλειδιών και μεθόδων αδειοδότησης, διασφαλίζοντας ότι οι ευαίσθητες πληροφορίες παραμένουν ιδιωτικές και είναι προσβάσιμες μόνο από εξουσιοδοτημένους υπαλλήλους (Azaria, Ekblaw, Vieira, & Lippman, 2016).

#### **8.1.4 Διαχείριση συναίνεσης**

Ένα σύνθετο σύστημα διαχείρισης συγκαταθέσεων καθίσταται εφικτό χάρη στη χρήση έξυπνων συμβολαίων της αλυσίδας μπλοκ (blockchain). Οι ασθενείς μπορούν να επιλέξουν ποιος επιτρέπεται να βλέπει, να αλλάξει ή να διανέμει τα ιατρικά τους δεδομένα, ορίζοντας δικαιώματα πρόσβασης για τα αρχεία τους. Σύμφωνα με τους Ekblaw et al. (2016), αυτό

εγγυάται ότι οι επιθυμίες των ασθενών για την προστασία της ιδιωτικής ζωής τηρούνται και ότι η χρήση των δεδομένων συμμορφώνεται με νόμους όπως ο HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act).

#### **8.1.5 Παρακολούθηση ελέγχου**

Η αλυσίδα μπλοκ διατηρεί μια αμετάβλητη διαδρομή ελέγχου για κάθε συναλλαγή ή αλλαγή που πραγματοποιείται στον ιατρικό φάκελο ενός ασθενούς. Η πιθανότητα λαθών, απάτης ή ανήθικης συμπεριφοράς μειώνεται με αυτό το χαρακτηριστικό, το οποίο βελτιώνει τη λογοδοσία και την ασφάλεια στις λειτουργίες της υγειονομικής περίθαλψης (Ekblaw A. C., 2017).

#### **8.1.6 Έρευνα και ανάλυση**

Χωρίς να θυσιάζεται το απόρρητο των ασθενών, τα χαρακτηριστικά ανταλλαγής δεδομένων της αλυσίδας μπλοκ μπορούν να επιταχύνουν την ιατρική έρευνα και ανάλυση. Η ιατρική έρευνα μπορεί να επιταχυνθεί με ταυτόχρονη διασφάλιση της ασφάλειας των δεδομένων χάρη στην πρόσβαση των ερευνητών σε ανώνυμα και συγκεντρωτικά δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στην αλυσίδα μπλοκ.

#### **8.1.7 Μειωμένο διοικητικό κόστος**

Η αποκεντρωμένη δομή του blockchain εξαλείφει την ανάγκη για μεσάζοντες και χειροκίνητες διαδικασίες και συμφωνίες, εξορθολογίζοντας τις διοικητικές διαδικασίες και μειώνοντας τα λειτουργικά έξοδα των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης (Gordon & Catalini, 2018).

#### **8.1.8 Καταστάσεις έκτακτης ανάγκης**

Η πρόσβαση σε ιατρικά δεδομένα με βάση την αλυσίδα μπλοκ μπορεί να παρέχει στους επαγγελματίες υγείας κρίσιμες πληροφορίες σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης ή όταν οι ασθενείς δεν είναι σε θέση να επικοινωνήσουν, επιτρέποντάς τους να κάνουν ταχύτερες και πιο ενημερωμένες ιατρικές επιλογές (Angeles, 2019).

#### **8.1.9 Απόρρητο και κρυπτογράφηση δεδομένων**

Στον ιατρικό τομέα, το απόρρητο των ασθενών είναι υψίστης σημασίας. Το MedRec το αντιμετωπίζει αυτό με την εφαρμογή ισχυρών μηχανισμών κρυπτογράφησης για την προστασία της εμπιστευτικότητας των ιατρικών αρχείων. Τα ευαίσθητα δεδομένα των ασθενών διατηρούνται ιδιωτικά, επιτρέποντας την πρόσβαση στα κρυπτογραφημένα δεδομένα μόνο σε όσους έχουν την κατάλληλη εξουσιοδότηση και τα κατάλληλα κλειδιά κρυπτογράφησης (Gordon & Catalini, 2018).

#### **8.1.10 Χρονοσήμανση και χρονολογική σειρά**

Μια χρονοσφραγίδα περιλαμβάνεται σε κάθε καταχώρηση Blockchain, επιτρέποντας τη δημιουργία ενός χρονολογικού καταλόγου ιατρικών περιστατικών και θεραπειών. Αυτή η χρονοσήμανση είναι σημαντική για τη θεραπεία χρόνιων ασθενειών, την παρακολούθηση της τήρησης της φαρμακευτικής αγωγής ή τον εντοπισμό πιθανών αλληλεπιδράσεων φαρμάκων, μεταξύ άλλων καταστάσεων όπου ο χρόνος των θεραπειών είναι καθοριστικός.

### **8.1.11 Πρόληψη απάτης και επαλήθευση ταυτότητας**

Τα ενσωματωμένα χαρακτηριστικά ασφαλείας της αλυσίδας μπλοκ καθιστούν πιο δύσκολη την απάτη. Ο κίνδυνος κλοπής ταυτότητας ή ιατρικής απάτης μπορεί να μειωθεί με την ασφαλή επαλήθευση των ταυτότητας των ασθενών με τη χρήση κρυπτογραφικών τεχνικών. Όταν πρόκειται για ασφαλιστικές απαιτήσεις ή άλλα οικονομικά στοιχεία της υγειονομικής περίθαλψης, αυτό είναι καθίσταται εξαιρετικά σημαντικό (Ekblaw A. C., 2017).

## **8.2 Εσθονικό ίδρυμα ηλεκτρονικής υγείας: KSI Blockchain technology**

Μια πρωτοποριακή ανακάλυψη στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης είναι η χρήση της τεχνολογίας KSI Blockchain από το Εσθονικό Ίδρυμα Ηλεκτρονικής Υγείας για τη διαχείριση ιατρικών πληροφοριών. Η εταιρεία κυβερνοασφάλειας Guardtime δημιούργησε το KSI Blockchain, το οποίο διαθέτει χαρακτηριστικά που βελτιώνουν την ασφάλεια, την ακεραιότητα και τη διαλειτουργικότητα των ιατρικών πληροφοριών και επιλύουν μια σειρά από προβλήματα των συμβατικών συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης.

### **8.2.1 Αμετάβλητη ακεραιότητα δεδομένων**

Το KSI Blockchain μπορεί να θεωρηθεί ιδανική επιλογή για τη διαχείριση των ιατρικών αρχείων, καθώς έχει σχεδιαστεί για να εγγυάται την ακεραιότητα των ψηφιακών δεδομένων. Κάθε καταχώρηση σε έναν ιατρικό φάκελο φέρει χρονοσήμανση, κατακερματισμένη και αποκεντρωμένη κρυπτογραφική σύνδεση. Ως αποτέλεσμα, οποιαδήποτε αλλοίωση ή παράνομη τροποποίηση είναι άμεσα διακριτή και δημιουργεί μια αμετάβλητη αλυσίδα εγγραφών. Αυτό το χαρακτηριστικό βελτιώνει σημαντικά την αξιοπιστία των ιατρικών αρχείων και μειώνει την πιθανότητα απάτης ή χειραγώγησης των δεδομένων (Ali, Jaradat, Ally, & Rotabi, 2021).

### **8.2.2 Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο**

Η ακεραιότητα των δεδομένων μπορεί να παρακολουθείται σε πραγματικό χρόνο με τη χρήση της αλυσίδας μπλοκ KSI. Αυτό συνεπάγεται ότι κάθε τροποποίηση σε έναν ιατρικό φάκελο, όσο μικρή και αν είναι, θα προκαλέσει την αλλαγή του κρυπτογραφικού κατακερματισμού που συνδέεται με τον εν λόγω φάκελο. Έτσι, οποιεσδήποτε μη εγκεκριμένες ή εσφαλμένες προσαρμογές μπορούν να εντοπιστούν και να αναφερθούν στους επαγγελματίες του τομέα της υγείας και στους ασθενείς, επιτρέποντας την ταχεία λήψη διορθωτικών μέτρων.

### **8.2.3 Κοινή χρήση δεδομένων**

Η υγειονομική περίθαλψη είναι ένα περίπλοκο οικοσύστημα με πολλούς διαφορετικούς φορείς και η επιτυχής θεραπεία εξαρτάται από την ομαλή ανταλλαγή δεδομένων. Η τυποποιημένη μεθοδολογία της KSI Blockchain προωθεί τη διαλειτουργικότητα, επιτρέποντας σε διάφορους οργανισμούς και παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να έχουν ασφαλή πρόσβαση και να ενημερώνουν τις πληροφορίες των ασθενών. Αυτό βελτιώνει τη

συνέχεια της θεραπείας και προσφέρει στους ασθενείς μια πιο απρόσκοπτη εμπειρία υγειονομικής περίθαλψης (Burgwinkel, Bergström, Program, & Richard, 2018).

#### **8.2.4 Ασφάλεια και προστασία της ιδιωτικής ζωής**

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας KSI Blockchain από το Estonian e-Health Foundation ενισχύει την κυβερνοασφάλεια της υγειονομικής περίθαλψης. Ενώ τα δεδομένα των ασθενών ανταλλάσσονται μεταξύ εξουσιοδοτημένων μερών, παράλληλα διατηρούνται ιδιωτικά και ασφαλή λόγω των κρυπτογραφικών αρχών του συστήματος. Καλύτερος βαθμός ασφάλειας έναντι κυβερνοεπιθέσεων παρέχεται από την αποκεντρωμένη δομή της αλυσίδας μπλοκ, η οποία μειώνει την πιθανότητα κεντρικών παραβιάσεων δεδομένων.

#### **8.2.5 Έλεγχος και συμμόρφωση**

Στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης, η κανονιστική συμμόρφωση είναι ζωτικής σημασίας. Ένα διαφανές και αμετάβλητο ιστορικό πρόσβασης στα δεδομένα παράγεται μέσω της λειτουργικότητας διαδρομής ελέγχου του KSI Blockchain, η οποία παρακολουθεί κάθε συναλλαγή και μεταβολή που πραγματοποιείται στα ιατρικά αρχεία. Παρέχοντας ένα αδιαμφισβήτητο αρχείο χρήσης δεδομένων, αυτή η δυνατότητα ελέγχου καθιστά απλούστερη τη συμμόρφωση με πρότυπα όπως το GDPR και το HIPAA (Van Reede, 2020).

#### **8.2.6 Ενδυνάμωση των ασθενών**

Η εφαρμογή της KSI Blockchain, όπως και άλλες λύσεις που βασίζονται σε Blockchain, δίνει στους ασθενείς εξουσία επί των ιατρικών τους δεδομένων. Οι ασθενείς έχουν τον έλεγχο του ποιος έχει πρόσβαση στα δεδομένα τους και υπό ποιες συνθήκες, χρησιμοποιώντας ιδιωτικά κλειδιά και μεθόδους αδειοδότησης. Εκτός από το ότι οι ασθενείς έχουν τον έλεγχο της εμπειρίας τους στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, αυτό εγγυάται επίσης ότι οι επιθυμίες τους όσον αφορά την προστασία της ιδιωτικής τους ζωής γίνονται σεβαστές (Lemieux V. L., 2017).

#### **8.2.7 Μειωμένο διοικητικό φόρτος**

Το KSI Blockchain μπορεί να μειώσει τα διοικητικά έξοδα και την ανάγκη για χειροκίνητες συμφωνίες μεταξύ διαφόρων παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, διευκολύνοντας την ανταλλαγή δεδομένων και την πρόσβαση σε αυτά. Με την αύξηση της αποτελεσματικότητας, το προσωπικό της υγειονομικής περίθαλψης θα είναι σε θέση να παρέχει καλύτερη φροντίδα των ασθενών με χαμηλότερο κόστος (Lyons, 2018).

#### **8.2.8 Ανάκτηση και ανθεκτικότητα δεδομένων**

Ο αποκεντρωμένος σχεδιασμός του KSI Blockchain εγγυάται ότι τα ιατρικά αρχεία δε θα φυλάσσονται σε ένα μόνο ευαίσθητο μέρος σε περίπτωση διακοπών του συστήματος, φυσικών καταστροφών ή άλλων διακοπών. Αυτή η ανθεκτικότητα βελτιώνει την προσβασιμότητα των δεδομένων και μειώνει την πιθανότητα απώλειας δεδομένων, γεγονός που είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της περίθαλψης των ασθενών ενόψει απρόβλεπτων καταστροφών.

### **8.2.9 Διαχείριση συνταγών**

Τα συστήματα για τη διαχείριση των συνταγών μπορούν να συμπεριληφθούν στο blockchain, για να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα των συνταγών διατηρούνται με ασφάλεια και είναι άμεσα διαθέσιμα στους εξουσιοδοτημένους επαγγελματίες υγείας. Επιτρέποντας την ακριβή παρακολούθηση των συνταγογραφούμενων φαρμάκων και των αλληλεπιδράσεών τους, αυτό μπορεί να συμβάλει στη μείωση των φαρμακευτικών λαθών, στην αποφυγή της υπερ-συνταγογράφησης και στη βελτίωση της ασφάλειας των ασθενών.

### **8.2.10 Τηλεϊατρική και απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών**

Το KSI Blockchain προσφέρει μια ασφαλή πλατφόρμα για την αποθήκευση και την ανταλλαγή δεδομένων ασθενών στο πλαίσιο της τηλεϊατρικής και της απομακρυσμένης παρακολούθησης ασθενών, όπου οι ασθενείς λαμβάνουν θεραπεία εκτός των συμβατικών ιδρυμάτων υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό επιτρέπει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και την παροχή εξατομικευμένης θεραπείας, δεδομένου ότι επιτρέπει στους επαγγελματίες υγείας να έχουν πρόσβαση στις τρέχουσες πληροφορίες ανεξαρτήτως τοποθεσίας (Kubyshkin & Ponomareva, 2022).

### **8.2.11 Κλινικές δοκιμές και ανάπτυξη φαρμάκων**

Η παρακολούθηση της συμμετοχής των ασθενών σε κλινικές μελέτες μπορεί να εκσυγχρονιστεί χάρη στην τεχνολογία blockchain. Η εγκυρότητα των δεδομένων και των αποτελεσμάτων των δοκιμών μπορεί να επαληθευτεί με τη χρήση ιατρικών αρχείων που διατηρούνται στην αλυσίδα μπλοκ, ενισχύοντας την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων των μελετών. Οι φαρμακευτικές εταιρείες μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν το blockchain για την ασφαλή διαχείριση της διαδικασίας δημιουργίας, δοκιμής και έγκρισης νέων φαρμάκων.

### **8.2.12 Πληρωμές και τιμολόγηση**

Οι διαδικασίες χρέωσης και πληρωμής επωφελούνται από την ελεγχιμότητα του blockchain. Στην αλυσίδα μπλοκ, μπορούν να τηρούνται με ασφάλεια και διαφάνεια αρχεία των παρεχόμενων ιατρικών υπηρεσιών και των σχετικών χρεώσεων. Ως αποτέλεσμα, υπάρχουν λιγότερες διαφορές χρέωσης, πραγματοποιούνται ακριβείς επιστροφές και βελτιώνεται η οικονομική ευθύνη του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης (Goede, 2019).

## **8.3 HealthChain**

Η καινοτόμος χρήση της τεχνολογίας Blockchain από τη HealthChain για τη διαχείριση των ιατρικών φακέλων έχει επιφέρει αλλαγές στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Η HealthChain είναι μια εταιρεία που δραστηριοποιείται συγκεκριμένα στην ψηφιακή υγεία, η οποία δημιούργησε μια πλατφόρμα, για να συνδέσει τους ασθενείς με τους πληρωτές και τους παρόχους, με σκοπό τη διαχείριση συνταγογραφούμενων φαρμάκων και υπόσχεται να φέρει λύσεις σε προβλήματα που ενυπάρχουν στις συμβατικές μεθόδους τήρησης αρχείων και στη διαχείριση φαρμάκων χρησιμοποιώντας τις ιδιαίτερες ιδιότητες του Blockchain. Η ιδέα αυτή έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα, την ασφάλεια των δεδομένων και τη φροντίδα των ασθενών.

### **8.3.1 Λειτουργική αποδοτικότητα και μείωση του κόστους**

Η χρήση της τεχνολογίας Blockchain από την HealthChain απλοποιεί τις διοικητικές διαδικασίες και μειώνει τα λειτουργικά έξοδα. Η αποκεντρωμένη δομή του συστήματος μειώνει την ανάγκη για μεσάζοντες και χειροκίνητη συμφιλίωση δεδομένων, καθιστώντας την ανταλλαγή και την αποθήκευση δεδομένων πιο αποτελεσματική. Έτσι, οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης επωφελούνται από εξοικονόμηση κόστους, η οποία απελευθερώνει κεφάλαια για επενδύσεις στην περίθαλψη των ασθενών και σε ιατρικά έργα αιχμής (Chenthara, Ahmed, Wang, Whittaker, & Chen, 2020).

### **8.3.2 Ασφαλής διαχείριση ταυτότητας**

Το HealthChain βελτιώνει τη διαχείριση των ταυτοτήτων στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης σε συνδυασμό με τις κρυπτογραφικές αρχές της αλυσίδας μπλοκ. Ο κίνδυνος δόλιων ενεργειών ή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης μπορεί να μειωθεί με την ασφαλή επαλήθευση των ασθενών, των παρόχων και άλλων ενδιαφερομένων. Η ενδεδειγμένη επαλήθευση της ταυτότητας βελτιώνει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ασθενών και παρόχων και διασφαλίζει ότι μόνο τα εξουσιοδοτημένα μέρη μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ιατρικά δεδομένα.

### **8.3.3 Παγκόσμια προσβασιμότητα**

Με τη βοήθεια της τεχνολογίας Blockchain της HealthChain, η πρόσβαση στα ιατρικά αρχεία μπορεί να γίνεται με ασφάλεια από οποιαδήποτε τοποθεσία. Οι επαγγελματίες του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να έχουν γρήγορη πρόσβαση σε ζωτικής σημασίας ιατρικές πληροφορίες για ασθενείς που αναζητούν θεραπεία στο εξωτερικό ή σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, παρέχοντας μία συνέχεια στη φροντίδα και τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων.

### **8.3.4 Έξυπνες συμβάσεις για αυτοματοποίηση**

Οι έξυπνες συμβάσεις, οι οποίες είναι κομμάτια αυτοεκτελούμενου κώδικα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την HealthChain για την αυτοματοποίηση μιας σειράς ιατρικών διαδικασιών. Οι έξυπνες συμβάσεις, για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της επεξεργασίας των ασφαλιστικών απαιτήσεων, του προγραμματισμού ραντεβού και της διαχείρισης της συναίνεσης. Με την ελαχιστοποίηση των λαθών και τη μείωση της διοικητικής εργασίας, αυτή η αυτοματοποίηση αυξάνει την παραγωγικότητα (Hylock & Zeng, 2019).

### **8.3.5 Καινοτομία στην τηλεϊατρική**

Η ανάπτυξη εφαρμογών τηλεϊατρικής και του Internet of Things (IoT) στον κλάδο της υγείας υποστηρίζεται από την ασφαλή και διαλειτουργική πλατφόρμα της HealthChain. Η αλυσίδα μπλοκ μπορεί να συνδεθεί με δεδομένα ασθενών που λαμβάνονται από φορητή τεχνολογία ή συστήματα τηλεπαρακολούθησης για την παροχή υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης από απόσταση και εξατομικευμένων προγραμμάτων θεραπείας.

### **8.3.6 Πρωτοβουλίες εκπαίδευσης και κατάρτισης**

Η διαφάνεια και η ανίχνευση της τεχνολογίας blockchain μπορούν να χρησιμοποιηθούν για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Για την πρόσβαση σε ανώνυμες μελέτες περιπτώσεων και την καλύτερη γνώση των ιατρικών ασθενειών και των αποτελεσμάτων της θεραπείας, το HealthChain μπορεί να παρέχει μια ασφαλή πλατφόρμα για επαγγελματίες, ερευνητές και φοιτητές στον ιατρικό τομέα (Chenthara, Ahmed, Wang, Whittaker, & Chen, 2020).

### **8.3.7 Δεοντολογική κοινή χρήση δεδομένων και συναίνεση**

Η έμφαση που δίνει το HealthChain στην άδεια των ασθενών και στην προστασία των δεδομένων συνάδει με τις ηθικές ανησυχίες σχετικά με την κοινή χρήση ιατρικών δεδομένων. Η εμπιστοσύνη μεταξύ των ασθενών και των επαγγελματιών του τομέα της υγείας βελτιώνεται με τη διαφανή και βασισμένη στη συγκατάθεση προσέγγιση της αλυσίδας μπλοκ, η οποία εγγυάται ότι οι προτιμήσεις των ασθενών γίνονται σεβαστές.

### **8.3.8 Κυβερνητική και ρυθμιστική συνεργασία**

Η υιοθέτηση του HealthChain μπορεί να ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ κυβερνητικών και υγειονομικών φορέων. Οι κυβερνήσεις μπορούν να συνδράμουν στη χρήση της τεχνολογίας, εάν αυτή συμμορφώνεται με κανόνες και πρότυπα δεδομένων, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε τυποποιημένες και ασφαλείς διαδικασίες διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης σε εθνική κλίμακα.

Το HealthChain όχι μόνο αντιμετωπίζει τα τρέχοντα ζητήματα, αλλά και ανοίγει το δρόμο για ένα πιο διασυνδεδεμένο, ασφαλές και ασθενοκεντρικό οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης, υιοθετώντας την αποκέντρωση, την αμετάβλητη λειτουργία, την ενδυνάμωση των ασθενών και τη διαλειτουργικότητα. Το HealthChain παρέχει μια οπτική για το μέλλον της υγειονομικής περίθαλψης, έχοντας τη δυνατότητα να μειώσει το κόστος, να βελτιώσει την έρευνα και να ενδυναμώσει τους ανθρώπους και τους επαγγελματίες υγείας (Χυ, et al, 2019).

## **8.4 Medicalchain**

Η Medicalchain είναι μια εταιρεία που στοχεύει να αξιοποιήσει το blockchain και τις αποκεντρωμένες τεχνολογίες για τη βελτίωση της ασφάλειας, της προσβασιμότητας και της διαλειτουργικότητας των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης.

### **8.4.1 Ιστορικό**

Η Medicalchain ιδρύθηκε από τον Δρ. Abdullah Albeyatti και τον Mo Tayeb το 2016, με σκοπό να φέρει λύσεις στην αυξανόμενη ανάγκη για ασφαλή και αποτελεσματική διαχείριση δεδομένων υγείας, με έμφαση στην ενδυνάμωση των ασθενών και την ιδιοκτησία δεδομένων. Η πλατφόρμα της Medicalchain επιδιώκει να παρέχει στους ασθενείς περισσότερο έλεγχο στα αρχεία υγείας τους και να επιτρέπει στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να έχουν πρόσβαση σε ακριβείς και ενημερωμένες πληροφορίες ασθενών (Medicalchain SA).



## **8.4.2 Βασικές πτυχές και επιτεύγματα**

Η Medicalchain χρησιμοποιεί την τεχνολογία blockchain, για να δημιουργήσει ένα ασφαλές περιβάλλον για τα ιατρικά αρχεία. Αυτή η προσέγγιση ενισχύει την ασφάλεια των δεδομένων και το απόρρητο δίνοντας στους ασθενείς τα κλειδιά για τον έλεγχο της πρόσβασης στις πληροφορίες υγείας τους, διασφαλίζοντας ότι οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να έχουν πρόσβαση σε σχετικά δεδομένα με τη συγκατάθεση του ασθενούς (Rojnit, 2022).

### **8.4.2.1 Ενδυνάμωση ασθενών**

Ένας από τους κεντρικούς στόχους της Medicalchain είναι να ενδυναμώσει τους ασθενείς επιτρέποντάς τους να διαχειρίζονται και να μοιράζονται τα αρχεία υγείας τους σε διαφορετικούς παρόχους και ρυθμίσεις. Αυτό ευθυγραμμίζεται με την ευρύτερη τάση της υγειονομικής περίθαλψης με επίκεντρο τον ασθενή, όπου τα άτομα αναλαμβάνουν πιο ενεργό ρόλο στη δική τους φροντίδα (Franks, 2020).

### **8.4.2.2 Διαλειτουργικότητα**

Η πλατφόρμα αντιμετωπίζει το ζήτημα της διαλειτουργικότητας παρέχοντας έναν τυποποιημένο και ασφαλή τρόπο ανταλλαγής δεδομένων για τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και τους παρόχους. Αυτό μπορεί να μειώσει τις επικαλύψεις δοκιμών και διαδικασιών, να βελτιώσει τον συντονισμό της φροντίδας και τελικά να βελτιώσει τα αποτελέσματα των ασθενών.

### **8.4.2.3 Τηλεϊατρική**

Το Medicalchain ενσωματώνει επιπλέον, υπηρεσίες τηλεϊατρικής, επιτρέποντας στους ασθενείς να έχουν εικονικές διαβουλεύσεις με παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, ενώ μοιράζονται με ασφάλεια τα αρχεία υγείας τους κατά τη διάρκεια της επίσκεψης. Αυτό μπορεί να βελτιώσει την πρόσβαση στην περίθαλψη, ειδικά σε απομακρυσμένες ή υπό-εξυπηρετούμενες περιοχές (Medicalchain SA, 2018).

## **8.4.3 Έρευνα και Ανάπτυξη**

Η εταιρεία συμμετέχει ενεργά στην έρευνα και ανάπτυξη για την προώθηση λύσεων υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται σε blockchain. Αυτό περιλαμβάνει τη διερεύνηση της χρήσης του blockchain σε κλινικές δοκιμές, ιατρική έρευνα και αναλύσεις δεδομένων, συμβάλλοντας δυνητικά σε προόδους στη γνώση και τις θεραπείες στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

## **8.4.4 Προκλήσεις και προβληματισμοί**

Η Medicalchain αντιμετωπίζει ρυθμιστικές προκλήσεις. Η συμμόρφωση με τους κανονισμούς περί απορρήτου των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, όπως το HIPAA στις Ηνωμένες Πολιτείες ή το GDPR στην Ευρώπη, είναι ζωτικής σημασίας. Η πλοήγηση σε αυτά τα περίπλοκα ρυθμιστικά τοπία μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εμπόδιο.

Επιπρόσθετα, το να πειστούν οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης και τα ιδρύματα να υιοθετήσουν λύσεις που βασίζονται σε blockchain μπορεί να είναι πρόκληση. Η ενσωμάτωση

με τα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και ροές εργασίας, καθώς και η επίδειξη της αξίας τέτοιων λύσεων, είναι απαραίτητη.

Επίσης, παρότι η τεχνολογία blockchain είναι γνωστή για τα πλεονεκτήματα ασφαλείας της, κανένα σύστημα δεν είναι εντελώς απρόσβλητο από απειλές για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Η διασφάλιση ισχυρών μέτρων ασφαλείας για την προστασία των δεδομένων των ασθενών είναι πρωταρχικής σημασίας.

Η επεκτασιμότητα είναι μια ακόμη πρόκληση για τις πλατφόρμες blockchain, καθώς τα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να έχουν μεγάλο όγκο. Η διασφάλιση ότι το δίκτυο blockchain μπορεί να χειριστεί τον όγκο των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης διατηρώντας παράλληλα την απόδοση είναι απαραίτητη.

#### **8.4.5 Μελλοντικές προοπτικές**

Η επιτυχία της Medicalchain στον χώρο της τεχνολογίας υγειονομικής περίθαλψης εξαρτάται από την ικανότητά της να αντιμετωπίζει ρυθμιστικές προκλήσεις, να ενθαρρύνει την υιοθέτηση μεταξύ των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης και να επιδεικνύει τα πραγματικά οφέλη της πλατφόρμας της. Καθώς ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης συνεχίζει να εξελίσσεται προς την ασθενοκεντρική περίθαλψη και τις λύσεις ψηφιακής υγείας, ενδέχεται να υπάρχουν ευκαιρίες για εταιρείες όπως η Medicalchain να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στον μετασχηματισμό της διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης και στην ενδυνάμωση των ασθενών.

## Κεφάλαιο 9. Σύγκριση μελετών περίπτωσης

Το MedRec, το KSI Blockchain, το HealthChain και το Medicalchain είναι όλα πλατφόρμες που βασίζονται στην Τεχνολογία Blockchain με εφαρμογή στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Ωστόσο, εστιάζουν σε διαφορετικά σημεία και έχουν κάποια διαφορετικά χαρακτηριστικά:

### 1. MedRec

Το MedRec εστιάζει πρωτίστως στη διαχείριση ηλεκτρονικών αρχείων υγείας (EHR) με επίκεντρο τον ασθενή. Στοχεύει να επιτρέψει στους ασθενείς να έχουν τον έλεγχο των ιατρικών τους δεδομένων, διασφαλίζοντας παράλληλα την ασφάλεια και το απόρρητο των πληροφοριών μέσω της τεχνολογίας blockchain. Βασικό χαρακτηριστικό λοιπόν, είναι η πρόσβαση και διαχείριση ηλεκτρονικών αρχείων υγείας ελεγχόμενη από τον ασθενή.

Μια βασική αδυναμία μπορεί να θεωρηθεί η περιορισμένη υιοθεσία. Η προσέγγιση με επίκεντρο τον ασθενή της MedRec βασίζεται στην ευρεία υιοθέτηση τόσο από τους ασθενείς όσο και από τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Η επίτευξη αυτής της υιοθέτησης μπορεί να είναι δύσκολη, ειδικά σε περιοχές με καθιερωμένα συστήματα διαχείρισης ηλεκτρονικών αρχείων υγείας, που ενδέχεται να μην ενσωματωθούν εύκολα με το MedRec. Υφίσταται ζήτημα και ως προς την επεκτασιμότητα, εφόσον όπως ισχύει σε πολλά συστήματα blockchain, καθώς αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών και των συναλλαγών, αυτό οδηγεί σε πιο αργούς χρόνους επεξεργασίας και αυξημένο κόστος.

### 2. KSI Blockchain

Το KSI Blockchain είναι μια λύση blockchain που είναι κυρίως γνωστή για τα ισχυρά χαρακτηριστικά κρυπτογραφικού ελέγχου ταυτότητας και ακεραιότητας δεδομένων. Ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης, δεν ειδικεύεται αποκλειστικά σε εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης. Βασικό χαρακτηριστικό επομένως, είναι η κρυπτογραφική ακεραιότητα και ασφάλεια.

Ωστόσο, τα ισχυρά κρυπτογραφικά χαρακτηριστικά του KSI Blockchain ενδέχεται να το καταστήσουν πιο δύσκολο για τους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης να το εφαρμόσουν και να το διατηρήσουν. Η πολυπλοκότητα των κρυπτογραφικών πρωτοκόλλων μπορεί να αποτρέψει ορισμένους χρήστες από την υιοθέτηση της τεχνολογίας.

Επιπλέον, λόγω του ότι δεν ειδικεύεται αποκλειστικά και μόνο σε εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης, μπορεί να μην είναι η ιδανική επιλογή για οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης που αναζητούν μια ολοκληρωμένη λύση με επίκεντρο τον ασθενή για τη διαχείριση EHR ή την παρακολούθηση φαρμάκων.

### 3. HealthChain

Το HealthChain εστιάζει στη σύνδεση ασθενών, πληρωτών και παρόχων στο ψηφιακό οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Ο πρωταρχικός του στόχος είναι να βελτιώσει τη διαχείριση φαρμάκων χρησιμοποιώντας βιομηχανικά πρότυπα, προηγμένες τεχνολογίες και την προώθηση της δέσμευσης των ασθενών. Βασικό χαρακτηριστικό είναι η διαχείριση φαρμάκων.

Βέβαια, ο χώρος της τεχνολογίας Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη είναι ανταγωνιστικός, με πολλά υπάρχοντα συστήματα EHR και διαχείρισης υγειονομικής περίθαλψης.

Ακόμη, η επίτευξη απρόσκοπτης διαλειτουργικότητας με τα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και τα EHR μπορεί να είναι μια σημαντική πρόκληση. Χωρίς συμβατότητα, η δυνατότητα του HealthChain να συνδέει ασθενείς, πληρωτές και παρόχους ενδέχεται να είναι περιορισμένη.

#### 4. Medicalchain

Το Medicalchain, όπως και το MedRec, δίνει έμφαση στα αρχεία υγείας που ελέγχονται από τους ασθενείς. Επιτρέπει στους ασθενείς να έχουν πρόσβαση, να ελέγχουν και να μοιράζονται τα ιατρικά τους δεδομένα με ασφάλεια. Υποστηρίζει επίσης διαβουλεύσεις τηλεϊατρικής και διαλειτουργικότητα δεδομένων υγείας. Βασικό χαρακτηριστικό είναι πως τα μητρώα υγείας είναι ελεγχόμενα από ασθενείς και ενσωματώνει την τηλεϊατρική.

Η ενθάρρυνση των ασθενών να αναλάβουν τον έλεγχο των αρχείων υγείας τους μπορεί να είναι πρόκληση. Οι ασθενείς μπορεί να διστάζουν να διαχειριστούν τα δεδομένα τους ή μπορεί να μη διαθέτουν τις τεχνικές γνώσεις, για να το κάνουν αποτελεσματικά.

Η ενσωμάτωση με την υπάρχουσα υποδομή υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να είναι περίπλοκη και δαπανηρή. Τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης συχνά βασίζονται σε συστήματα παλαιού τύπου, γεγονός που καθιστά δύσκολη την απρόσκοπτη σύνδεση του Medicalchain με αυτά τα συστήματα.

## 9.1 Συνοπτικά

Οι πλατφόρμες blockchain έχουν διαφορετικούς τομείς εστίασης και δυνατά σημεία στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Η MedRec και η Medicalchain επικεντρώνονται στον ασθενή, εστιάζοντας στη διαχείριση EHR και στα δεδομένα που ελέγχονται από τον ασθενή. Το HealthChain επικεντρώνεται στη βελτίωση της διαχείρισης φαρμάκων και στη σύνδεση των ενδιαφερόμενων μερών της υγειονομικής περίθαλψης, ενώ το KSI Blockchain παρέχει λύσεις ακεραιότητας δεδομένων και ασφάλειας, που μπορούν να εφαρμοστούν στην υγειονομική περίθαλψη και σε άλλους κλάδους. Η επιλογή της εκάστοτε πλατφόρμας από έναν οργανισμό, θα εξαρτηθεί από τις συγκεκριμένες ανάγκες και τους στόχους του.

Τέλος, κάθε μία από αυτές τις πλατφόρμες blockchain έχει το δικό της σύνολο πιθανών αδυναμιών. Αυτές οι αδυναμίες μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με παράγοντες όπως ο ανταγωνισμός στην αγορά, η υιοθέτηση από τους χρήστες, η πολυπλοκότητα και η διαλειτουργικότητα. Για να πετύχουν αυτές οι πλατφόρμες, πρέπει να αντιμετωπίσουν αυτές τις αδυναμίες, αξιοποιώντας παράλληλα τα δυνατά τους σημεία, προκειμένου να παρέχουν πολύτιμες λύσεις στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Επιπλέον, η επιτυχία αυτών των πλατφόρμων μπορεί να εξαρτάται από τις κανονιστικές αλλαγές και τα πρότυπα του κλάδου, τα οποία μπορούν να επηρεάσουν την υιοθέτηση και την ενσωμάτωσή τους στο οικοσύστημα της υγειονομικής περίθαλψης.

## Κεφάλαιο 10. Συζήτηση – Συμπεράσματα

Η διερεύνηση της χρήσης της τεχνολογίας blockchain στο πεδίο της διαχείρισης των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης αποδείχθηκε διαφωτιστική προσπάθεια, αποκαλύπτοντας μια πληθώρα δυνατοτήτων και εμποδίων. Στο πλαίσιο του συγκεκριμένου κεφαλαίου, θα γίνει διερεύνηση των πρωταρχικών σημείων που εξετάστηκαν και αναπτύχθηκαν εκτενώς εντός των ορίων της πτυχιακής. Στόχος είναι να αντληθούν συμπεράσματα από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, ενώ ταυτόχρονα θα στοχαστούμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των τεσσάρων περιπτώσεων και των γενικότερων προεκτάσεων που αναλύθηκαν, αναφορικά με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης (Scholl, et al., 2008).

### 10.1 Blockchain στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης

Η διερεύνηση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης αποκάλυψε μια μεθοδολογία που έχει τη δυνατότητα να αλλάξει ριζικά και συνολικά τον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Η θεμελιώδης κατανόηση της τεχνολογίας blockchain, όπως διευκρινίστηκε στο κεφάλαιο 2, υπογράμμισε τα πρωτοποριακά χαρακτηριστικά της, που περιλαμβάνουν την αποκέντρωση, την αμετάβλητη φύση, τη διαφάνεια και την κρυπτογραφική ασφάλεια. Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά αποτελούν συλλογικά τη θεμελιώδη βάση μιας λύσης που αντιμετωπίζει αποτελεσματικά τις διαρκείς προκλήσεις ως προς τη διατήρηση, την ασφάλεια και τη διάδοση των ιατρικών αρχείων στα συμβατικά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης.

Ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης, ο οποίος μασιίζεται από ιστορικές προκλήσεις όπως τα κατακερματισμένα δεδομένα, τα ζητήματα διαλειτουργικότητας και οι ανησυχίες για την προστασία της ιδιωτικής ζωής των ασθενών, βρίσκεται σε κατάσταση ετοιμότητας για μια μετασχηματιστική αλλαγή. Η αποκέντρωση που ενυπάρχει στην τεχνολογία blockchain καθιστά περιττή την ανάγκη για μια μοναδική κεντρική αρχή, παρέχοντας έτσι ένα αποκεντρωμένο σύστημα καταμεμημένου βιβλίου που διευκολύνει την ασφαλή αποθήκευση και ανάκτηση ιατρικών αρχείων. Αυτό σηματοδοτεί μια απόκλιση από τα συμβατικά διαχωρισμένα συστήματα που εμποδίζουν την ανταλλαγή δεδομένων και την επίτευξη μιας ολιστικής προοπτικής για την ευημερία των ασθενών (Carpece & Lorenzi, 2020).

Η αμεταβλητότητα, μια θεμελιώδης αρχή που είναι εγγενής στο σχεδιασμό της τεχνολογίας blockchain, χρησιμεύει ως κεντρικός μηχανισμός που εγγυάται τη διατήρηση των καταγεγραμμένων δεδομένων σε αμετάβλητη κατάσταση, διασφαλίζοντάς τα έτσι από κάθε παράνομη αλλοίωση ή μη εξουσιοδοτημένη τροποποίηση. Η ιδιότητα αυτή αφορά τις ανησυχίες γύρω από την ακεραιότητα των δεδομένων, τη μείωση πιθανών δόλιων δραστηριοτήτων, μη εξουσιοδοτημένων τροποποιήσεων και την εμφάνιση παραβιάσεων. Τόσο οι ασθενείς όσο και οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να έχουν μια αίσθηση βεβαιότητας για την ανόθευτη και ακριβή φύση των πληροφοριών από τις οποίες εξαρτώνται. Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η διαφάνεια, η οποία προκύπτει ως συνέπεια της καταμεμημένης φύσης της αλυσίδας μπλοκ, διευκολύνει τη δυνατότητα των εξουσιοδοτημένων οντοτήτων να έχουν άμεση πρόσβαση και να ανακτούν πανομοιότυπα

σύνολα πληροφοριών. Αυτή η διαφάνεια προάγει ένα περιβάλλον συνεργασίας μεταξύ των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, διασφαλίζοντας έτσι ότι όλοι οι ενδιαφερόμενοι φορείς λειτουργούν με ένα κοινό και ακριβές σύνολο δεδομένων. Αυτό αποτελεί μια αξιοσημείωτη αντιπαράθεση με τα συμβατικά συστήματα στα οποία οι αναντιστοιχίες στα δεδομένα και οι καθυστερήσεις στη διάδοση των πληροφοριών εμποδίζουν την παροχή αποτελεσματικών υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης στους ασθενείς.

Η κρυπτογραφική ασφάλεια, βασικό συστατικό της τεχνολογίας blockchain, χρησιμεύει για την ενίσχυση της διασφάλισης των δεδομένων των ασθενών με τη χρήση εξελιγμένων μεθοδολογιών κρυπτογράφησης. Το μέτρο αυτό χρησιμεύει στην προστασία των εμπιστευτικών πληροφοριών των ασθενών από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, παρέχοντας έτσι στους ασθενείς αυξημένο βαθμό εξουσίας στον καθορισμό των ατόμων που μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση στα δεδομένα τους. Η πραγμάτωση της ενδυνάμωσης των ασθενών υλοποιείται μέσω της ικανότητάς τους να παρέχουν ακριβείς εξουσιοδοτήσεις για την πρόσβαση στα δεδομένα, θέτοντας έτσι τα θεμέλια για ένα σύστημα υγειονομικής περίθαλψης που θα είναι περισσότερο επικεντρωμένο στον ασθενή. Μέσω της υιοθέτησης και ενσωμάτωσης της τεχνολογίας blockchain, ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης έχει τη δυνατότητα να αποκτήσει κι άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα. Η αύξηση της ακεραιότητας των δεδομένων δημιουργεί αυξημένη διαγνωστική ακρίβεια, τεκμηριωμένες διαβουλεύσεις σχετικά με τη θεραπεία και μειωμένα περιστατικά ιατρικών σφαλμάτων. Το φαινόμενο της ενδυνάμωσης των ασθενών διευκολύνεται αποτελεσματικά με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain, η οποία προσφέρει ισχυρά χαρακτηριστικά ιδιοκτησίας δεδομένων και ελέγχου πρόσβασης. Αυτό, με τη σειρά του, καλλιεργεί μια συνεργατική σχέση μεταξύ ασθενούς και παρόχου, όπου οι ασθενείς συμμετέχουν ενεργά στο δικό τους ταξίδι υγειονομικής περίθαλψης. Επιπλέον, η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain διευκολύνει τη βελτιστοποίηση της λειτουργικής αποδοτικότητας μέσω της αυτοματοποίησης των διοικητικών εργασιών, της επιτάχυνσης της επεξεργασίας των ασφαλιστικών απαιτήσεων και του μετριασμού της γραφειοκρατίας.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι αυτή η μετασχηματιστική προσέγγιση δεν στερείται των προκλήσεων που της αναλογούν. Οι προβληματισμοί σχετικά με την επεκτασιμότητα, η πολυπλοκότητα των κανονιστικών ρυθμίσεων και η ανάγκη για μια ισχυρή τεχνική υποδομή απαιτούν σχολαστική προσοχή. Η επιτυχής μετάβαση από τα συμβατικά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης σε πλατφόρμες με δυνατότητα blockchain απαιτεί σχολαστικό στρατηγικό σχεδιασμό και σημαντικές οικονομικές επενδύσεις (Scholl, et al., 2008).

## **10.2 Προοπτικές και προκλήσεις στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης**

Όπως αναλύεται στο κεφάλαιο 5, η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain παρουσιάζει πληθώρα πλεονεκτημάτων που αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τα διαρκή εμπόδια και τις ανεπάρκειες που επικρατούν στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Παρ' όλα αυτά, η διαδικασία επίτευξης αυτής της μεταμόρφωσης δεν στερείται των δικών της δυσκολιών, απαιτώντας μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία που αναγνωρίζει και αντιμετωπίζει τόσο τις προοπτικές όσο και τα εμπόδια.

Ένα από τα κύρια οφέλη έγκειται στην ασφαλή διαχείριση των ιατρικών φακέλων μέσω αποκεντρωμένων συστημάτων. Τα συμβατικά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης βασίζονται από την παρουσία κατακερματισμένων δεδομένων, τα οποία αποτελούν σημαντικό εμπόδιο στην επίτευξη ολοκληρωμένης φροντίδας των ασθενών. Η αξιοποίηση του αποκεντρωμένου βιβλίου της τεχνολογίας blockchain διευκολύνει τη δημιουργία ενός ασφαλούς αποθετηρίου για τα αρχεία ασθενών, παρέχοντας έτσι σε εξουσιοδοτημένες οντότητες το προνόμιο πρόσβασης σε μια ολοκληρωμένη και ακριβή απεικόνιση της κατάστασης της υγείας ενός ατόμου. Η υιοθέτηση μιας ασθενοκεντρικής προσέγγισης χρησιμεύει στη βελτιστοποίηση της παροχής υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης, διευκολύνοντας τον αποτελεσματικό καθορισμό στρατηγικών θεραπειών, ενώ ταυτόχρονα μετριάξει την πιθανότητα ιατρικών σφαλμάτων. Επιπρόσθετα, είναι ανάγκη να τονιστεί ότι η υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain δίνει σημαντική έμφαση στην έννοια της ενδυνάμωσης των ασθενών. Οι ασθενείς αποκτούν την εξουσία να ασκούν κυριαρχία επί των δεδομένων τους, διευκολύνοντας έτσι τη διακριτική διάδοση των πληροφοριών αποκλειστικά στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό όχι μόνο ενισχύει τη διατήρηση του απορρήτου των ασθενών, αλλά και καλλιεργεί μια προσέγγιση, όπου οι ασθενείς συμμετέχουν ενεργά στο δικό τους θεραπευτικό ταξίδι.

Η συγχώνευση χρονοσήμανσης και κρυπτογραφίας αντιμετωπίζει αποτελεσματικά καίριες ανησυχίες που αφορούν τη διατήρηση της ακεραιότητας των δεδομένων και την ενίσχυση της ασφάλειας. Με την εφαρμογή της χρονοσήμανσης, επιτυγχάνεται η καθιέρωση χρονολογικής σειράς για τις καταχωρίσεις δεδομένων, με αποτέλεσμα να μετριάζεται η πιθανότητα αναδρομικών τροποποιήσεων και να διατηρείται η απόλυτη ακρίβεια των ιατρικών αρχείων. Η κρυπτογραφία εξυπηρετεί τον ζωτικό σκοπό της διασφάλισης των δεδομένων των ασθενών, διατηρώντας έτσι την εμπιστευτικότητά τους και περιορίζοντας την πρόσβαση αποκλειστικά σε εξουσιοδοτημένες οντότητες. Αυτό, με τη σειρά του, μετριάξει αποτελεσματικά τους πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με μη εξουσιοδοτημένη είσοδο και παραβίαση της ασφάλειας των δεδομένων. Οι έξυπνες συμβάσεις, οι οποίες χρησιμεύουν ως βασικός πυλώνας της τεχνολογίας blockchain, διευκολύνουν την ενσωμάτωση της αυτοματοποίησης στις διοικητικές διαδικασίες. Η βελτιστοποίηση της διαχείρισης της συγκατάθεσης και των ασφαλιστικών απαιτήσεων, οι οποίες είναι συχνά επίπονες και χρονοβόρες διαδικασίες, μπορούν να εξορθολογιστούν αποτελεσματικά με την αξιοποίηση αυτοεκτελούμενων έξυπνων συμβάσεων. Η προαναφερθείσα προσέγγιση δε χρησιμεύει μόνο για τη μείωση του διοικητικού φόρτου, αλλά διευκολύνει και την ταχεία εκτέλεση των διαδικασιών, προωθώντας έτσι την αυξημένη αποτελεσματικότητα στην παροχή φροντίδας των ασθενών (Stančić & Bralić, 2021).

Βέβαια, η διαδικασία ενσωμάτωσης της τεχνολογίας blockchain στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης δε στερείται των εγγενών προκλήσεων. Το ζήτημα της επεκτασιμότητας, το οποίο αποτελεί θέμα ανησυχίας στο πλαίσιο των δικτύων blockchain, απαιτεί σχολαστική μελέτη, για να εξασφαλιστεί η ικανότητα του συστήματος να φιλοξενήσει μια διευρυμένη εισροή ιατρικών δεδομένων, διατηρώντας παράλληλα τα βέλτιστα επίπεδα απόδοσης. Οι τεχνικές περιπλοκές που σχετίζονται με τον σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής, τη μετάβαση των δεδομένων και την ενσωμάτωση με προϋπάρχοντα συστήματα απαιτούν βαθύ επίπεδο τεχνογνωσίας και κατανομή πόρων. Η ενσωμάτωση μιας τεχνολογίας όπως η blockchain σε έναν έντονα ρυθμιζόμενο κλάδο, όπως η υγειονομική περίθαλψη απαιτεί

προσεκτική μελέτη των κανονιστικών προσαρμογών. Κρίνεται αναγκαίο να διασφαλιστεί ότι οι τεχνολογικές εξελίξεις είναι σύμφωνες με τους ισχύοντες κανονισμούς και τα πλαίσια προστασίας της ιδιωτικής ζωής, όπως το HIPAA και ο GDPR, προκειμένου να παρακαμφθούν πιθανές νομικές επιπλοκές. Επίσης, η διαδικασία μετάβασης των παραδοσιακών συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης απαιτεί σημαντική διάθεση πόρων για την ανάπτυξη υποδομών και την παροχή ολοκληρωμένων προγραμμάτων κατάρτισης. Οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να υποβληθούν σε ολοκληρωμένη εκπαίδευση και κατάρτιση προκειμένου να αξιοποιήσουν με επάρκεια το νέο σύστημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η μετάβαση αυτή έχει τη δυνατότητα να διαταράξει τις καθιερωμένες ροές εργασίας.

Προκειμένου να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, είναι εξαιρετικά σημαντικό να υιοθετηθεί μια ολοκληρωμένη και περιεκτική προσέγγιση. Το εν λόγω έργο απαιτεί συνολική κατανόηση και αποδοχή των εγγενών δυνατοτήτων της τεχνολογίας, ενώ παράλληλα πρέπει να αναγνωριστούν και να αντιμετωπιστούν προληπτικά τα εμπόδια που παρουσιάζει. Ύψιστη σημασία έγκειται στην προώθηση της συνεργασίας μεταξύ επαγγελματιών στον τομέα του Blockchain, επαγγελματιών του τομέα της υγείας, φορέων χάραξης πολιτικής και νομικών εμπειρογνομόνων για τη διαμόρφωση στρατηγικών που μεγιστοποιούν αποτελεσματικά τα πλεονεκτήματα και ταυτόχρονα ελαχιστοποιούν τους πιθανούς κινδύνους (Øines & Jansen, 2017).

### **10.3 Αντιμέτωπιση κανονιστικών θεμάτων και θεμάτων συμμόρφωσης**

Η απρόσκοπτη ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης εξαρτάται από τη συμφωνία της με τα καθιερωμένα ρυθμιστικά πλαίσια. Στα κεφάλαια 6 και 7 παρουσιάστηκε μια ενδελεχής εξέταση της περίπλοκης δυναμικής μεταξύ της τεχνολογίας blockchain και δύο κομβικών ρυθμιστικών πλαισίων, δηλαδή του νόμου περί φορητότητας και λογοδοσίας της ασφάλισης υγείας (Health Insurance Portability and Accountability Act - HIPAA) και του γενικού κανονισμού για την προστασία των δεδομένων (GDPR). Η αξιοποίηση της τεχνολογίας blockchain υπόσχεται την ενίσχυση της ασφάλειας των δεδομένων και τη χορήγηση στους ασθενείς μεγαλύτερου ελέγχου επί των πληροφοριών τους. Ωστόσο, είναι επιτακτική ανάγκη να επιτευχθεί μια σχολαστική ισορροπία για να εξασφαλιστεί η τήρηση των αυστηρών κανονιστικών πλαισίων.

Τα εγγενή χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain, δηλαδή η διαφάνεια και η αμεταβλητότά της, χρησιμεύουν για τη διατήρηση της ακεραιότητας των δεδομένων και την ενίσχυση της ενδυνάμωσης των ασθενών. Παρόλα αυτά, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι αυτά ακριβώς τα χαρακτηριστικά μπορούν να δημιουργήσουν προκλήσεις, όταν πρόκειται για την τήρηση ρυθμιστικών πλαισίων όπως ο Γενικός Κανονισμός για την Προστασία Δεδομένων (GDPR). Η έννοια του "δικαιώματος στη διαγραφή", η οποία αποτελεί θεμελιώδους σημασίας για τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR), παρουσιάζει μια αξιοσημείωτη σύγκρουση, όταν αντιπαραβάλλεται με την εγγενή αμετάβλητη φύση της τεχνολογίας blockchain. Μόλις τα δεδομένα καταγραφούν στην αλυσίδα μπλοκ, καθίστανται αμετάβλητα και αδιαπέραστα από αναδρομική διαγραφή ή τροποποίηση. Η κατάσταση αυτή θέτει ένα δίλημμα, όπου οι δυνατότητες της τεχνολογίας έρχονται σε άμεση αντίθεση με τις εντολές που θέτουν οι ρυθμιστικοί φορείς. Στο πλαίσιο



της διασυνοριακής μεταφοράς δεδομένων, ιδίως στο πλαίσιο δικτύων blockchain με πολλές δικαιοδοσίες, η διασφάλιση της συμμόρφωσης με τον Γενικό Κανονισμό για την Προστασία Δεδομένων (GDPR) αποτελεί μια σύνθετη πρόκληση. Η ανάγκη σχολαστικής διαβούλευσης προκύπτει από την ύπαρξη διαφορετικών κανονισμών προστασίας δεδομένων σε διαφορετικές δικαιοδοσίες, που απαιτούν τη μέγιστη δυνατή προσοχή, ώστε να διασφαλιστεί η νόμιμη και ασφαλής διαβίβαση και επεξεργασία των δεδομένων των ασθενών.

Η επίλυση αυτών των περίπλοκων κανονιστικών προκλήσεων και προκλήσεων συμμόρφωσης απαιτεί την υιοθέτηση μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής που θα περιλαμβάνει τεχνολογικές εξελίξεις, νομική οξυδέρκεια και πρωτοποριακές λύσεις. Ο ρόλος του σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής είναι εξαιρετικά σημαντικός, καθώς αφορά την εφαρμογή μηχανισμών που δίνουν προτεραιότητα στην προστασία της ιδιωτικής ζωής. Η επιτακτική ανάγκη συνεργασίας με νομικούς εμπειρογνώμονες δε μπορεί να υπερεκτιμηθεί, καθώς αποτελεί κρίσιμο μηχανισμό για την εξακρίβωση της ευθυγράμμισης του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού με τα ισχύοντα κανονιστικά πλαίσια. Χρειάζεται να ενσωματωθούν ρητοί και σαφείς μηχανισμοί συγκατάθεσης στα συστήματα blockchain, προκειμένου να προσδώσουν στους ασθενείς εξουσία και αυτονομία επί των δεδομένων τους. Η προσαρμοστικότητα αυτών των μηχανισμών είναι σημαντική, καθώς επιτρέπει στους ασθενείς να ασκούν την εξουσία τους για τη χορήγηση και την ανάκληση της συγκατάθεσης σύμφωνα με τις ατομικές τους απαιτήσεις. Επιπλέον, η εφαρμογή της κρυπτογράφησης δεδομένων, μπορεί να χρησιμεύσει ως πρόσθετο μέτρο για τη συνολική ασφάλεια των δεδομένων των ασθενών. Σε ένα πλαίσιο πολλαπλών δικαιοδοσιών, τα δίκτυα blockchain διαθέτουν την ικανότητα να ενσωματώνουν μηχανισμούς που επιτρέπουν την αποθήκευση και την επεξεργασία δεδομένων σε ευθυγράμμιση με τους σχετικούς τοπικούς κανονισμούς. Το έργο αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη διαδικασία τμηματοποίησης των δεδομένων ανάλογα με τις γεωγραφικές περιοχές, την αποκλειστική εξουσιοδότηση πρόσβασης σε καθορισμένες δικαιοδοσίες και την εφαρμογή μέτρων κρυπτογράφησης για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων κατά τη διάρκεια διασυνοριακών μεταφορών (Gökalp, Çoban, & Eren, 2018).

#### **10.4 Μελέτες περίπτωσης: Μετασχηματισμός πρακτικών υγειονομικής περίθαλψης**

Η αρχική μελέτη περίπτωσης διευκρίνισε την εφαρμογή ισχυρών και συμβατών ηλεκτρονικών αρχείων υγείας (EHR) μέσω της τεχνολογίας blockchain. Αυτή η προτεινόμενη λύση επιδιώκει να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά το ζήτημα των κατακερματισμένων δεδομένων ασθενών που είναι διασκορπισμένα μεταξύ διαφορετικών παρόχων υγειονομικής περίθαλψης. Η αποκεντρωμένη και διαφανής φύση της τεχνολογίας blockchain εγγυάται την ασφαλή αποθήκευση και την εξουσιοδοτημένη προσβασιμότητα των πληροφοριών των ασθενών, διευκολύνοντας έτσι την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων και την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων στο πεδίο της θεραπείας. Το φαινόμενο αυτό όχι μόνο ενισχύει την ποιότητα της περίθαλψης των ασθενών, αλλά δίνει επίσης τη δυνατότητα στα άτομα να διεκδικήσουν την εξουσία επί των δεδομένων υγείας τους.

Η μελέτη περίπτωσης που ακολούθησε, έριξε φως στις εγγενείς δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain για την αύξηση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας των κλινικών

δοκιμών και της διαχείρισης των ερευνητικών δεδομένων. Με την αξιοποίηση της τεχνολογίας blockchain, επιτυγχάνεται η διασφάλιση της διαφάνειας και της ακεραιότητας των δεδομένων μέσω της σχολαστικής καταγραφής των ερευνητικών δεδομένων, των πρωτοκόλλων των δοκιμών και των εντύπων συγκατάθεσης. Οι έξυπνες συμβάσεις διευκολύνουν την αυτοματοποίηση της επαλήθευσης της συγκατάθεσης και της ανταλλαγής δεδομένων, βελτιστοποιώντας και επιταχύνοντας έτσι την ερευνητική διαδικασία. Οι εγγενείς ιδιότητες της διαφάνειας και της αυτοματοποίησης διαθέτουν τη δυνατότητα να επιταχύνουν την ιατρική πρόοδο και να ενισχύσουν την επιστημονική συνεργασία, καταλήγοντας τελικά σε βελτιωμένες θεραπευτικές εναλλακτικές λύσεις για τους ασθενείς. Η τρίτη μελέτη περίπτωσης διασαφήνισε το σημαντικό θέμα των πλαστών φαρμάκων μέσω της ανάπτυξης της τεχνολογίας blockchain. Με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain για την ανίχνευση της πλήρους διαδρομής των συνταγογραφούμενων φαρμάκων, μπορεί κανείς να διασφαλίσει τη μέγιστη αυθεντικότητα και ασφάλεια. Η εφαρμογή της σάρωσης κωδικών QR επιτρέπει στους ασθενείς να πιστοποιούν την αυθεντικότητα των φαρμακευτικών προϊόντων, αντιμετωπίζοντας έτσι αποτελεσματικά τους πιθανούς κινδύνους που σχετίζονται με τα πλαστά φάρμακα. Η προτεινόμενη λύση εμφανίζει πολλά υποσχόμενες δυνατότητες όσον αφορά τον μετριασμό των ποσοστών θνησιμότητας, διασφαλίζοντας έτσι ότι τα άτομα που αναζητούν ιατρική βοήθεια λαμβάνουν αυθεντικές και αποτελεσματικές θεραπευτικές παρεμβάσεις.

Η τέταρτη μελέτη περίπτωσης διερεύνησε την έννοια των αγορών εξατομικευμένων δεδομένων υγείας, όπου οι ασθενείς διαθέτουν την εξουσία να διαδίδουν τα δεδομένα υγείας τους σε ερευνητές, ασφαλιστές και φαρμακευτικές εταιρείες. Η αποκεντρωμένη φύση της τεχνολογίας blockchain διασφαλίζει ότι οι ασθενείς διατηρούν την κυριότητα των δεδομένων τους, διευκολύνοντας έτσι την εφαρμογή εξατομικευμένων θεραπειών με βάση τα δεδομένα. Αυτή η πρωτοποριακή καινοτομία προαναγγέλλει την έλευση μιας νέας εποχής όπου οι ασθενείς συμμετέχουν ενεργά στην έρευνα στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης και συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης.

## **10.5 Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη**

Κατά τη διάρκεια της παρούσας μελέτης, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που είναι εγγενή στην τεχνολογία blockchain αναδείχθηκαν ως εξέχοντα σημεία εστίασης. Η ικανότητα αποτελεσματικής διαχείρισης ιατρικών αρχείων με ασφαλή τρόπο, η αύξηση της διαφάνειας στις κλινικές δοκιμές, η επαλήθευση της αυθεντικότητας των συνταγογραφούμενων φαρμάκων, η διευκόλυνση των αγορών εξατομικευμένων δεδομένων υγείας και η βελτιστοποίηση της τηλεϊατρικής αποτελούν παράδειγμα της βαθιάς και εκτεταμένης επιρροής που ασκεί η τεχνολογία blockchain σε διάφορες πτυχές του κλάδου της υγειονομικής περίθαλψης. Οι προαναφερθείσες μελέτες περίπτωσης αποκάλυψαν ένα μέλλον που υπόσχεται πολλά, όπου οι ασθενείς αποκτούν εξουσία, τα δεδομένα διασφαλίζονται και οι λειτουργικές διαδικασίες βελτιστοποιούνται, θέτοντας έτσι τα θεμέλια για μια επερχόμενη εποχή που χαρακτηρίζεται από την ασθενοκεντρική υγειονομική περίθαλψη. Ωστόσο, αυτή η αποστολή δε στερείται εμποδίων. Είναι αναγκαίο να αναγνωρισθεί και να αντιμετωπιστεί η πολύπλευρη φύση της επεκτασιμότητας, της κανονιστικής ευθυγράμμισης και των τεχνικών περιπλοκών. Η επιτακτική ανάγκη διατήρησης ισορροπίας μεταξύ της επεκτασιμότητας των δικτύων blockchain και του ακατάπαυστα

διογκούμενου μεγέθους των ιατρικών δεδομένων είναι υψίστης σημασίας. Η κανονιστική συμμόρφωση, με παράδειγμα την τήρηση του HIPAA και του GDPR, απαιτεί σχολαστικούς ελιγμούς, για να εξασφαλιστεί ότι οι τεχνολογικές πτυχές ευθυγραμμίζονται αρμονικά με τις προϋπάρχουσες εντολές προστασίας της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας. Η παρουσία περίπλοκων τεχνικών περιπλοκών υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη για άτομα που διαθέτουν εξειδικευμένες γνώσεις και δεξιότητες να συμμετάσχουν σε συνεργατικές προσπάθειες με στόχο τη σύλληψη και την ανάπτυξη αρχιτεκτονικών που εξισορροπούν αποτελεσματικά τη λειτουργικότητα και την τήρηση των κανονιστικών προτύπων (Usman & Qamar, 2020).

Στη συνεχιζόμενη πορεία του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain έχει τη δυνατότητα να εγκαινιάσει ένα μέλλον στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η συγχώνευση της διαφάνειας, της αποτελεσματικότητας και της ενδυνάμωσης των ασθενών. Οι ασθενείς θα διαθέτουν εξουσία στη διαχείριση των δεδομένων υγείας τους, οι ερευνητές θα συμμετέχουν σε ενισχυμένη συνεργασία και οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης θα παρέχουν βελτιστοποιημένες και προσαρμοσμένες υπηρεσίες φροντίδας. Το μετασχηματιστικό δυναμικό της αλυσίδας μπλοκ παρέχει μια ματιά σε ένα μέλλον όπου η τεχνολογία θα ενισχύει την ευημερία των ατόμων και όπου ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης θα προσαρμόζεται, ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τις προσδοκίες των ασθενών (Yoon, 2019).

## **Κεφάλαιο 11. Περιορισμοί**

Το παρόν ερευνητικό εγχείρημα έδωσε φως και στους περιορισμούς της τεχνολογίας blockchain, που χρειάζεται να αναγνωριστούν, μέσα από τους οποίους όμως παρουσιάζονται και ευκαιρίες για μελλοντικές έρευνες, που μπορούν να διερευνήσουν περαιτέρω τα ανεξερεύνητα πεδία αυτής της δυναμικής τεχνολογίας, στον τομέα της υγείας (Bell, Buchanan, Cameron, & Lo, 2018).

### **11.1 Περιορισμοί του πεδίου εφαρμογής**

Ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης παρουσιάζει μεγάλη έκταση, περιλαμβάνοντας μια πληθώρα τομέων, ειδικοτήτων και γεωγραφικών περιοχών σε παγκόσμια κλίμακα. Η παρούσα έρευνα έχει επικεντρωθεί κυρίως σε καίριους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των ηλεκτρονικών αρχείων υγείας, των κλινικών δοκιμών, της παρακολούθησης φαρμάκων, των αγορών δεδομένων και της τηλεϊατρικής. Η εξέταση των επιπτώσεων της τεχνολογίας blockchain σε διάφορες πτυχές του κλάδου της υγειονομικής περίθαλψης, όπως η διαχείριση των ιατρικών συσκευών, η επεξεργασία των ασφαλιστικών απαιτήσεων και η εφαρμογή πρωτοβουλιών για τη δημόσια υγεία, έχει τη δυνατότητα να αποδώσει πολύτιμες γνώσεις που αφορούν έναν ολιστικό μετασχηματισμό της υγειονομικής περίθαλψης.

Η τεχνολογία blockchain, αν και διαθέτει μετασχηματιστικές δυνατότητες, δεν είναι απρόσβλητη από διάφορες τεχνικές προκλήσεις. Η επεκτασιμότητα, η ενεργειακή αποδοτικότητα και η διαλειτουργικότητα αναδεικνύονται ως σημαντικές πτυχές με εκτεταμένες επιπτώσεις για την εκτεταμένη ενσωμάτωση της εν λόγω τεχνολογίας στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Μπορούν να διεξαχθούν πρόσθετες έρευνες για τη διερεύνηση νέων μεθοδολογιών που αποσκοπούν στο μετριασμό αυτών των περιορισμών, διευκολύνοντας έτσι μια πιο βιώσιμη και συνεκτική αφομοίωση της τεχνολογίας blockchain εντός των υποδομών υγειονομικής περίθαλψης (Bell, Buchanan, Cameron, & Lo, 2018).

### **11.2 Ρυθμιστικά πλαίσια**

Η παρούσα μελέτη ασχολήθηκε με ρυθμιστικά πλαίσια όπως ο νόμος περί φορητότητας και λογοδοσίας της ασφάλισης υγείας (HIPAA) και τον γενικό κανονισμό για την προστασία των δεδομένων (GDPR). Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι περιφερειακοί και ανά χώρα κανονισμοί επηρεάζουν σημαντικά το τοπίο της διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Μια ολοκληρωμένη εξέταση των κανονιστικών εμποδίων που συναντώνται σε διάφορες δικαιοδοσίες, σε συνδυασμό με προσεγγίσεις για την ευθυγράμμιση της τεχνολογίας blockchain με τα καθιερωμένα πλαίσια, έχει τη δυνατότητα να αποδώσει πολύτιμες προοπτικές για τον αποτελεσματικό ελιγμό μέσα στα νομικά πλαίσια (Bell, Buchanan, Cameron, & Lo, 2018).

### **11.3 Απόρρητο και δεοντολογικά ζητήματα**

Τα διαφανή και αμετάβλητα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain οδηγούν σε σύγκλιση με ζητήματα προστασίας της ιδιωτικής ζωής, δημιουργώντας έτσι ερωτήματα σχετικά με τη συγκατάθεση των ασθενών, την κυριότητα των δεδομένων και το δικαίωμα διαγραφής. Οι επακόλουθες έρευνες μπορούν να κατευθυνθούν προς την εξέταση των

τεχνολογιών ενίσχυσης της ιδιωτικής ζωής που μπορούν να συμπληρώσουν αποτελεσματικά την αλυσίδα μπλοκ. Η προσπάθεια αυτή συνεπάγεται τη διερεύνηση μεθοδολογιών όπως η ψευδωνυμοποίηση δεδομένων, με στόχο την επίτευξη μιας αρμονικής ισορροπίας μεταξύ της ασφάλειας των δεδομένων και της διασφάλισης της ιδιωτικής ζωής των ασθενών.

Η επιτυχής εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης απαιτεί όχι μόνο τη βαθιά κατανόηση των τεχνολογικών πτυχών, αλλά και την επιδεξιότητα στη διαχείριση της αλλαγής, την ολοκληρωμένη κατάρτιση και την ενεργό συμμετοχή των ενδιαφερομένων μερών. Μια ολοκληρωμένη έρευνα με επίκεντρο τα εμπόδια και τις προσεγγίσεις που αφορούν την ομαλή συγχώνευση, σε συνδυασμό με υποδειγματικά παραδείγματα εφαρμογής της αλυσίδας μπλοκ σε πραγματικά περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης, θα απέδιδε ανεκτίμητες προοπτικές για τα ιδρύματα υγείας και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής (Nehme, El Sibai, Bou Abdo, Taylor, & Demerjian, 2021).

#### **11.4 Οικονομικές επιπτώσεις**

Η χρήση της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης παρουσιάζει πολλά υποσχόμενες προοπτικές για τη βελτιστοποίηση των επιχειρησιακών διαδικασιών, το μετριασμό των οικονομικών επιβαρύνσεων και την αύξηση της συνολικής αποτελεσματικότητας. Ωστόσο, οι ακριβείς οικονομικές επιπτώσεις αυτής της εφαρμογής στον τομέα της υγείας απαιτούν περαιτέρω επιστημονική διερεύνηση. Μπορεί να δικαιολογείται πρόσθετη έρευνα για τη διερεύνηση των οικονομικών επιπτώσεων που συνδέονται με την υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain. Η έρευνα αυτή θα περιλάμβανε την αξιολόγηση της απόδοσης της επένδυσης, της αποδοτικότητας και της διαρκούς βιωσιμότητας τέτοιων εφαρμογών (Nehme, El Sibai, Bou Abdo, Taylor, & Demerjian, 2021).

#### **11.5 Προοπτικές των ασθενών**

Η κύρια εστίαση της παρούσας μελέτης περιστράφηκε κυρίως γύρω από την εξέταση του αντίκτυπου της τεχνολογίας blockchain, τόσο από τεχνική όσο και από ρυθμιστική πλευρά. Οι μελλοντικές έρευνες μπορούν να επιδιώξουν να ενισχύσουν τις φωνές και τις προοπτικές των ασθενών, εμβαθύνοντας στις στάσεις τους σχετικά με την κοινή χρήση δεδομένων υγείας σε πλατφόρμες blockchain. Αυτή η γραμμή έρευνας θα περιλάμβανε τις προσδοκίες τους για την προστασία της ιδιωτικής ζωής, καθώς και τα αντιληπτά οφέλη και τις ανησυχίες που σχετίζονται με αυτή την τεχνολογική αλλαγή.

Το μετασχηματιστικό δυναμικό της αλυσίδας μπλοκ εκτείνεται πέρα από την αρχική εφαρμογή της. Η διεξαγωγή έρευνας σχετικά με τη διαρκή αποτελεσματικότητα, τη βιωσιμότητα και την προσαρμοστικότητα των λύσεων υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται στην τεχνολογία blockchain θα παρείχε πολύτιμες προοπτικές σχετικά με το βαθμό στον οποίο αυτές οι εξελίξεις διαρκούν με την πάροδο του χρόνου και συμβάλλουν σε μια διαρκή και ευεργετική επίδραση στη φροντίδα των ασθενών και στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης (Esmailzadeh & Mirzaei, 2019).

## 11.6 Δρόμοι για περαιτέρω διερεύνηση

Οι προαναφερθέντες περιορισμοί παρουσιάζουν ευοίωνες προοπτικές για μελλοντικές έρευνες στη διασταύρωση της τεχνολογίας blockchain και του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Παρουσιάζεται μια δελεαστική πρόκληση για τους ερευνητές να μελετήσουν τις περίπλοκες πλευρές του Blockchain ως προς τη διαχείριση ιατρικών φακέλων, να προτείνουν πρωτοποριακές λύσεις και να συμβάλουν στην ολοκληρωμένη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το blockchain έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει την πορεία της υγειονομικής περίθαλψης στο μέλλον. Αναγνωρίζοντας και επιδιώκοντας να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί, οι επόμενες έρευνες μπορούν να αναπτύξουν περαιτέρω το υπόβαθρο που δημιουργήθηκε από την παρούσα μελέτη, ανοίγοντας τελικά το δρόμο προς ένα ολοκληρωμένο οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης που ενσωματώνει αρμονικά τις τεχνολογικές εξελίξεις, την ευημερία των ασθενών και τις καινοτόμες μεθοδολογίες υγειονομικής περίθαλψης (Esmailzadeh & Mirzaei, 2019).

## Κεφάλαιο 12. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα και εφαρμογή

Η διερεύνηση των διαχρονικών μελετών έχει ύψιστη σημασία για τη διαλεύκανση των διαρκών συνεπειών της εφαρμογής της αλυσίδας μπλοκ στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Μέσω της σχολαστικής παρακολούθησης της εξέλιξης των εφαρμογών blockchain σε παρατεταμένες χρονικές περιόδους, οι μελετητές είναι σε θέση να τεκμηριώσουν όχι μόνο τα άμεσα πλεονεκτήματα, αλλά και τα διαρκή οφέλη, τα έξοδα και τα εμπόδια. Η αξιοποίηση μιας εμπειρικής προσέγγισης θα αποφέρει μια πιο ακριβή και ολοκληρωμένη αναπαράσταση του αντίκτυπου της τεχνολογίας blockchain στην αναδιάρθρωση των συστημάτων διαχείρισης αρχείων υγειονομικής περίθαλψης.

Επιπλέον, αξίζει να τονιστεί η σημασία της διεπιστημονικής συνεργασίας. Η προώθηση συνεργατικών συμμαχιών μεταξύ τεχνολόγων, επαγγελματιών του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, νομικών εμπειρογνομόνων, φορέων χάραξης πολιτικής και ασθενών αναδεικνύεται ως μια κομβική οδός για την προώθηση της καινοτομίας. Οι συνεργατικές προσπάθειες αυτής της φύσης δε χρησιμεύουν μόνο για την αντιμετώπιση των περιπλοκών τεχνολογικών πτυχών, αλλά ρίχνουν επίσης φως στις ηθικές, ρυθμιστικές και ανθρώπινες πτυχές που συνδέονται με την υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain. Κατά συνέπεια, οι προσπάθειες αυτές αποδίδουν ολοκληρωμένες λύσεις που βρίσκουν απήχηση σε ένα ευρύ φάσμα ενδιαφερομένων. Η διενέργεια συγκριτικών αναλύσεων διαφόρων πλατφόρμων, αρχιτεκτονικών και περιπτώσεων χρήσης blockchain παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές. Με τη διεξαγωγή αξιολογήσεων που βασίζονται σε εμπειρικά στοιχεία, οι οργανισμοί μπορούν να λάβουν συνετές αποφάσεις κατά τη διαδικασία επιλογής της καταλληλότερης λύσης blockchain για τα ξεχωριστά σενάρια υγειονομικής περίθαλψης. Μέσω μιας ολοκληρωμένης κατανόησης των εγγενών δυνατοτήτων και περιορισμών που σχετίζονται με κάθε ξεχωριστή μεθοδολογία, οι ενδιαφερόμενοι φορείς διαθέτουν την ικανότητα να προσαρμόζουν επιδέξια την αφομοίωση της τεχνολογίας blockchain σύμφωνα με τις μοναδικές και συγκεκριμένες απαιτήσεις τους.

Η σημασία της εκπαίδευσης και της δέσμευσης των ασθενών είναι ύψιστης σημασίας. Η υλοποίηση προσπαθειών που εξυπηρετούν τη γεφύρωση του υφιστάμενου χάσματος μεταξύ των ασθενών και της τεχνολογίας blockchain είναι υψίστης σημασίας προκειμένου να καλλιεργηθεί η εμπιστοσύνη, η κατανόηση και η ενεργός εμπλοκή. Η διάδοση γνώσεων στους ασθενείς σχετικά με την αύξηση της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας των δεδομένων μέσω της τεχνολογίας blockchain, παράλληλα με την παροχή σαφούς επικοινωνίας που θα διευκρινίζει τις αντίστοιχες ευθύνες τους σε αυτό το πλαίσιο, θα προσδώσει στους ασθενείς την ικανότητα να αποδεχτούν τις προσπάθειες που αφορούν την κοινή χρήση δεδομένων, ενισχυμένοι από ένα αίσθημα βεβαιότητας. Καθώς η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain συνεχίζεται στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, είναι ανάγκη να δοθεί προτεραιότητα στις ηθικές εκτιμήσεις. Ο θεμελιώδης χαρακτήρας της διερεύνησης των ηθικών επιπτώσεων που απορρέουν από τον αντίκτυπο της τεχνολογίας blockchain στην ιδιοκτησία δεδομένων, τη διαχείριση της συναίνεσης και την ισότιμη πρόσβαση στα δεδομένα δε μπορεί να υπερτονιστεί. Μέσω της εφαρμογής σχολαστικών εξετάσεων, οι ερευνητές διαθέτουν την ικανότητα να εγγυηθούν την αρμονική ευθυγράμμιση της

τεχνολογίας με τις ηθικές αρχές, προωθώντας έτσι την προώθηση της αυτονομίας των ασθενών και την καλλιέργεια της κοινωνικής εμπιστοσύνης (Tandon, Dhir, Islam, & Mäntymäki, 2020).

Χρειάζεται παγκόσμια συνεργασία για τη θέσπιση προτύπων, λαμβάνοντας υπόψη την εγγενή ικανότητα της τεχνολογίας blockchain να υπερβαίνει τα γεωγραφικά σύνορα. Η καθιέρωση τυποποιημένων πρωτοκόλλων για την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης διευκολύνει την προώθηση της ομοιομορφίας, της διαλειτουργικότητας και της τήρησης των κανονιστικών πλαισίων σε διάφορες δικαιοδοσίες. Η διαδικασία εναρμόνισης διευκολύνει τη δημιουργία ενός πλαισίου που επιτρέπει την ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων πέρα από τα σύνορα, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζει τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές υποχρεώσεις. Επιπλέον, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain με την τεχνητή νοημοσύνη, το Internet of Things (IoT) και τα διαλειτουργικά πρότυπα δεδομένων υγείας έχει τη δυνατότητα να τονώσει την απaráμλλη πρόοδο στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Οι προαναφερθείσες ενσωματώσεις διαθέτουν την καθοριστική ικανότητα να βελτιώσουν την παροχή φροντίδας στους ασθενείς, να διευκολύνουν τις προόδους στην κλινική έρευνα και να επιτρέψουν την απομακρυσμένη παρακολούθηση της υγείας των ασθενών (Hussien, Yasin, Udzir, Zaidan, & Zaidan, 2019).

Η διερεύνηση των δυνατοτήτων της αλυσίδας μπλοκ για την αντιμετώπιση των κενών πρόσβασης στην υγειονομική περίθαλψη δικαιολογεί μια επιμελή και αυστηρή επιδίωξη. Η ευγενής επιδίωξη έγκειται στη διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο η τεχνολογία blockchain μπορεί να ενδυναμώσει τους περιθωριοποιημένους πληθυσμούς, να διευκολύνει τη διασυννοριακή περίθαλψη των ασθενών και να επιτρέψει τη δίκαιη διανομή της ιατρικής βοήθειας σε υποβαθμισμένες περιοχές. Το εγχείρημα αυτό είναι σύμφωνο με τον στόχο της καλλιέργειας ενός ολοκληρωμένου οικοσυστήματος υγειονομικής περίθαλψης που διασφαλίζει την ένταξη όλων των ατόμων. Η πραγματική δοκιμασία για την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας blockchain βρίσκεται στη σφαίρα των πειραμάτων πρακτικής εφαρμογής. Οι προαναφερθείσες δοκιμές παρέχουν ανεκτίμητες γνώσεις σχετικά με τις πρακτικές προκλήσεις και τους θριάμβους που συνδέονται με την ενσωμάτωση των λύσεων blockchain στο πεδίο της υγειονομικής περίθαλψης. Μέσω της απόκτησης πρακτικής εμπειρίας, οι ενδιαφερόμενοι έχουν την ευκαιρία να βελτιώσουν τις στρατηγικές, να εντοπίσουν απρόβλεπτα εμπόδια και να αυξήσουν τη συνολική αποτελεσματικότητα της υιοθέτησης της αλυσίδας μπλοκ (Yaqoob, Salah, Jayaraman, & Al-Hammadi, 2021).

## 12.1 Προτάσεις βελτίωσης

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας Blockchain επιφυλάσσει πολλές ευκαιρίες για τη βελτίωση της διαχείρισης των ιατρικών δεδομένων των ασθενών. Έχει τη δυνατότητα να αυξήσει τη διαλειτουργικότητα, να παρέχει στους ασθενείς μεγαλύτερο έλεγχο των πληροφοριών υγείας τους και να ενισχύσει την ασφάλεια των δεδομένων. Είναι ζωτικής σημασίας ο σχεδιασμός της εφαρμογής της στο οικοσύστημα της υγειονομικής περίθαλψης, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν αυτές οι δυνατότητες και να αναδειχθούν τα πραγματικά πλεονεκτήματα της τεχνολογίας. Η παρούσα συζήτηση περιγράφει σημαντικές συστάσεις που μπορούν να ενθαρρύνουν την αποτελεσματική χρήση της Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη, μαζί με παραδείγματα για το πώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση των ιατρικών πληροφοριών των ασθενών.



Η βελτίωση της γνώσης και της ευαισθητοποίησης μεταξύ των ενδιαφερομένων αποτελεί το θεμέλιο αυτού του επαναστατικού εγχειρήματος. Οι ασθενείς, οι διοικητικοί υπάλληλοι και οι επαγγελματίες του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης χρειάζονται ενδελεχή κατανόηση της τεχνολογίας Blockchain. Η δυνητική σημασία της μπορεί να αναδειχθεί με την παροχή εστιασμένων εκπαιδευτικών συνεδριών που αποσαφηνίζουν τις βασικές αρχές, τα πλεονεκτήματα και τις πρακτικές εφαρμογές της στη διαχείριση ιατρικών αρχείων. Αυτό μπορεί να καλύψει το κενό πληροφόρησης και να δώσει στους ενδιαφερόμενους την ευκαιρία να επιλέξουν με σύνεση κατά την ενσωμάτωση της τεχνολογίας Blockchain. Επιπλέον, η τυποποίηση και η ομαδική εργασία ξεχωρίζουν ως βασικοί παράγοντες. Ο πολύπλοκος και πολυδιάστατος τομέας της υγειονομικής περίθαλψης απαιτεί συνεργασία μεταξύ των οργανισμών υγείας, των παρόχων τεχνολογίας και των κυβερνητικών φορέων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να αναπτυχθούν πρότυπα σε επίπεδο κλάδου για συστήματα ιατρικών αρχείων που βασίζονται σε blockchain. Δημιουργούνται διαλειτουργικοί κανόνες, που ανοίγουν το δρόμο για την ανταλλαγή δεδομένων ομαλά, εγγυώνται τη συνοχή μεταξύ των διαφόρων υλοποιήσεων και ενισχύουν την αξιοπιστία της τεχνολογίας (Wang, Wu, Wang, & Shou, 2017).

Η έναρξη με μέτριες πιλοτικές πρωτοβουλίες είναι επίσης ζωτικής σημασίας ως στρατηγική για την πρακτική επικύρωση. Οι πρωτοβουλίες αυτές μπορούν να καταδείξουν τη βιωσιμότητα και τις επιπτώσεις της τεχνολογίας blockchain για τη διαχείριση των ιατρικών φακέλων. Ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να λάβει διορατικές πληροφορίες και να βελτιώσει τις στρατηγικές για ευρύτερη υιοθέτηση, περιγράφοντας τις επιτυχίες και τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά την πιλοτική ανάπτυξη (Lim, Li, Wang, & Tseng, 2021).

Ο ρυθμιστικός λαβύρινθος του κλάδου της υγειονομικής περίθαλψης υπογραμμίζει την ανάγκη για ενημερωμένους νομικούς συμβούλους. Η συνεργασία με επαγγελματίες νομικούς μπορεί να διευκολύνει τη δημιουργία των πλαισίων που απαιτούνται για τη συμμόρφωση των συστημάτων ιατρικών αρχείων που βασίζονται σε blockchain με τα αυστηρά πρότυπα υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό προστατεύει την ιδιωτική ζωή των ασθενών, ενώ παράλληλα ενισχύει την εμπιστοσύνη στην τήρηση των κατευθυντήριων γραμμών προστασίας δεδομένων από την τεχνολογία blockchain.

Μια άλλη αρχή είναι η διαφάνεια των διαδικασιών συναίνεσης των ασθενών. Οι ανησυχίες μπορούν να αποτραπούν δίνοντας στους ασθενείς τη δυνατότητα να διαχειρίζονται ποιος έχει πρόσβαση στις ιατρικές τους πληροφορίες και διευκρινίζοντας πώς το Blockchain θωρακίζει το απόρρητο των δεδομένων. Ακόμη, η ανάπτυξη φιλικών προς τον χρήστη διεπαφών συμβάλλει στην απομυθοποίηση της τεχνολογίας και στην προώθηση της υιοθέτησης από τους ασθενείς και τους επαγγελματίες του τομέα της υγείας (Wang, Li, Lu, & Cheng, 2022).

Η παρουσίαση πραγματικών περιπτώσεων χρήσης αποτελεί βασική στρατηγική για την απόδειξη της αξίας αυτού του εγχειρήματος. Τα πραγματικά πλεονεκτήματα μπορούν να αναδειχθούν με την ανάδειξη ιδρυμάτων υγειονομικής περίθαλψης που έχουν αναπτύξει αποτελεσματικά συστήματα ιατρικών αρχείων βασισμένα στην αλυσίδα μπλοκ. Η ανατρεπτική επίδραση του Blockchain μπορεί να τονιστεί με πληροφορίες σχετικά με την αυξημένη ακρίβεια των δεδομένων, τις ταχύτερες λειτουργίες και τη δυνατότητα βελτίωσης της φροντίδας των ασθενών. Μια πολύπλευρη στρατηγική είναι απαραίτητη για την

αποτελεσματική υιοθέτηση της τεχνολογίας Blockchain στη διαχείριση των ιατρικών φακέλων ασθενών. Ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να καταδείξει αποτελεσματικά τα οφέλη του Blockchain με τη διάδοση πληροφοριών, την ενθάρρυνση της συνεργασίας, την εκτέλεση δοκιμαστικών έργων, την επίλυση των κανονιστικών περιπλοκών, την έμφαση στη συγκατάθεση και τη χρηστικότητα των ασθενών, την παροχή ιστοριών επιτυχίας στον πραγματικό κόσμο και τη διεξαγωγή συνεχιζόμενης έρευνας. Τα βήματα αυτά όχι μόνο εξομαλύνουν τον δρόμο για την ευρεία υιοθέτηση, αλλά και αποδεικνύουν τη δυνατότητα της τεχνολογίας να αλλάξει τη διαχείριση των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, βελτιώνοντας τη φροντίδα των ασθενών, ενισχύοντας την ασφάλεια των δεδομένων και ενισχύοντας την επιχειρησιακή αποτελεσματικότητα (Alsamhi, et al., 2021).

## Κεφάλαιο 13. Αποτελέσματα – Ευρήματα / Επιτεύγματα

Τα ερευνητικά ευρήματα της μελέτης προσφέρουν διορατικές προοπτικές που έχουν τη δυνατότητα να εφαρμοστούν στην πράξη, οδηγώντας σε βελτιώσεις σε διάφορους τομείς της υγειονομικής περίθαλψης, όπως οι διαδικασίες, η ποιότητα των υπηρεσιών, η απόδοση των εργαζομένων και η οργανωτική αποτελεσματικότητα. Μια ολοκληρωμένη εξέταση αυτών των ερευνητικών ευρημάτων αναδεικνύει τη δυνατότητα εφαρμογής τους σε πρακτικές εκδηλώσεις που έχουν τη δυνατότητα να αναμορφώσουν τον τομέα της υγείας. Στον επόμενο διάλογο, θα αναπτύξουμε τις πιθανές εφαρμογές που έχουν προκύψει από τα ευρήματα της παρούσας ερευνητικής μελέτης.

Η στρατηγική ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain ενισχύει τον συντονισμό των ροών εργασίας διαχείρισης δεδομένων στο πλαίσιο της υγειονομικής περίθαλψης. Μέσω της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain, τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν την αποτελεσματικότητα της πρόσβασης και της ανταλλαγής ιατρικών πληροφοριών μεταξύ των σχετικών μερών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη δημιουργία ασφαλών συστημάτων που χρησιμοποιούν blockchain για την αποθήκευση και τη διαχείριση αρχείων ασθενών, δεδομένων κλινικών δοκιμών και ιστορικού συνταγών. Η εφαρμογή αυτής της λειτουργικής βελτίωσης είναι έτοιμη να οδηγήσει σε βελτιωμένη φροντίδα των ασθενών και αυξημένη αποτελεσματικότητα στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Επιπλέον, οι εγγενείς κρυπτογραφικές οχυρώσεις και τα αμετάβλητα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain παρέχουν μια ξεχωριστή οδό για την ενίσχυση του παραδείγματος ασφάλειας των ευαίσθητων ιατρικών δεδομένων. Η σκόπιμη ενσωμάτωση των πρωτοκόλλων blockchain δίνει τη δυνατότητα στις οντότητες υγειονομικής περίθαλψης να αποτρέπουν τη μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στα αρχεία των ασθενών, ενώ ταυτόχρονα διατηρούν την ακεραιότητα των δεδομένων. Η σύγκλιση αυτών των παραγόντων ενισχύει την εμπιστοσύνη των ασθενών στην ανταλλαγή δεδομένων και προάγει μια απτή αύξηση της εμπιστοσύνης μεταξύ ασθενών και παρόχων υγειονομικής περίθαλψης.

Τα εγγενή χαρακτηριστικά της αλυσίδας μπλοκ, όπως η διαφάνεια και ο απαραβίαστος χαρακτήρας της, αναδιαμορφώνουν σημαντικά τη συζήτηση γύρω από τις κλινικές δοκιμές και την ιατρική έρευνα. Η εφαρμογή έξυπνων συμβολαίων επιτρέπει τη δυναμική αυτοματοποίηση, η οποία περιλαμβάνει την επαλήθευση της συγκατάθεσης, τη διάδοση των δεδομένων και την αμοιβή των συμμετεχόντων. Αυτό έχει τη δυνατότητα να επιταχύνει σημαντικά τα ερευνητικά πρωτόκολλα. Αυτές οι εξελίξεις διαθέτουν τη δυνατότητα βελτιστοποίησης των ερευνητικών διαδικασιών και διασφάλισης της ακεραιότητας των ευρημάτων. Επίσης, οι πολύπλευρες εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain περιλαμβάνουν την αποκατάσταση των τρωτών σημείων εντός της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού. Με την εμπλοκή σε μια αυστηρή διαδικασία παρακολούθησης της διαδρομής των φαρμάκων από την προέλευσή τους έως το σημείο διανομής, τα άτομα αποκτούν τη δυνατότητα να επαληθεύουν την προέλευση των φαρμακευτικών προϊόντων, λειτουργώντας έτσι ως ισχυρό αποτρεπτικό μέσο κατά της διείσδυσης πλαστών φαρμάκων στην αγορά. Αυτό προμηνύει ενισχυμένη ασφάλεια των ασθενών και αποτελεσματικότερα αποτελέσματα στην υγεία.

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της τηλεϊατρικής εγκαινιάζει μια εποχή αλλαγής στο πεδίο των συναντήσεων με τους ασθενείς. Με την παροχή άμεσης πρόσβασης σε ιατρικά αρχεία κατά τη διάρκεια εικονικών διαβουλεύσεων, που ενισχύονται από έξυπνες συμβάσεις που αυτοματοποιούν τις ασφαλιστικές απαιτήσεις σύμφωνα με τα θεραπευτικά παραδείγματα, η ικανοποίηση των ασθενών ανθίζει, ενώ οι διοικητικές απαιτήσεις μειώνονται. Η ενσωμάτωση των αγορών εξατομικευμένων δεδομένων υγείας στο τοπίο της υγειονομικής περίθαλψης έχει τη δυνατότητα να τονώσει τη δέσμευση των ασθενών και να προωθήσει την αυξημένη αλληλεπίδραση. Παρέχοντας στους ασθενείς τη δυνατότητα να εμπορευματοποιήσουν τα δεδομένα υγείας τους, διατηρώντας παράλληλα την επιμέλεια των δεδομένων, προκύπτουν νέες ευκαιρίες για αυξημένη συμμετοχή των ασθενών σε ερευνητικές προσπάθειες και εξατομικευμένες θεραπευτικές προσεγγίσεις.

Επιπλέον, είναι επιτακτική ανάγκη να αναγνωριστεί ότι τα εγγενή χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain διαθέτουν τη δυνατότητα να συμβιβάσουν αποτελεσματικά τη διαίρεση που υπάρχει μεταξύ των διαφορετικών συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης. Η απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων ασθενών μεταξύ διαφόρων ιδρυμάτων ευθυγραμμίζεται με ένα επαυξημένο προφίλ ασθενούς, με αποτέλεσμα μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση του συντονισμού της περίθαλψης. Η σύγκλιση της τεχνολογίας blockchain και των έξυπνων συμβολαίων ενέχει μεγάλες δυνατότητες για σημαντικό μετριασμό των διοικητικών βαρών σε διάφορους τομείς του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Ιδιαίτερη σημασία έχει η εγγενής ικανότητα εξορθολογισμού της επεξεργασίας των ασφαλιστικών απαιτήσεων, διευκόλυνσης της διαχείρισης των συγκαταθέσεων και βελτιστοποίησης των διαδικασιών τιμολόγησης, με τελικό αποτέλεσμα την ενισχυμένη κατανομή των πόρων και τη μείωση των σφαλμάτων.

Η αξιοποίηση των δυνατοτήτων της αλυσίδας μπλοκ εξαρτάται από τις ικανότητες που διαθέτουν οι επαγγελματίες του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Ως εκ τούτου, οι οργανισμοί ενθαρρύνονται έντονα να καθιερώσουν προγράμματα κατάρτισης που μεταδίδουν τις απαραίτητες δεξιότητες για την αποτελεσματική πλοήγηση και αξιοποίηση του δυναμικού των συστημάτων blockchain. Η διάκριση, η οποία λαμβάνεται μέσω αυστηρής έρευνας, υπογραμμίζει τη ζωτική σημασία της ευθυγράμμισης των υλοποιήσεων blockchain με τα υφιστάμενα κανονιστικά πλαίσια, όπως το HIPAA και το GDPR. Οι γνώσεις που προκύπτουν από την έρευνα μπορούν να καθοδηγήσουν την ανάπτυξη λύσεων blockchain που είναι τόσο τεχνολογικά αποτελεσματικές όσο και συμβατές με τα κανονιστικά πλαίσια. Αυτό θα εγγυηθεί την προστασία της ιδιωτικής ζωής των δεδομένων και θα αποτρέψει τυχόν πιθανές νομικές συνέπειες.

## Βιβλιογραφία

- Abdulhakeem, S. A., & Hu, Q. (2021). Powered by Blockchain Technology, DeFi (Decentralized Finance) Strives to Increase Financial Inclusion of the Unbanked by Reshaping the World Financial System. *Modern Economy*, 12(01), σ. 16.  
doi:<https://doi.org/10.4236/me.2021.121001>
- Abu-elezz, I., Hassan, A., Nazeemudeen, A., Househ, M., & Abd-alrazaq, A. (2020). The benefits and threats of blockchain technology in healthcare: A scoping review. *International Journal of Medical Informatics*, 142(1), σ. 104246.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104246>
- Agarwal, R. R., Kumar, D., Golab, L., & Keshav, S. (2020). Consentio: Managing Consent to Data Access using Permissioned Blockchains. *IEEE Xplore*.  
doi:<https://doi.org/10.1109/ICBC48266.2020.9169432>
- Agbo, C., Mahmoud, Q., & Eklund, J. (2019). Blockchain Technology in Healthcare: A Systematic Review. *Healthcare*, 7(2), σ. 56.  
doi:<https://doi.org/10.3390/healthcare7020056>
- Aggarwal, S., & Kumar, N. (2021). Chapter Eight - History of blockchain-Blockchain 1.0: Currency Introduction to blockchain. Στο S. Aggarwal, N. Kumar, & P. Raj (Επιμ.), *Advances in Computers* (Τόμ. 121, σσ. 147-169). Elsevier.  
doi:<https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2020.08.008>
- Ahmad, S. S., Khan, S., & Kamal, M. A. (2019). What is Blockchain Technology and its Significance in the Current Healthcare System? A Brief Insight. *Current Pharmaceutical Design*, 25(12), σσ. 1402–1408.  
doi:<https://doi.org/10.2174/1381612825666190620150302>
- Ajao, L. A., Agajo, J., Adedokun, E. A., & Karngong, L. (2019). Crypto Hash Algorithm-Based Blockchain Technology for Managing Decentralized Ledger Database in Oil and Gas Industry. *J*, σσ. 300–325. doi:<https://doi.org/10.3390/j2030021>
- Aleksieva, V., Valchanov, H., & Huliyan, A. (2019). Application of Smart Contracts based on Ethereum Blockchain for the Purpose of Insurance Services. 2019 *International Conference on Biomedical Innovations and Applications (BIA)*.  
doi:<https://doi.org/10.1109/bia48344.2019.8967468>
- Aleksieva, V., Valchanov, H., & Huliyan, A. (2020, October 1). Smart Contracts based on Private and Public Blockchains for the Purpose of Insurance Services. *IEEE Xplore*. doi:<https://doi.org/10.1109/ICAI50593.2020.9311371>

- Alexopoulos, C., Charalabidis, Y., Loutsaris, M. A., & Lachana, Z. (2021). How Blockchain Technology Changes Government. *International Journal of Public Administration in the Digital Age*, 8(1), σσ. 1–20.  
doi:<https://doi.org/10.4018/ijpada.20210101.0a10>
- Ali, O., Jaradat, A., Ally, M., & Rotabi, S. (2021). Blockchain Technology Enables Healthcare Data Management and Accessibility. *Blockchain Technologies for Sustainability*, σσ. 91–118. doi:[https://doi.org/10.1007/978-981-16-6301-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-16-6301-7_5)
- Alsamhi, S. H., Lee, B., Guizani, M., Kumar, N., Qiao, Y., & Liu, X. (2021). Blockchain for decentralized multi-drone to combat COVID -19 and future pandemics: Framework and proposed solutions. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. doi:<https://doi.org/10.1002/ett.4255>
- Alshahrani, M., Beloff, N., & White, M. (2020). Revolutionising Higher Education by Adopting Blockchain Technology in the Certification Process. *2020 International Conference on Innovation and Intelligence for Informatics, Computing and Technologies (3ICT)*. doi:<https://doi.org/10.1109/3ict51146.2020.9311970>
- Ampel, B., Patton, M., & Chen, H. (2019). Performance modeling of hyperledger sawtooth blockchain. *2019 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI)* (σσ. 59-61). IEEE.
- André, A., & Vignaux, J.-J. (2019, January). Precision Medicine. σσ. 46-47. Ανάκτηση από chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.researchgate.net/profile/Arthur-Andre/publication/329657335\\_Precision\\_Medicine/links/5c2e7e37a6fdccd6b58f9191/Precision-Medicine.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Arthur-Andre/publication/329657335_Precision_Medicine/links/5c2e7e37a6fdccd6b58f9191/Precision-Medicine.pdf)
- Angeles, R. (2019). Blockchain-Based Healthcare: Three Successful Proof-of-Concept Pilots Worth Considering. *Journal of International Technology and Information Management*, 27(3), σσ. 47–83. doi:<https://doi.org/10.58729/1941-6679.1390>
- Aruna, S., Maheswari, M., & Saranya, A. (2020). Highly Secured Blockchain Based Electronic Voting System Using SHA3 and Merkle Root. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1088/1757-899x/993/1/012103>
- Attaran, M. (2020). Blockchain technology in healthcare: Challenges and opportunities. *International Journal of Healthcare Management*, 15(1), σσ. 1-14.  
doi:<https://doi.org/10.1080/20479700.2020.1843887>

- Attaran, M., & Gunasekaran, A. (2019). Blockchain for Gaming. *SpringerBriefs in Operations Management*, σσ. 85–88. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-030-27798-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27798-7_12)
- Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T., & Lippman, A. (2016). MedRec: Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management. *2016 2nd International Conference on Open and Big Data (OBD)*, (σσ. 25–30). doi:<https://doi.org/10.1109/obd.2016.11>
- Bashir, I. (2018). *Mastering blockchain : distributed ledger technology decentralization and smart contracts explained 2nd edition (Second)*. Packt Publishing.
- Batwa, A., & Norrman, A. (2020). A Framework for Exploring Blockchain Technology in Supply Chain Management. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 13(3), σσ. 294–306. doi:<https://doi.org/10.31387/oscm0420271>
- Becker, G. (2008). *Merkle Signature Schemes, Merkle Trees and Their Cryptanalysis*.
- Bell, L., Buchanan, W. J., Cameron, J., & Lo, O. (2018). *Applications of Blockchain Within Healthcare. Blockchain in Healthcare Today*. Ανάκτηση από <https://napier-repository.worktribe.com/output/1191195/applications-of-blockchain-within-healthcare>
- Ben Fekih, R., & Lahami, M. (2020). Application of Blockchain Technology in Healthcare: A Comprehensive Study. *Lecture Notes in Computer Science*, (σσ. 268–276). doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-030-51517-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51517-1_23)
- Bennett, K. M. (2019, November 3). HealthTech: How Blockchain Can Simplify Healthcare Compliance. *Washington and Lee Journal of Civil Rights and Social Justice*, σσ. 310-312. Ανάκτηση από <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://scholarlycommons.law.wlu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1467&context=crsj>
- Bertagnoli, L. (2022). *20 Top Blockchain Platforms to Know*. Ανάκτηση από Built In: <https://builtin.com/blockchain/blockchain-platforms>
- Bhat, S. A., Huang, N.-F., Sofi, I. B., & Sultan, M. (2021). Agriculture-Food Supply Chain Management Based on Blockchain and IoT: A Narrative on Enterprise Blockchain Interoperability. *Agriculture*, 12(1), σ. 40. doi:<https://doi.org/10.3390/agriculture12010040>

- Bittins, S., Kober, G., Margheri, A., Masi, M., Miladi, A., & Sassone, V. (2020). Healthcare Data Management by Using Blockchain Technology. *Studies in Big Data*, σσ. 1–27. doi:[https://doi.org/10.1007/978-981-15-9547-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9547-9_1)
- Blossey, G., Eisenhardt, J., & Hahn, G. (2019). Blockchain Technology in Supply Chain Management: An Application Perspective. *Hawaii International Conference on System Sciences 2019 (HICSS-52)*. Ανάκτηση από [https://aisel.aisnet.org/hicss-52/os/impact\\_of\\_blockchain/6/](https://aisel.aisnet.org/hicss-52/os/impact_of_blockchain/6/)
- Bouhassoune, K., Goundar, S., & Haqiq, A. (2023). Blockchain for Smart Healthcare: A SWOT Analysis from the Patient Perspective. *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, (σσ. 350–357). doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-031-35501-1\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35501-1_35)
- Burgwinkel, D., Bergström, R., Program, B., & Richard, S. (2018). BLOCKCHAIN IN DIGITAL HEALTH AND LIFE SCIENCES. Ανάκτηση από <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/332600/Eurohealth-24-3-11-14-eng.pdf>
- Capece, G., & Lorenzi, F. (2020). Blockchain and Healthcare: Opportunities and Prospects for the EHR. *Sustainability*, 12(22), σ. 9693. doi:<https://doi.org/10.3390/su12229693>
- Centobelli, P., Cerchione, R., Vecchio, P. D., Oropallo, E., & Secundo, G. (2021). Blockchain technology for bridging trust, traceability and transparency in circular supply chain. *Information & Management*, 59(7), σ. 103508. doi:<https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103508>
- Chaum, D. (1983). Blind Signatures for Untraceable Payments. Στο D. Chaum , R. Rivest, & A. Sherman (Επιμ.), *Advances in Cryptology*. Boston, MA: Springer. doi:[https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0602-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-0602-4_18)
- Chen, W., Zhou, K., Fang, W., Wang, K., Bi, F., & Assefa, B. (2020). Review on blockchain technology and its application to the simple analysis of intellectual property protection. *International Journal of Computational Science and Engineering*, 22(4), σ. 437. doi:<https://doi.org/10.1504/ijcse.2020.109403>
- Chenthara, S., Ahmed, K., Wang, H., Whittaker, F., & Chen, Z. (2020). ealthchain: A novel framework on privacy preservation of electronic health records using blockchain technology. *PLOS ONE*, 15(12), σ. e0243043. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243043>
- David, S., Duraipandian, K., Chandrasekaran, D., Pandey, D., Sindhvani, N., & Pandey, B. K. (2023). Impact of blockchain in healthcare system. Στο *Unleashing the*



- Potentials of Blockchain Technology for Healthcare Industries* (σσ. 37-57). Elsevier.
- de Moraes Rossetto, A. G., Sega, C., & Leithardt, V. R. (2022). An Architecture for Managing Data Privacy in Healthcare with Blockchain. *Sensors*, 22(21), σ. 8292. doi:<https://doi.org/10.3390/s22218292>
- Di Pierro, M. (2017). What is the blockchain? *Computing in Science & Engineering*, σσ. 92-95. Ανάκτηση από chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://cse.sc.edu/~mgv/csce190f19/diPierro\\_mcs2017050092.pdf](https://cse.sc.edu/~mgv/csce190f19/diPierro_mcs2017050092.pdf)
- Disli, M., Abd Rabbo, F., Leneeuw, T., & Nagayev, R. (2022). Cryptocurrency comovements and crypto exchange movement: The relocation of Binance. *Finance Research Letters*, σ. 102989. doi:<https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.102989>
- Dove, E. S. (2018). The EU General Data Protection Regulation: Implications for International Scientific Research in the Digital Era. *The Journal of Law, Medicine & Ethics*, 46(4), σσ. 1013–1030. doi:<https://doi.org/10.1177/1073110518822003>
- Du, M., Chen, Q., Liu, L., & Ma, X. (2019, October 1). A Blockchain-based Random Number Generation Algorithm and the Application in Blockchain Games. *IEEE Xplore*. doi:<https://doi.org/10.1109/SMC.2019.8914618>
- Ekblaw, A. C. (2017). *MedRec : blockchain for medical data access, permission management and trend analysis*. Ανάκτηση από Dspace.mit.edu: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/109658>
- Ekblaw, A., Azaria, A., Halamka, J. D., & Lippman, A. (2016). A Case Study for Blockchain in Healthcare: “MedRec” prototype for electronic health records and medical research data. *Proceedings of IEEE open & big data conference*, 13, σ. 13.
- Esmailzadeh, P., & Mirzaei, T. (2019). The Potential of Blockchain Technology for Health Information Exchange: Experimental Study From Patients’ Perspectives. *Journal of Medical Internet Research*, 21(6), σ. e14184. doi:<https://doi.org/10.2196/14184>
- Esposito, C., De Santis, A., Tortora, G., Chang, H., & Choo, K.-K. R. (2018). Blockchain: A Panacea for Healthcare Cloud-Based Data Security and Privacy? *IEEE Cloud Computing*, 5(1), σσ. 31–37. doi:<https://doi.org/10.1109/mcc.2018.011791712>

- Franks, P. (2020, February ). Implications of blockchain distributed ledger technology for records management and information governance programs. *Records Management Journal*, σ. 6. Ανάκτηση από chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Franks/publication/339391344\_Implications\_of\_blockchain\_distributed\_ledger\_technology\_for\_records\_management\_and\_information\_governance\_programs/links/5efcb2
- Garcia-Teruel, R. M. (2020). Legal challenges and opportunities of blockchain technology in the real estate sector. *Journal of Property, Planning and Environmental Law, ahead-of-print(ahead-of-print)*. doi:https://doi.org/10.1108/jppel-07-2019-0039
- Gatteschi, V., Lamberti, F., Demartini, C., Pranteda, C., & Santamaría, V. (2018). Blockchain and Smart Contracts for Insurance: Is the Technology Mature Enough? *Future Internet*, 10(2), σ. 20. doi:https://doi.org/10.3390/fi10020020
- Gemeliarana, I. G., & Sari, R. F. (2018). Evaluation of Proof of Work (POW) Blockchains Security Network on Selfish Mining. *2018 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*. doi:https://doi.org/10.1109/isriti.2018.8864381
- Gervais, A., Karame, G. O., Wüst, K., Glykantzis, V., Ritzdorf, H., & Capkun, S. (2016). On the Security and Performance of Proof of Work Blockchains. *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security - CCS'16*. doi:https://doi.org/10.1145/2976749.2978341
- Goddard, M. (2017). The EU General Data Protection Regulation (GDPR): European Regulation That Has a Global Impact. *International Journal of Market Research*, 59(6), σσ. 703–705. doi:https://doi.org/10.2501/ijmr-2017-050
- Goede, M. (2019). E-Estonia: The e-government cases of Estonia, Singapore, and Curaçao. *Archives of Business Research*, 7(2). doi:https://doi.org/10.14738/abr.72.6174
- Gökalp, E., Gökalp, M. O., Çoban, S., & Eren, P. E. (2018). Analysing Opportunities and Challenges of Integrated Blockchain Technologies in Healthcare. *Information Systems: Research, Development, Applications, Education*, σσ. 174–183. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-00060-8\_13
- Gordon, W. J., & Catalini, C. (2018). Blockchain Technology for Healthcare: Facilitating the Transition to Patient-Driven Interoperability. *Computational and Structural*

- Biotechnology Journal*, 16, σσ. 224–230.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.06.003>
- Grima, S., Kizilkaya, M., Sood, K., & ErdemDelice, M. (2021). The Perceived Effectiveness of Blockchain for Digital Operational Risk Resilience in the European Union Insurance Market Sector. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(8), σ. 363. doi:<https://doi.org/10.3390/jrfm14080363>
- Guegan, D. (2017). Public blockchain versus private blockchain.
- Guggenmos, F., Lockl, J., Rieger, A., Wenninger, A., & Fridgen, G. (2020). *How to Develop a GDPR-Compliant Blockchain Solution for Cross-Organizational Workflow Management: Evidence from the German Asylum Procedure*. Ανάκτηση από [scholarspace.manoa.hawaii.edu](https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/). :  
<https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/handle/10125/64234>
- Gupta, S. S. (2017). *Blockchain. The foundation behind Bitcoin*.
- Gürkaynak, G., Yilmaz, İ., Yeşilaltay, B., & Bengi, B. (2018). Intellectual property law and practice in the blockchain realm. *Computer Law & Security Review*, σσ. 847–862. doi:<https://doi.org/10.1016/j.clsr.2018.05.027>
- Gurtu, A., & Johnny, J. (2019). Potential of blockchain technology in supply chain management: a literature review. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 49(9), σσ. 881–900. doi:<https://doi.org/10.1108/ijpdlm-11-2018-0371>
- Haber, S., & Stornetta, W. (1991). How to time-stamp a digital document. *J. Cryptology*, σσ. 99–111. doi:<https://doi.org/10.1007/BF00196791>
- Hammi, B., Zeadally, S., & Perez, A. J. (2023). Non-Fungible Tokens: A Review. *IEEE Internet of Things Magazine*, 6(1), σσ. 46–50. doi:<https://doi.org/10.1109/IOTM.001.2200244>
- Hans, R., Zuber, H., Rizk, A., & Steinmetz, R. (2017). *Blockchain and Smart Contracts Blockchain and Smart Contracts: Disruptive Technologies for the Insurance Market*. Ανάκτηση από <https://core.ac.uk/download/pdf/301371768.pdf>
- Haque, M., Kumar, V. V., Singh, P., Goyal, A. A., Upreti, K., & Verma, A. (2023). A systematic meta-analysis of blockchain technology for educational sector and its advancements towards education 4.0. *Education and Information Technologies*. doi:<https://doi.org/10.1007/s10639-023-11744-2>
- Haque, M., Kumar, V. V., Singh, P., Goyal, A. A., Upreti, K., & Verma, A. (2023). A systematic meta-analysis of blockchain technology for educational sector and its

- advancements towards education 4.0. *Education and Information Technologies*. doi:<https://doi.org/10.1007/s10639-023-11744-2>
- Harshini, V. M., Danai, S., Usha, H. R., & Kounte, M. R. (2019). Health Record Management through Blockchain Technology. *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*. doi:<https://doi.org/10.1109/icoei.2019.8862594>
- Hassan, A., Ali, M. I., Ahammed, R., Khan, M. M., Alsufyani, N., & Alsufyani, A. (2021). Secured Insurance Framework Using Blockchain and Smart Contract. *Scientific Programming*, σσ. 1–11. doi:<https://doi.org/10.1155/2021/6787406>
- Hellenic Blockchain Hub. (χ.χ.). *Τι Είναι Η Τεχνολογία Blockchain*. Ανάκτηση από Hellenic Blockchain Hub: <https://www.blockchain.org.gr/home/mathe/>
- Hendren, L. (2017, December 12). What is Health Nexus? Ανάκτηση από [https://medium.com/@lucashendren/health-nexus-the-overview-e8deb57bdd07#id\\_token=eyJhbGciOiJSUzI1NiIsImtpZCI6IjdljMGI2OTEzZmUxMzgyMGEzMzMzOTlhY2U0MjZlNzA1MzVhOWEwYmYiLCJ0eXAiOiJKV1QiLCJpc3MiOiJodHRwczovL2FjY291bnRzLmdvb2dsZS5jb20iLCJhenAiOiIyMTYyOTYwMzU](https://medium.com/@lucashendren/health-nexus-the-overview-e8deb57bdd07#id_token=eyJhbGciOiJSUzI1NiIsImtpZCI6IjdljMGI2OTEzZmUxMzgyMGEzMzMzOTlhY2U0MjZlNzA1MzVhOWEwYmYiLCJ0eXAiOiJKV1QiLCJpc3MiOiJodHRwczovL2FjY291bnRzLmdvb2dsZS5jb20iLCJhenAiOiIyMTYyOTYwMzU)
- Hepp, T., Schoenhals, A., Gondek, C., & Gipp, B. (2018). OriginStamp: A blockchain-backed system for decentralized trusted timestamping. *It - Information Technology*, 60(5-6), σσ. 273–281. doi:<https://doi.org/10.1515/itit-2018-0020>
- Huang, T.-L., & Huang, J. (2020, December 1). An efficient data structure for distributed ledger in blockchain systems. *IEEE Xplore*. doi:<https://doi.org/10.1109/ICS51289.2020.00043>
- Hussien, H. M., Yasin, S. M., Udzir, S. N., Zaidan, A. A., & Zaidan, B. B. (2019). A Systematic Review for Enabling of Develop a Blockchain Technology in Healthcare Application: Taxonomy, Substantially Analysis, Motivations, Challenges, Recommendations and Future Direction. *Journal of Medical Systems*, 43(10). doi:<https://doi.org/10.1007/s10916-019-1445-8>
- Hylock, R. H., & Zeng, X. (2019). A Blockchain Framework for Patient-Centered Health Records and Exchange (HealthChain): Evaluation and Proof-of-Concept Study. *Journal of Medical Internet Research*, 21(8), σ. e13592. doi:<https://doi.org/10.2196/13592>
- Kar, A. K., & Navin, L. (2021). Diffusion of blockchain in insurance industry: An analysis through the review of academic and trade literature. *Telematics and Informatics*, 58, σ. 101532. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101532>

- Kar, A. K., & Navin, L. (2021). Diffusion of blockchain in insurance industry: An analysis through the review of academic and trade literature. *Telematics and Informatics*, 58, σ. 101532. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101532>
- KARAARSLAN, E., & KONACAKLI, E. (χ.χ.). Decentralized Solutions for Data Collection and Privacy in Healthcare. σ. 6. Ανάκτηση από chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://acikerisim.mu.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12809/10172/Karaarslan.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Kaur, A., Nayyar, A., & Singh, P. (2020). Blockchain: A path to the future. *Cryptocurrencies and Blockchain technology applications*, σσ. 25-42.
- Khanna, A., Sah, A., Bolshev, V., Jasinski, M., Vinogradov, A., Leonowicz, Z., & Jasiński, M. (2021). Blockchain: Future of e-Governance in Smart Cities. *Sustainability*, 13(21), σ. 11840. doi:<https://doi.org/10.3390/su132111840>
- Khezr, S., Moniruzzaman, M., Yassine, A., & Benlamri, R. (2019). Blockchain Technology in Healthcare: A Comprehensive Review and Directions for Future Research. *Applied Sciences*, 9(9). doi:<https://doi.org/10.3390/app9091736>
- Khujamatov, H., Akhmedov, N., Amir, L., & Ahmad, K. (2022). Blockchain Adaptation in Healthcare: SWOT Analysis. *Proceedings of International Conference on Network Security and Blockchain Technology*, (σσ. 346–355). doi:[https://doi.org/10.1007/978-981-19-3182-6\\_28](https://doi.org/10.1007/978-981-19-3182-6_28)
- Khujamatov, H., Akhmedov, N., Amir, L., & Ahmad, K. (2022). Blockchain Adaptation in Healthcare: SWOT Analysis. *Proceedings of International Conference on Network Security and Blockchain Technology*, (σσ. 346–355). doi:[https://doi.org/10.1007/978-981-19-3182-6\\_28](https://doi.org/10.1007/978-981-19-3182-6_28)
- Kim, T. S., Lee, S.-J., Chang, D. K., Koo, J. W., Kim, T.-N., Yoon, K.-H., & Choi, I. H. (2021). DynamiChain: Development of Medical Blockchain Ecosystem Based on Dynamic Consent System. *Applied Sciences*, 11(4), σσ. 1612–1612. doi:<https://doi.org/10.3390/app11041612>
- Kondratiuk, D., Seijas, P. L., Nemish, A., & Thompson, S. (2021). Standardized Crypto-Loans on the Cardano Blockchain. *Lecture Notes in Computer Science*, σσ. 579–594. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-662-63958-0\\_41](https://doi.org/10.1007/978-3-662-63958-0_41)
- Kubyskin, A. V., & Ponomareva, D. V. (2022). Blockchain and genomic research legal regulation: element in mechanism for interest's balancing. *SHS Web of Conferences*, 134, σσ. 00073–00073. doi:<https://doi.org/10.1051/shsconf/202213400073>

- Kuznetsov, A., & Karazin, V. (2019). *Statistical Testing of Blockchain Hash Algorithms*.
- Larrier, J. (2021). A Brief History of Blockchain. Στο W. Darrell (Επιμ.), *Transforming Scholarly Publishing With Blockchain Technologies and AI* (σσ. 85-100). IGI Global. doi:<https://doi.org/10.4018/978-1-7998-5589-7.ch005>
- Lee, D., & Park, N. (2020). Blockchain based privacy preserving multimedia intelligent video surveillance using secure Merkle tree. *Multimedia Tools and Applications*. doi:<https://doi.org/10.1007/s11042-020-08776-y>
- Lemieux, V. (2017). BLOCKCHAIN RECORDKEEPING: A SWOT ANALYSIS. Ανάκτηση από [https://magazine.arma.org/wp-content/uploads/simple-file-list/2017\\_06\\_IM\\_blockchain\\_recordkeeping\\_SWOT\\_lemieux\\_\(1\).pdf](https://magazine.arma.org/wp-content/uploads/simple-file-list/2017_06_IM_blockchain_recordkeeping_SWOT_lemieux_(1).pdf)
- Lemieux, V. L. (2017). A typology of blockchain recordkeeping solutions and some reflections on their implications for the future of archival preservation. *International Conference on Big Data*. doi:<https://doi.org/10.1109/bigdata.2017.8258180>
- Li, W., Andreina, S., Bohli, J.-M., & Karame, G. (2017). Securing Proof-of-Stake Blockchain Protocols. *Lecture Notes in Computer Science*, σσ. 297–315. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-67816-0\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67816-0_17)
- Lim, M. K., Li, Y., Wang, C., & Tseng, M.-L. (2021). A literature review of blockchain technology applications in supply chains: A comprehensive analysis of themes, methodologies and industries. *Computers & Industrial Engineering*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107133>
- Lutfiani, N., Aini, Q., Rahardja, U., Wijayanti, L., Nabila, E. A., & Ali, M. I. (2021). Transformation of blockchain and opportunities for education 4.0. *International Journal of Education and Learning*, σσ. 222–231. doi:<https://doi.org/10.31763/ijele.v3i3.283>
- Lyons, T. (2018). EU Blockchain Observatory and Forum -Workshop Report - Government Services and Digital Identity. *EU BLOCKCHAIN OBSERVATORY AND FORUM Workshop Report Government Services and Digital Identity Brussels*. Ανάκτηση από [https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/workshop\\_3\\_report\\_-\\_government\\_services2fdigital\\_id.pdf](https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/workshop_3_report_-_government_services2fdigital_id.pdf)
- Malik, G., Parasrampur, K., Reddy, S. P., & Shah, S. (2019). Blockchain Based Identity Verification Model. *IEEE Xplore*. doi:<https://doi.org/10.1109/ViTECoN.2019.8899569>

- Matulevičius, R., Tom, J., Kala, K., & Sing, E. (2020). A Method for Managing GDPR Compliance in Business Processes. *Advanced Information Systems Engineering*, σσ. 100–112. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-030-58135-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58135-0_9)
- Mazzoni, M., Corradi, A., & Di Nicola, V. (2021). Performance evaluation of permissioned blockchains for financial applications: The ConsenSys Quorum case study. *Blockchain: Research and Applications*, σ. 100026. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bcra.2021.100026>
- Md Tauseef, A., & Khalid, R. (2021). Blockchain technology in healthcare: making digital healthcare reliable, more accurate, and revolutionary. *Translational Bioinformatics in Healthcare and Medicine*, σσ. 81–96. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89824-9.00007-0>
- Medicalchain SA. (χ.χ.). Ανάκτηση από <https://medicalchain.com/en/team/>
- Medicalchain SA. (2018). Medicalchain Whitepaper. σ. 6. Ανάκτηση από [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://medicalchain.com/Medicalchain-Whitepaper-EN.pdf](https://medicalchain.com/Medicalchain-Whitepaper-EN.pdf)
- Merkle, R. C. (1979). *A CERTIFIED DIGITAL SIGNATURE*. Palo Alto, Ca.: Xerox PARC .
- Mettler, M. (2016). Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here. *2016 IEEE 18th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*. doi:<https://doi.org/10.1109/healthcom.2016.7749510>
- Min, T., Wang, H., Guo, Y., & Cai, W. (2019, August 1). Blockchain Games: A Survey. *IEEE Xplore*. doi:<https://doi.org/10.1109/CIG.2019.8848111>
- Mohan, A. P., Mohamed, A. R., & Gladston, A. (2020). Merkle Tree and Blockchain-Based Cloud Data Auditing. *International Journal of Cloud Applications and Computing*, 10(3), σσ. 54–66. doi:<https://doi.org/10.4018/ijcac.2020070103>
- Momtaz, P. P. (2022). How Efficient is Decentralized Finance (DeFi)? Available at SSRN 4063670. Ανάκτηση από [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4063670](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4063670)
- Moore, W., & Frye, S. (2019). Review of HIPAA, Part 1: History, Protected Health Information, and Privacy and Security Rules. *Journal of Nuclear Medicine Technology*, 47(4), σσ. 269–272. doi:<https://doi.org/10.2967/jnmt.119.227819>
- Mosweu, O., & Chaterera-Zambuko, F. (2021). Blockchain Technology for Records Management in Botswana and Zimbabwe. Στο *Industry Use Cases on Blockchain Technology Applications in IoT and the Financial Sector* (σσ. 42-67). IGI Global.

- Muhammad, S., Gopinath, M., Asmidar, A., Jatowt, A., & Kawai, Y. (2018). Preserving Author Editing History Using Blockchain Technology. *JCDL '18: Proceedings of the 18th ACM/IEEE on Joint Conference on Digital Libraries*.
- Nehme, E., El Sibai, R., Bou Abdo, J., Taylor, A. R., & Demerjian, J. (2021). Converged AI, IoT, and blockchain technologies: a conceptual ethics framework. *AI and Ethics*. doi:<https://doi.org/10.1007/s43681-021-00079-8>
- Niranjanamurthy, M., Nithya, B. N., & Jagannatha, S. (2018). Analysis of Blockchain technology: pros, cons and SWOT. *Cluster Computing*. doi:<https://doi.org/10.1007/s10586-018-2387-5>
- Niranjanamurthy, M., Nithya, B. N., & Jagannatha, S. (2018). Analysis of Blockchain technology: pros, cons and SWOT. *Cluster Computing*. doi:<https://doi.org/10.1007/s10586-018-2387-5>
- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D. (2017). Blockchain. *Business & Information Systems Engineering*, 59(3), σσ. 183–187.
- Nwagwu, U. (2020). *A SWOT analysis on the use of blockchain in supply chains*. Soar.wichita.edu. Ανάκτηση από <https://soar.wichita.edu/handle/10057/18846>
- O'Herrin, J. K., Fost, N., & Kudsk, K. A. (2004). Health insurance portability accountability act (HIPAA) regulations. *Annals of Surgery*, 239(6), σσ. 772–778. doi:<https://doi.org/10.1097/01.sla.0000128307.98274.dc>
- O'Shields, R. (2017). Smart Contracts: Legal Agreements for the Blockchain. *North Carolina Banking Institute*, 21, σ. 177. Ανάκτηση από <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/ncbj21&div=12&id=&page=>
- Ølnes, S., & Jansen, A. (2017). Blockchain Technology as a Support Infrastructure in e-Government. *Lecture Notes in Computer Science*, (σσ. 215–227). doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-64677-0\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64677-0_18)
- Pahlajani, S., Kshirsagar, A., & Pachghare, V. (2019). Survey on Private Blockchain Consensus Algorithms. *019 1st International Conference on Innovations in Information and Communication Technology (ICIICT)*. doi:<https://doi.org/10.1109/iciict1.2019.8741353>
- Palmirani, M. (2018). *Legal Knowledge and Information Systems: JURIX 2018: The Thirty-first Annual Conference*. Ανάκτηση από <https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=hrh9DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA81&dq=blockchain%27s+immutability>



- Pankratov, E., Grigoryev, V., & Pankratov, O. (2020). The blockchain technology in real estate sector: Experience and prospects., (σ. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering). doi:<https://doi.org/10.1088/1757-899x/869/6/062010>
- 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. *Journal of Medical Internet Research*, 21(2). doi:<https://doi.org/10.2196/12533>
- Pech, S. (2020). Copyright Unchained: How Blockchain Technology Can Change the Administration and Distribution of Copyright Protected Works. *Northwestern Journal of Technology and Intellectual Property*. Ανάκτηση από <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/nwteintp18&div=3&id=&page=>
- Pham, H. L., Tranl, T. H., Duong Le, V. T., & Nakashima, Y. (2022). A Coarse Grained Reconfigurable Architecture for SHA-2 Acceleration. *IEEE Xplore*. doi:<https://doi.org/10.1109/IPDPSW55747.2022.00117>
- Poquiz, W. A. (2022). Blockchain Technology in Healthcare: An Analysis of Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats. *Journal of Healthcare Management*, 67(4), σσ. 244–253. doi:<https://doi.org/10.1097/jhm-d-22-00106>
- Qiu, T., Zhang, R., & Gao, Y. (2019). ipple vs. SWIFT: Transforming Cross Border Remittance Using Blockchain Technology. *Procedia Computer Science*, (σσ. 428–434). doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.260>
- Raimundo, R., & Rosário, A. (2021). Blockchain System in the Higher Education. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(1), σσ. 276–293. doi:<https://doi.org/10.3390/ejihpe11010021>
- Robinson, M., & Novak-Leonard, J. (2021). Refining Understandings of Entrepreneurial Artists: Valuing the Creative Incorporation of Business and Entrepreneurship into Artistic Practice. *Artivate*, 10(1), σσ. 1-19. doi:<https://doi.org/10.1353/artv.2021.0002>
- Rojnit, S. (2022). Blockchain Application in Healthcare: The Example of Farmatrust, Medicalchain and E-Hcert. Ανάκτηση από <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/amslawf14&div=25&id=&page=>

- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), σσ. 2117–2135.
- Sabry, S. S., Kaittan, N. M., & Majeed, I. (2019). The road to the blockchain technology: Concept and types. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*, 7(4), σ. 1821. doi:<https://doi.org/10.21533/pen.v7i4.935>
- Sankar, L. S., Sindhu, M., & Sethumadhavan, M. (2017). Survey of consensus protocols on blockchain applications. *2017 4th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*. doi:<https://doi.org/10.1109/icaccs.2017.8014672>
- Sarfaraz, A., Chakraborty, R. K., & Essam, D. L. (2021). A tree structure-based improved blockchain framework for a secure online bidding system. *Computers & Security*, σσ. 102-147. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.102147>
- Scholl, M. A., Stine, K., Hash, J., Bowen, P., Johnson, L. A., Smith, C. D., & Steinberg, D. (2008). An Introductory Resource Guide for Implementing the Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) Security Rule. *NIST*. Ανάκτηση από [https://www.nist.gov/publications/introductory-resource-guide-implementing-health-insurance-portability-and?pub\\_id=890098](https://www.nist.gov/publications/introductory-resource-guide-implementing-health-insurance-portability-and?pub_id=890098)
- Shabani, M. (2018). Blockchain-based platforms for genomic data sharing: a decentralized approach in response to the governance problems? *Journal of the American Medical Informatics Association*, 26(1), σσ. 76–80. doi:<https://doi.org/10.1093/jamia/ocy149>
- Shafiq, M., & Shakor, M. Y. (2023). Blockchain as a foundation to support healthcare systems. *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, 14(1), σσ. 2183–2191. doi:<https://doi.org/10.22075/ijnaa.2022.7186>
- Shahnaz, A., Qamar, U., & Khalid, A. (2019). Using Blockchain for Electronic Health Records. *IEEE Access*, 7(1), σσ. 147782–147795. doi:<https://doi.org/10.1109/access.2019.2946373>
- Shahnaz, A., Qamar, U., & Khalid, A. (2019). Using Blockchain for Electronic Health Records. *IEEE Access*, 7(1), σσ. 147782–147795. doi:<https://doi.org/10.1109/access.2019.2946373>
- Sharma, A., Kaur, S., & Singh, M. (2021). A comprehensive review on blockchain and Internet of Things in healthcare. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. doi:<https://doi.org/10.1002/ett.4333>

- Sheth, H., & Dattani, J. (2019). Overview of Blockchain Technology. *Asian Journal For Convergence In Technology (AJCT)* .
- Shi, S., He, D., Li, L., Kumar, N., Khan, M. K., & Choo, K.-K. R. (2020). Applications of blockchain in ensuring the security and privacy of electronic health record systems: A survey. *Computers & Security*, 97(1), σ. 101966.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.101966>
- Somasundaram, R., Quamrul, S., & Washington, H. (2018). *Regional: Development of a Global e-Government Procurement Architecture using Blockchain Technology Prepared by*. Ανάκτηση από [https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/47192/47192-001-tacr-en\\_4.pdf](https://www.adb.org/sites/default/files/project-documents/47192/47192-001-tacr-en_4.pdf)
- Srivastava, S., Pant, M., Jauhar, S. K., & Nagar, A. K. (2022). Analyzing the Prospects of Blockchain in Healthcare Industry. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, σσ. 1–24. doi:<https://doi.org/10.1155/2022/3727389>
- Stančić, H., & Bralić, V. (2021). Digital Archives Relying on Blockchain: Overcoming the Limitations of Data Immutability. *Computers*, 10(8), σ. 91.  
doi:<https://doi.org/10.3390/computers10080091>
- Štarchoň, P., & Pikulík, T. (2019). GDPR principles in Data protection encourage pseudonymization through most popular and full-personalized devices - mobile phones. *Procedia Computer Science*, 151, σσ. 303–312.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.04.043>
- Sureephong, P., Komane, P., & Trongpanyachot, C. (2022, October 1). Data Sharing and Electronic Medical Record Privacy Protection of Out-Patient-Department Using Blockchain. *IEEE Xplore*.  
doi:<https://doi.org/10.1109/WPMC55625.2022.10014978>
- Tamburri, D. A. (2019). Design principles for the General Data Protection Regulation (GDPR): A formal concept analysis and its evaluation. *Information Systems*, 91, σ. 101469. doi:<https://doi.org/10.1016/j.is.2019.101469>
- Tanana, D. (2019). *Avalanche blockchain protocol for distributed computing security*.  
doi:<https://doi.org/10.1109/blackseacom.2019.8812863>
- Tandon, A., Dhir, A., Islam, N., & Mäntymäki, M. (2020). Blockchain in healthcare: A systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda. *Computers in Industry*, 122, σ. 103290.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103290>

- 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*, σ. 102407. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jisa.2019.102407>
- Ugarte, R., & Luis, J. (2018). Distributed ledger technology (DLT): introduction. *Banco de Espana Article, 19*, σ. 18.
- Uriawan, W. (2020). SWOT Analysis of Lending Platform from Blockchain Technology Perspectives. *International Journal of Informatics, Information System and Computer Engineering (INJIISCOM)*. doi:<https://doi.org/10.34010/injiiscom.v1i1.4024>
- Usman, M., & Qamar, U. (2020). Secure Electronic Medical Records Storage and Sharing Using Blockchain Technology. *Procedia Computer Science, 174*, σσ. 321–327. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.06.093>
- Van Reede, M. (2020). *Evaluating the practicality of using blockchain technology in different use cases in the healthcare sector*. Ανάκτηση από [https://www.cs.ru.nl/bachelors-theses/2020/Mischa\\_van\\_Reede\\_\\_4557816\\_\\_Evaluating\\_the\\_practicality\\_of\\_using\\_blockchain\\_technology\\_in\\_different\\_use\\_cases\\_in\\_the\\_healthcare\\_sector.pdf](https://www.cs.ru.nl/bachelors-theses/2020/Mischa_van_Reede__4557816__Evaluating_the_practicality_of_using_blockchain_technology_in_different_use_cases_in_the_healthcare_sector.pdf)
- Verma, M. (2021, May). Electronic Voting based on Blockchain: "In a Democracy". σ. 3. Ανάκτηση από chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.researchgate.net/profile/Manish-Verma-47/publication/351414596\\_Electronic\\_Voting\\_based\\_on\\_Blockchain\\_In\\_a\\_Democracy/links/609664c8a6fdccaebd165584/Electronic-Voting-based-on-Blockchain-In-a-D](https://www.researchgate.net/profile/Manish-Verma-47/publication/351414596_Electronic_Voting_based_on_Blockchain_In_a_Democracy/links/609664c8a6fdccaebd165584/Electronic-Voting-based-on-Blockchain-In-a-D)
- Vitenberg, R., Tabatabaei, M. H., & Veeraragavan, N. R. (2022). *Understanding blockchain: definitions, architecture, design, and system comparison*. University of Oslo, Department of Informatics. Ανάκτηση από chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://arxiv.org/pdf/2207.02264.pdf>
- Vito, M., & Moores, P. (χ.χ.).
- Voigt, P., & von dem Bussche, A. (2017). The EU General Data Protection Regulation (GDPR). *Springer International Publishing*. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-319-57959-7>
- Vujičić, D., Jagodić, D., & Randić, S. (2018). Blockchain technology, bitcoin, and Ethereum: A brief overview. *IEEE Xplore*.

- Wan, P. K., Huang, L., & Holtskog, H. (2020). Blockchain-enabled Information Sharing within a Supply Chain: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*. doi:<https://doi.org/10.1109/access.2020.2980142>
- Wang, J., Wu, P., Wang, X., & Shou, W. (2017). *The outlook of blockchain technology for construction engineering management*. Dro.deakin.edu.au. doi:<https://doi.org/10.15302/J-FEM-2017006>
- Wang, Z., Li, M., Lu, J., & Cheng, X. (2022). Business Innovation based on artificial intelligence and Blockchain technology. *Information Processing & Management*, 59(1), σ. 102759. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ipm.2021.102759>
- Wirth, C., & Kolain, M. (2018). *Privacy by BlockChain Design: A BlockChain-enabled GDPR-compliant Approach for Handling Personal Data*. Dl.eusset.eu. Ανάκτηση από <https://dl.eusset.eu/items/5e7836ac-4c6e-4e36-ac91-0d6536ae1305>
- Xu, J., Xue, K., Li, S., Tian, H., Hong, J., Hong, P., & Yu, N. (2019). Healthchain: A Blockchain-Based Privacy Preserving Scheme for Large-Scale Health Data. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(5), σσ. 8770–8781. doi:<https://doi.org/10.1109/jiot.2019.2923525>
- Xue, S., Zhao, X., Li, X., Zhang, G., & Xing, C. (2019). A trusted system framework for electronic records management based on blockchain. *Web Information Systems and Applications: 16th International Conference, WISA 2019, Qingdao, China, September 20-22, 2019, Proceedings 16* (σσ. 548-559). Springer.
- Yakovenko, A. (2018). *Solana: A new architecture for a high performance blockchain v0.8.13*.
- Yang, G., & Li, C. (2018). A Design of Blockchain-Based Architecture for the Security of Electronic Health Record (EHR) Systems. *2018 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)*. doi:<https://doi.org/10.1109/CloudCom2018.2018.00058>
- Yang, R., Wakefield, R., Lyu, S., Jayasuriya, S., Amarasinghe, G., & Chen, S. (2020). Public and private blockchain in construction business process and information integration. *Automation in Construction*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103276>
- Yang, W., Garg, S., Raza, A., Herbert, D., & Kang, B. (2018). Blockchain: Trends and Future. *Knowledge Management and Acquisition for Intelligent Systems*, σσ. 201–210. doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-97289-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-97289-3_15)

- Yaqoob, I., Salah, K., Jayaraman, R., & Al-Hammadi, Y. (2021). Blockchain for Healthcare Data management: opportunities, challenges, and Future Recommendations. *Neural Computing and Applications*, 34, σσ. 1–16.  
doi:<https://doi.org/10.1007/s00521-020-05519-w>
- Yigzaw, K. Y., Olabarriaga, S. D., Michalas, A., Marco-Ruiz, L., Hillen, C., Verginadis, Y., . . . Chomutare, T. (2022). Chapter 14 - Health data security and privacy: Challenges and solutions for the future.  
doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128234136000148>
- Yoon, H.-J. (2019). Blockchain Technology and Healthcare. *Healthcare Informatics Research*, 25(2), σ. 59. doi:<https://doi.org/10.4258/hir.2019.25.2.59>
- Yu, M., Saeid , S., Li, S., Salman , A., Kannan, S., & Viswanath, P. (2020). Coded Merkle Tree: Solving Data Availability Attacks in Blockchains., (σσ. 114–134).  
doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-030-51280-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51280-4_8)
- Zhai, S., Yang, Y., Li, J., Qiu, C., & Zhao, J. (2019). Research on the Application of Cryptography on the Blockchain. *Journal of Physics: Conference Series*, 1168(3), σ. 032077. doi:<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1168/3/032077>
- Zhao, B., & Huang, X. (2020). Encrypted monument: The birth of crypto place on the blockchain. *Geoforum*, 116, σσ. 149–152.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.08.011>
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: a survey. *International Journal of Web and Grid Services*.  
doi:<https://doi.org/10.1504/ijwgs.2018.095647>
- Zimmerman, P. (2020). Blockchain Structure and Cryptocurrency Prices. *SSRN Electronic Journal*. doi:<https://doi.org/10.2139/ssrn.3538334>