

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
*Εφαρμοσμένη Πληροφορική της Υγείας & Τηλεϊατρική*

## Μεταπτυχιακή Διατριβή



**Η Τεχνολογία Blockchain στο Χώρο Πληροφοριακών  
Συστημάτων στην Υγεία: Διαθεσιμότητα και Ασφάλεια  
Δεδομένων. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.**

**Ερασμία  
Χαραλάμπους**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Μπαλής  
Χαράλαμπος**

**Μάϊος 2022**

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών  
Εφαρμοσμένη Πληροφορική της Υγείας & Τηλεϊατρική**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Η Τεχνολογία Blockchain στο Χώρο Πληροφοριακών  
Συστημάτων στην Υγεία: Διαθεσιμότητα και Ασφάλεια  
Δεδομένων. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.**

**Ερασμία  
Χαραλάμπους**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Μπαλής Χαράλαμπος**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στην Εφαρμοσμένη Πληροφορική της Υγείας & Τηλεϊατρική από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Μάιος 2022**



# Περίληψη

**Εισαγωγή:** Η τεχνολογία Blockchain έχει διεισδύσει σε κάθε πτυχή της Πληροφορικής και των τεχνολογικών επικοινωνιών (ICT) και η χρήση της αυξάνεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Το ενδιαφέρον και η ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας έχει κυρίως οδηγηθεί από την τεράστια αύξηση της αξίας των κρυπτονομισμάτων και των μεγάλων επενδύσεων των επιχειρηματικών κεφαλαίων σε νεοσύστατες εταιρείες blockchain. Το σκεπτικό για τη χρήση της τεχνολογίας blockchain στο χώρο της υγείας είναι το γεγονός ότι η διατήρηση ενός πληροφοριακού συστήματος της υγειονομικής περίθαλψης περιλαμβάνει διάφορες λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων αλλά δεν περιορίζεται στην εκτέλεση υπηρεσιών αποθήκευσης αντιγράφων ασφαλείας, την ύπαρξη μηχανισμών ανάκτησης και τη διασφάλιση ενημερωμένων πεδίων.

**Σκοπός:** Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής διατριβής είναι η διερεύνηση των νεότερων επιστημονικών δεδομένων όσο αφορά τη τεχνολογία blockchain στο χώρο της υγείας.

**Υλικό και Μέθοδος:** Διεξάχθηκε μια βιβλιογραφική ανασκόπηση στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία στις βάσεις δεδομένων PubMed, στη Science Direct και στη Google Scholar. Έπειτα από αξιολόγηση των μελετών, 21 μελέτες είχαν κριθεί κατάλληλες και συμπεριλήφθησαν στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση.

**Αποτελέσματα:** Η πλειοψηφία των μελετών σχετικά με την χρήση και εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στους χώρους της υγειονομικής περίθαλψης επικεντρώθηκε στη διαχείριση των Ηλεκτρονικών Ιατρικών Αρχείων (Electronic Medical Record – EMR), στην βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση, στην παρακολούθηση των ασθενών που ήταν σε απομακρυσμένες περιοχές, στις φαρμακευτικές αλυσίδες εφοδιασμού και στις αξιώσεις των ασφαλιστικών απαιτήσεων. Οι κύριοι λόγοι για την χρήση της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης ήταν: η ακεραιότητα δεδομένων, έλεγχος πρόσβασης, καταγραφή δεδομένων, αποθήκευση νέων δεδομένων και την μη αποποίηση / άρνηση των δεδομένων.

**Συμπεράσματα:** Η τεχνολογία blockchain έχει τη δυνατότητα να αναδιαμορφώσει και να μεταμορφώσει τις βιομηχανίες υγειονομικής περίθαλψης επιφέροντας σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά τη λειτουργική αποτελεσματικότητα, την ασφάλεια των δεδομένων, τη διαχείριση του προσωπικού υγειονομικής περίθαλψης και το κόστος. Ωστόσο, η ενοποίηση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης με το blockchain δημιουργεί ορισμένες τεχνικές προκλήσεις, όπως η ανωριμότητα του blockchain, η επεκτασιμότητα, η διαλειτουργικότητα, τα ανεξάρτητα έργα, η δύσκολη ενσωμάτωση με τα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, η πολυπλοκότητα και η έλλειψη ταλέντου του blockchain, που πρέπει να αντιμετωπιστεί.

**Λέξεις κλειδιά:** «blockchain», «health care», «hospital information system», «health informatics», «implementations», «benefits», «best practices», «international practice», «sensitive», «data», «security».

## Summary

**Introduction:** Blockchain technology has penetrated every aspect of Information Technology and Communications (ICT) and its use has been growing rapidly in recent years. The interest and development of this technology has been mainly driven by the huge increase in the value of cryptocurrencies and the large investments of venture capital in start-up blockchain companies. The rationale for using blockchain technology in healthcare is the fact that maintaining a healthcare information system includes a number of functions, including but not limited to performing backup storage services, having recovery mechanisms, and securing up-to-date fields.

**Purpose:** The purpose of this dissertation is to explore the latest scientific data regarding blockchain technology in the field of health.

**Material and Method:** A literature review in Greek and international literature was conducted in PubMed databases, Science Direct and Google Scholar. After evaluation of the studies, 21 studies were deemed appropriate and included in the present literature.

**Results:** The majority of studies on the use and application of blockchain technology in healthcare focused on EMR management, biomedical research and education, monitoring of patients in remote areas, drug supply chains and claims. insurance claims. The main reasons for the use of blockchain technology in the field of healthcare were: data integrity, access control, data logging, storage of new data and non-denial / denial of data.

**Conclusions:** Blockchain technology has the potential to reshape and transform the healthcare industries with significant improvements in operational efficiency, data security, healthcare management and cost. However, integrating healthcare systems with blockchain poses some technical challenges, such as blockchain immaturity, scalability, interoperability, independent projects, difficult integration with existing healthcare systems, complexity and lack of complexity. , which must be addressed.

Keywords: "blockchain", "health care", "hospital information system", "health informatics", "implementations", "benefits", "best practices", "international practice", "sensitive", "data", " security ».

## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου σε όσους βοήθησαν και μου συμπαραστάθηκαν στην εκπόνηση αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας. Ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου κων. Δρ. Μπαλή Χαράλαμπο, που με την συμβολή του και τη στήριξη του κατάφερα να ολοκληρώσω την μεταπτυχιακή μου εργασία.

Σημαντική όμως είναι η αρωγή και η στήριξη της αγαπημένης μου οικογένειας που συνέλαβε στην επιτυχία της αποπεράτωσης της μεταπτυχιακής μου εργασίας. Ένα τεράστιο ευχαριστώ φαντάζει τόσο λίγο για να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου που κατάφερα να κάνω το όνειρο μου πραγματικότητα.

# Περιεχόμενα

## Table of Contents

Περίληψη .....	iii
<b>Κεφάλαιο 1.....</b>	<b>1</b>
<b>Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
<b>Κεφάλαιο 2 .....</b>	<b>4</b>
<b>Σκοπός .....</b>	<b>4</b>
2. Σκοπός .....	4
2.1 Βασικά Ερευνητικά Ερωτήματα.....	4
<b>Κεφάλαιο 3 .....</b>	<b>5</b>
<b>Θεωρητικό Υπόβαθρο .....</b>	<b>5</b>
3.1 Γενικά για το Blockchain.....	5
3.2 Αρχιτεκτονική του Blockchain.....	7
3.2.1 Απλοποιημένο Blockchain.....	7
3.3 Τύποι Δικτύων Blockchain .....	8
3.4 Τα Βασικά Χαρακτηριστικά της Τεχνολογίας Blockchain.....	9
3.4.1 Αποκέντρωση .....	9
3.4.2 Διαφάνεια.....	9
3.4.3 Αμεταβλητότητα .....	10
3.4.4 Προέλευση Δεδομένων.....	10
3.4.5 Κατανεμημένο Καθολικό και Συναίνεση .....	11
3.4.6 Αωνυμία και Δυνατότητα Προγραμματισμού .....	11
3.5 Η Τεχνολογία Blockchain στον Χώρο της Υγειονομικής Περίθαλψης.....	12
3.6 Οφέλη της Τεχνολογίας Blockchain στη Διαχείριση των Υγειονομικών Δεδομένων.....	15
3.6.1 Ακρίβεια των Υγειονομικών Δεδομένων.....	15
3.6.2 Διαλειτουργικότητα των Υγειονομικών Δεδομένων .....	15
3.6.3 Ασφάλεια των Υγειονομικών Δεδομένων.....	16
3.6.4 Κόστος Διαχείρισης των Υγειονομικών Δεδομένων.....	16
3.6.5 Παγκόσμια Κοινή Χρήση των Υγειονομικών Δεδομένων.....	17
3.6.6 Βελτιωμένος Έλεγχος των Υγειονομικών Δεδομένων Περίθαλψης.....	17
3.7 Ευκαιρίες και Προκλήσεις από την Εφαρμογή της Τεχνολογίας Blockchain στην Υγειονομική Περίθαλψη.....	18
3.7.1 Βελτιωμένη Ιχνηλασιμότητα Φαρμάκων.....	18
3.7.2 Διαχείριση των Αρχείων των Ασθενών.....	18
3.7.3 Κλινικές Δοκιμές και Έρευνες.....	19
3.7.4 Διατήρηση Συνεπών Αδειών.....	20
3.7.5 Προστασία των Συστημάτων Τηλεϊατρικής.....	20
3.7.6 Βελτιστοποίηση της υγειονομικής ασφαλιστικής κάλυψης.....	21
3.7.7 Ιατρικά Συστήματα Τιμολόγησης .....	21
<b>Κεφάλαιο 4 .....</b>	<b>23</b>
<b>Μεθοδολογία.....</b>	<b>23</b>
4.1 Περιγραφή Στρατηγικής Αναζήτησης.....	23
4.2 Κριτήρια Ένταξης και Αποκλεισμού.....	23

4.3 Συλλογή Δεδομένων και Εξαγωγή Δεδομένων.....	24
4.4 Τελική Επιλογή Μελετών Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης .....	24
<b>Κεφάλαιο 5 .....</b>	<b>26</b>
<b>Αποτελέσματα .....</b>	<b>26</b>
<b>Κεφάλαιο 6 .....</b>	<b>32</b>
<b>Συζήτηση .....</b>	<b>32</b>
6.1 Η Χρήση της Τεχνολογίας Blockchain στο Τομέα της Υγειονομικής Περίθαλψης.....	32
6.1.1 Ηλεκτρονικοί Ιατρικοί Φάκελοι.....	32
6.1.2 Βιοϊατρική Έρευνα και Εκπαίδευση: Κλινική Έρευνα.....	34
6.1.3 Απομακρυσμένη Παρακολούθηση Ασθενούς.....	34
6.1.4 Αλυσίδες Εφοδιασμού Φαρμάκων ή Φαρμακευτικών Προϊόντων .....	35
6.1.5 Απαιτήσεις Ασφάλισης Υγείας .....	36
6.2 Λόγοι της Χρήσης της Τεχνολογίας Blockchain στο Τομέα της Υγειονομικής Περίθαλψης.....	36
6.2.1 Ακεραιότητα Δεδομένων.....	37
6.2.2 Έλεγχος Πρόσβασης .....	38
6.2.3 Καταγραφή Δεδομένων.....	40
6.2.4 Αποθήκευση νέων δεδομένων .....	41
6.2.5 Μη αποποίηση δεδομένων .....	41
<b>Κεφάλαιο 7 .....</b>	<b>42</b>
<b>Συμπεράσματα .....</b>	<b>42</b>
<b>Κεφάλαιο 8 Βιβλιογραφία.....</b>	<b>45</b>



# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

Η τεχνολογία Blockchain έχει διεισδύσει σε κάθε πτυχή της Πληροφορικής και των τεχνολογικών επικοινωνιών (ICT – Information and communications technology) και η χρήση της αυξάνεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Το ενδιαφέρον και η ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας έχει κυρίως οδηγηθεί από την τεράστια αύξηση της αξίας των κρυπτονομισμάτων και των μεγάλων επενδύσεων των επιχειρηματικών κεφαλαίων σε νεοσύστατες εταιρείες blockchain (Faisal et al. 2020; Holbl et al. 2018).

Το σκεπτικό για τη χρήση της τεχνολογίας blockchain στο χώρο της υγείας είναι το γεγονός ότι η διατήρηση ενός πληροφοριακού συστήματος της υγειονομικής περίθαλψης περιλαμβάνει διάφορες λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων αλλά δεν περιορίζεται στην εκτέλεση υπηρεσιών αποθήκευσης αντιγράφων ασφαλείας, την ύπαρξη μηχανισμών ανάκτησης και τη διασφάλιση ενημερωμένων πεδίων (Deloitte, 2019). Σε ένα blockchain, τα δεδομένα διανέμονται σε όλο το δίκτυο, και δεν υπάρχει κανένα σημείο αστοχίας που να οδηγεί σε εγγενής μηχανισμούς δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας. Επίσης, μια απλή έκδοση δεδομένων αντιγράφεται σε κάθε κόμβο του blockchain. Αυτό μειώνει των όγκων των δεδομένων που πραγματοποιούνται μεταξύ των πληροφοριακών συστημάτων, μειώνοντας έτσι την επιβάρυνση του οικοσυστήματος της υγειονομικής περίθαλψης (Gordon and Catalini, 2018).

Η βασική αρχή του Blockchain είναι ότι κάθε υπηρεσία που βασίζεται σε αξιόπιστους τρίτους μπορεί να κατασκευαστεί με έναν διαφανή, αποκεντρωμένο και ασφαλή τρόπο στον οποίο δεν απαιτείται εμπιστοσύνη. Κατ' ακρίβεια υπάρχει εμπιστοσύνη αλλά είναι σκληρά κωδικοποιημένη μέσω ενός σύνθετου κρυπτογραφικού αλγορίθμου. Οι χρήστες κατέχουν υψηλό βαθμό ελέγχου, αυτονομίας, εμπιστοσύνης και ακεραιότητας των δεδομένων. Τέλος, η τεχνολογία εξασφαλίζει τον λεπτομερή έλεγχο των δεδομένων και την ασφάλεια τους για κάθε ενδιαφερόμενο που συμμετέχει στο δίκτυο των ομότιμων κόμβων peer-to-peer (Faisal et al., 2020; McGhin et al., 2019).

Οι Blockchain λύσεις διερευνώνται για: 1) τη διατήρηση αδειών στα ηλεκτρονικά αρχεία υγείας (EHRs), 2) τη διαχείριση της φαρμακευτικής εφοδιαστικής αλυσίδας και της αλυσίδας των ιατρικών συσκευών, 3) την κλινική έρευνα και τη διαχείριση των αποτελεσμάτων των δεδομένων, 4) την ανίχνευση ιατρικής απάτης και την ενίσχυση της συμμόρφωσης, 5) την επιτήρηση της δημόσιας υγείας, 6) την τροφοδοσία πολλών αυτόνομων συσκευών που συνδέονται στο IoT, 7) τις φορητές συσκευές, τον απινιδωτή που μεταφέρεται μέσω του drone, 9) το έξυπνο ασθενοφόρο, 10) την έρευνα του εγκεφάλου, 11) την ιατρική εκπαίδευση, 12) την ανάλυση του γονιδιώματος, και 13) τη διαχείριση δεδομένων (Faisal et al., 2020; McGhin et al. 2019; Holbl et al., 2018).

Στην Κύπρο και ειδικότερα στο τομέα της υγείας κανένα δημόσιο ή ιδιωτικό νοσηλευτήριο δεν εφαρμόζει αυτή τη νέα τεχνολογία blockchain. Η τεχνολογία blockchain έχει πολλά πλεονεκτήματα που προσφέρει στον τομέα της Υγείας. Ο τρόπος με τον οποίο το διαδίκτυο έφερε την επανάσταση στις υπηρεσίες υγείας και εισήγαγε την τηλεϊατρική παρομοιάζει με την εξέλιξη της τεχνολογίας blockchain η οποία είναι πιθανόν να οδηγήσει μελλοντικά την ιατρική επιστήμη σε άλλο επίπεδο. Η χρήση του blockchain σε κλινικά περιβάλλοντα θα μειώσει το κόστος παρακολούθησης, θα βελτιώσει τη διαχείριση των ιατρικών δεδομένων και θα μειώσει δραστικά το χρόνο επεξεργασίας τους. Με την εγγραφή ενός ασθενούς, θα είναι διαθέσιμη η πλήρης συλλογή των δεδομένων του, ταυτόχρονα, μέσα στη βάση δεδομένων του blockchain.

Ακόμη, οι θεράποντες ιατροί δεν θα ανησυχούν πλέον για την εγκυρότητα και ειλικρίνεια του ιατρικού ιστορικού των ασθενών τους, λόγω της ικανότητάς τους να προβάλλουν τα πρωτότυπα, αυθεντικά, και τεκμηριωμένα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και φυσικά επιτυγχάνεται και η μείωση πιθανών σφαλμάτων στο ιατρικό ιστορικό. Επίσης, οι ασθενείς δεν θα πρέπει να απασχολούνται και να ανησυχούν για μια δεύτερη γνώμη από άλλο ιατρό, λόγω της διαφάνειας των δεδομένων που επικρατεί στο blockchain. Ακόμη, μέσω των ιατρικών τους αρχείων σε ένα δίκτυο blockchain, οι ασθενείς θα μπορούν να γνωρίζουν και άλλα άτομα, από όλο τον κόσμο, με παρόμοιες ιατρικές παθήσεις. Αυτή η επικοινωνία θα βοηθήσει τους ασθενείς να αισθάνονται πιο αποδεκτοί, υποστηριζόμενοι, και θα ενισχύσει τη θέληση τους για να καταπολεμήσουν την ασθένεια που τους ταλαιπωρεί. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι ασθενείς θα έχουν πλήρη αυτονομία στα δεδομένα τους και θα μπορούν να αποφασίζουν οι ίδιοι με ποιόν θα τα μοιραστούν. Η χρήση της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγείας θα ωφελήσει ένα μεγάλο

αριθμό ατόμων, ιατρούς, παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, βιοιατρικούς ερευνητές, ασθενείς να διαχειριστούν αποτελεσματικά τον τεράστιο όγκο δεδομένων, να μοιραστούν τη γνώση και να επικοινωνήσουν μεταξύ τους με μεγαλύτερη ασφάλεια και προστασία του απορρήτου. Η επιτυχής εφαρμογή της τεχνολογίας σε κλινικά ζητήματα θα ανοίξει νέους ορίζοντες για την πρόοδο της βιοιατρικής έρευνας. Από την άλλη πλευρά, αυτή η ασφαλής αποθήκευση και ανταλλαγή αυτών των κλινικών δεδομένων θα βοηθήσει στην ανάπτυξη πιθανών στρατηγικών για τη διάγνωση και θεραπεία διαφόρων ασθενειών.

Κατά συνέπεια, αυτό το πλαίσιο υγειονομικής περίθαλψης που βασίζεται σε blockchain θα προσελκύσει περισσότερα άτομα στην υγειονομική περίθαλψη και τελικά θα βελτιώσει την ποιότητα ζωής όλων με πιο ασφαλή και σίγουρο τρόπο.

# Κεφάλαιο 2

## Σκοπός

### 2. Σκοπός

Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής διατριβής είναι η διερεύνηση των νεότερων επιστημονικών δεδομένων όσο αφορά τη τεχνολογία blockchain στο χώρο της υγείας.

#### 2.1 Βασικά Ερευνητικά Ερωτήματα

(Α) Ποια είναι τα πλεονεκτήματα που θα προκύψουν με την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας;

(Β) Ποιες είναι οι βέλτιστες πρακτικές που εφαρμόζονται;

(Γ) Ποια είναι η διεθνής πρακτική με ιδιαίτερη έμφαση στα θέματα ασφάλειας ευαίσθητων δεδομένων που εφαρμόζουν αυτή την νέα τεχνολογία;

# Κεφάλαιο 3

## Θεωρητικό Υπόβαθρο

### 3.1 Γενικά για το Blockchain

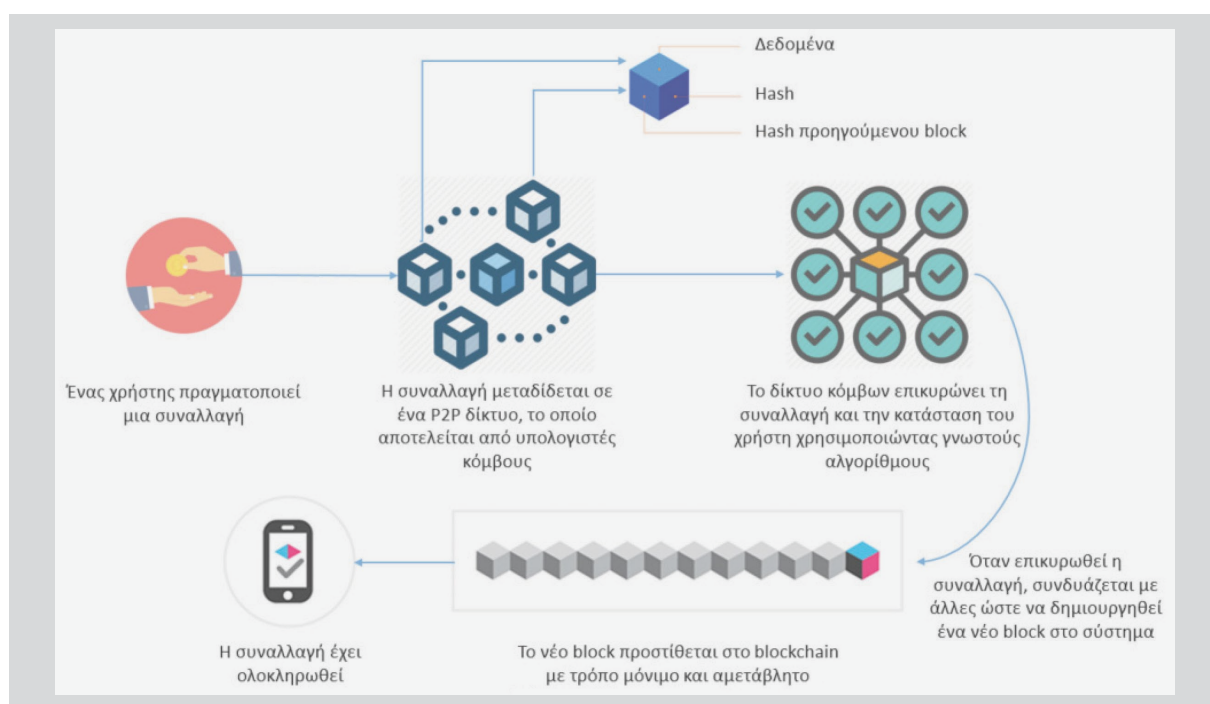
Το Blockchain είναι μια τεχνολογία κοινού, κατανεμημένου, ψηφιακού ημερολογίου, η οποία διευκολύνει τη διαχείριση, την προέλευση και την ασφάλεια των δεδομένων. Πρόκειται για μια αλυσίδα που καλύπτει πληροφορίες και διατηρεί την εμπιστοσύνη μεταξύ των ατόμων, ανεξαρτήτου τοποθεσίας, βελτιώνοντας τον έλεγχο της αυθεντικότητας και της διαφάνειας των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης (Dimitrov, 2019).

Ένα blockchain, εξ ορισμού και σχεδιασμού, είναι ένας ιδιαίτερος τύπος μιας βάσης δεδομένων. Κατασκευάζεται ως μια βάση δεδομένων για ανάγνωση μόνο και για μία φορά. Αυτό σημαίνει ότι οι βάσεις δεδομένων blockchain έχουν σχεδιαστεί για να δημιουργηθεί μόνο και να μην υποβληθεί σε επεξεργασία ή διαγραφή ποτέ. Τα αποθηκευμένα δεδομένα σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο blockchain (στοιχείο αρχείου υπολογιστή) είναι ένας συναλλακτικός τύπος δεδομένων που απαιτεί χώρο 1kB ή λιγότερο, και κανείς δεν μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτό παρά μόνο ο ιδιοκτήτης του που έχει στην κατοχή του ιδιωτικό κωδικό. Επιπλέον, ο ιδιοκτήτης μπορεί να χρησιμοποιήσει το InterPlanetary σύστημα αρχείων (IPFS) για πρόσβαση στα δεδομένα και μεταφορά τους από τον ένα υπολογιστή στον άλλο πολύ πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ασφάλεια και οικονομικά σε σύγκριση με τις κεντρικές βάσεις δεδομένων (Wikipedia, 2019).

Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους, το blockchain δίνει τη δυνατότητα peer-to-peer μεταφορά ψηφιακών δεδομένων ή χρημάτων χωρίς μεσάζοντες (Aste et al., 2017). Το Blockchain ήταν μια τεχνολογία που δημιουργήθηκε αρχικά για να υποστηρίξει το διάσημο κρυπτονομίσμα Bitcoin. Το Bitcoin προτάθηκε για πρώτη φορά το 2008 και υλοποιήθηκε το 2009 από τον Nakamoto (Nakamoto, 2008). Από τότε, έχει δει τεράστια ανάπτυξη με την κεφαλαιαγορά, φτάνοντας τα 10 δισεκατομμύρια δολάρια το 2016. Το Blockchain είναι βασικά μια αλυσίδα από μπλοκ που αποθηκεύουν όλες τις δεσμευμένες συναλλαγές χρησιμοποιώντας ένα δημόσιο δίκτυο (Salah et al., 2019). Η αλυσίδα μεγαλώνει συνεχώς κάθε φορά που ένα block επισυνάπτονται σε αυτή. Το Blockchain λειτουργεί σε αποκεντρωμένη μορφή περιβάλλον που ενεργοποιείται με τη

σύνθεση πολλών βασικών τεχνολογιών, όπως ψηφιακές υπογραφές, κρυπτογραφικό κατακερματισμό και κατανεμημένους αλγόριθμους συναίνεσης. Γίνονται όλες οι συναλλαγές με αποκεντρωμένο τρόπο που εξαλείφει την απαίτηση για τυχόν μεσάζοντες για την επικύρωση και την επαλήθευση των συναλλαγών (Litke et al., 2019). Το Blockchain έχει ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά, όπως η αποκεντρωση, η διαφάνεια, η αμεταβλητότητα και η δυνατότητα ελέγχου (Kouhizadeh & Sarkis, 2018).

Ανεξάρτητα από το πεδίο εφαρμογής, ο γενικός τρόπος λειτουργίας μιας αλυσίδας blockchain φαίνεται στην εικόνα 1.



**Εικόνα 1:** Λειτουργία ενός blockchain (Kontzinos et al., 2020).

Αν και το Bitcoin είναι η πιο διάσημη εφαρμογή του blockchain, μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλές διαφορετικές εφαρμογές πέρα από τα κρυπτονομίσματα. Δεδομένου ότι επιτρέπει την ολοκλήρωση των πληρωμών χωρίς καμία τράπεζα ή οποιοδήποτε μεσάζοντα, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, όπως τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία, εμβάσματα και ηλεκτρονικές πληρωμές (Peters et al., 2015). Το blockchain από, μόνο του έχει πάρει τη δική του ζωή και έχει διαποτίσει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε πολλούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών, της υγειονομικής περίθαλψης, της κυβέρνησης, της μεταποίησης και της διανομής (Al-Jaroodi & Mohamed, 2019). Το blockchain είναι έτοιμο να καινοτομήσει και να μετατρέψει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων τη μεταφορά των αγαθών (αλυσίδα εφοδιασμού), μεταφορά ψηφιακών μέσων (πώληση ειδών τέχνης), παροχή υπηρεσιών εξ αποστάσεως (ταξίδια και τουρισμός), πλατφόρμες για παράδειγμα, μετακίνηση υπολογιστών σε πηγές δεδομένων (Casino et al., 2019). Πρόσθετες εφαρμογές του blockchain είναι

η κατανομή των πόρων (παραγωγή ενέργειας και διανομής), ηλεκτρονική ψηφοφορία, διαχείριση ταυτοποίησης και τη διαχείριση των δημόσιων αρχείων (Monrat et al., 2019).

## 3.2 Αρχιτεκτονική του Blockchain

### 3.2.1 Απλοποιημένο Blockchain

Το blockchain μπορεί να θεωρηθεί ως μια μεγάλη αποθήκη ψηφιακών δεδομένων στην οποία αποθηκεύονται αρχεία και συναλλαγές και η κάθε αποθήκη ξεχωριστά ονομάζεται block. Η κάθε αποθήκη block έχει μια χρονική σφραγίδα (timestamp) η οποία συνδέεται με ένα προηγούμενο block (μπλοκ). Μόνο η πλειοψηφία των χρηστών μπορούν να ενημερώσουν τα γεγονότα και αυτές οι πληροφορίες δεν μπορούν να διαγραφούν. Αυτές οι τεράστιες αποθήκες δεν ανήκουν σε κανένα αλλά ελέγχονται από τους χρήστες και επιπλέον δεν διοικείται από κανένα κεντρικό ρυθμιστικό όργανο ή άλλη αξιόπιστη τρίτη οντότητα (Kroll et al., 2013; Karame et al., 2012).

Ένας κόμβος ξεκινά μια συναλλαγή σε μια αποκεντρωμένη αλυσίδα μπλοκ δικτύου χρησιμοποιώντας ψηφιακή υπογραφή και χρησιμοποιώντας ιδιωτικό κλειδί κρυπτογράφησης. Μια συναλλαγή μπορεί να θεωρηθεί ως μια δομή δεδομένων που αντιπροσωπεύει τη μεταφορά ψηφιακών στοιχείων μεταξύ των block στο δίκτυο blockchain. Όλες οι συναλλαγές αποθηκεύονται σε μια μη επιβεβαιωμένη ομάδα συναλλαγών και μεταδίδονται στο δίκτυο χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο ασφαλείας γνωστό ως πρωτόκολλο Gossip. Τότε, οι κοινοί χρήστες πρέπει να επιλέξουν και να επικυρώσουν αυτές τις συναλλαγές με βάση κάποια προκαθορισμένα κριτήρια. Για παράδειγμα, οι κόμβοι προσπαθούν να επαληθεύσουν και να επικυρώσουν αυτές τις συναλλαγές ελέγχοντας εάν ένας εκκινητής έχει επαρκές υπόλοιπο για να ενεργοποιήσει μια συναλλαγή ή με την προσπάθεια να ξεγελάσει το σύστημα επιβάλλοντας διπλές δαπάνες. Η διπλή δαπάνη αναφέρεται στη χρήση του ίδιου ποσού εισροών για δύο ή περισσότερες διαφορετικές συναλλαγές (Karame et al., 2012). Μόλις γίνει η συναλλαγή επαληθεύεται και επικυρώνεται από τους διαχειριστές, οι οποίοι περιλαμβάνονται σε ένα μπλοκ. Οι ομότιμοι που χρησιμοποιούν την υπολογιστική τους ισχύ για την διαχείριση του μπλοκ ονομάζονται διαχειριστές (Kroll et al., 2013).

Οι διαχειριστές των κόμβων πρέπει να λύσουν ένα υπολογιστικό παζλ και να ξοδέψουν αρκετό από τους υπολογιστικούς τους πόρους για τη δημοσίευση ενός μπλοκ. Ο διαχειριστής που μπορεί να λύσει το παζλ πρώτος θα γίνει νικητής και αποκτά την ευκαιρία για να δημιουργήσει ένα νέο μπλοκ. Δίνεται ένα μικρό ποσό κινήτρων μετά την επιτυχή δημιουργία ενός νέου μπλοκ. Όλοι οι ομότιμοι μέσα στο δίκτυο στη συνέχεια επαληθεύουν το νέο μπλοκ χρησιμοποιώντας ένα μηχανισμό συναίνεσης, ο οποίος είναι μια τεχνική που βοηθά έναν αποκεντρωμένο δίκτυο να έρχεται σε συμφωνία για ορισμένα θέματα. Μετά από αυτό το νέο μπλοκ θα προστεθεί στην υπάρχουσα αλυσίδα και σαν τοπικό αντίγραφο στο αμετάβλητο καθολικό του κάθε ομότιμου. Σε αυτό το

σημείο, η συναλλαγή επιβεβαιώνεται. Το επόμενο μπλοκ συνδέεται με το νέο δημιουργημένο μπλοκ χρησιμοποιώντας έναν κρυπτογραφικό δείκτη κατακερματισμού. Τώρα το μπλοκ λαμβάνει την πρώτη του επιβεβαίωση κατά τη διάρκεια της συναλλαγής λαμβάνει τη δεύτερη επιβεβαίωση. Ομοίως, με κάθε φορά που ένα νέο μπλοκ προσαρτάται στην αλυσίδα, η συναλλαγή θα επιβεβαιώνεται εκ νέου. Γενικά, μια συναλλαγή χρειάζεται έξι επιβεβαιώσεις στο δίκτυο για να θεωρηθεί οριστική (del Castillo, 2017).

### 3.3 Τύποι Δικτύων Blockchain

Γενικά, υπάρχουν διαφορετικοί τύποι blockchains ανάλογα με τα διαχειριζόμενα δεδομένα, τη διαθεσιμότητα τέτοιων δεδομένων και τις ενέργειες που μπορεί να εκτελέσει ο χρήστης. Αυτά περιλαμβάνουν:

- δημόσιο χωρίς άδεια,
- κοινοπραξίας (με άδεια από το κοινό),
- ιδιωτικό (Holbl et al., 2018).

Όλα τα δεδομένα στη δημόσια αλυσίδα μπλοκ χωρίς άδεια (συντά ονομάζεται απλώς δημόσια) είναι προσβάσιμα και ορατά στο κοινό. Ωστόσο, ορισμένα μέρη του blockchain θα μπορούσαν να κρυπτογραφηθούν προκειμένου να διατηρηθεί η ανωνυμία ενός συμμετέχοντος (Zheng et al., 2017). Σε ένα δημόσιο blockchain χωρίς άδεια, οποιοσδήποτε μπορεί να ενταχθεί στο blockchain χωρίς καμία έγκριση και μπορεί να λειτουργήσει ως απλός κόμβος ή ως εξορύκτης (κόμβος). Σε αυτούς τους τύπους blockchains δίνεται συνήθως ένα οικονομικό κίνητρο, όπως στα δίκτυα κρυπτονομισμάτων. Παραδείγματα τέτοιων blockchain περιλαμβάνουν το Bitcoin, το Ethereum ή το Litecoin (Ethereum, 2015; Litecoin, 2013; Nakamoto, 2008).

Το blockchain τύπου κοινοπραξίας επιτρέπει μόνο σε μια επιλεγμένη ομάδα κόμβων να συμμετέχουν στη διαδικασία κατανεμημένης συναίνεσης (Zheng et al., 2017). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μία ή σε πολλές βιομηχανίες. Όταν μια κοινοπραξία blockchain εγκαθίσταται σε έναν κλάδο (π.χ. στον χρηματοπιστωτικό τομέα), ανοίγει για περιορισμένη δημόσια χρήση και μερικώς συγκεντρώνεται. Από την άλλη πλευρά, μια κοινοπραξία μεταξύ βιομηχανιών (π.χ. ασφαλιστικές εταιρείες, χρηματοπιστωτικά ιδρύματα, κυβερνητικά ιδρύματα) ανοίγει για δημόσια χρήση, ενώ εξακολουθεί να έχει δημιουργήσει ένα μερικώς συγκεντρωτικό καταπίστευμα.

Ένα ιδιωτικό blockchain επιτρέπει μόνο σε επιλεγμένους κόμβους να ενταχθούν στο δίκτυο. Είναι επομένως ένα κατανεμημένο αλλά συγκεντρωμένο δίκτυο (Zheng et al., 2017). Οι ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ είναι επιτρεπόμενα δίκτυα προκειμένου να ελέγχουν ποιοι κόμβοι μπορούν να εκτελούν συναλλαγές, να εκτελούν έξυπνες συμβάσεις ή να ενεργούν ως εξορύκτες. Τα διαχειρίζεται ένας οργανισμός που είναι το έμπιστο μέρος. Χρησιμοποιείται για ιδιωτικούς σκοπούς. Το



Hyperledger Fabric (Androulaki et al., 2018) και το Ripple (Ripple, 2018) είναι παραδείγματα πλατφορμών blockchain που υποστηρίζουν μόνο ιδιωτικά δίκτυα blockchain.

Μπορεί επίσης να γίνει διάκριση μεταξύ των blockchain με βάση τον σκοπό τους:

- για την παρακολούθηση ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων (π.χ. Bitcoin) και
- για την εκτέλεση ορισμένων λογιστικών (δηλαδή, έξυπνων συμβάσεων).

Ορισμένα blockchain χρησιμοποιούν εικονικά νομίσματα (π.χ. Ripple, Bitcoin, Ethereum), ενώ άλλα όχι (π.χ. Hyperledger Fabric) (Holbl et al., 2018).

## **3.4 Τα Βασικά Χαρακτηριστικά της Τεχνολογίας Blockchain**

Η τεχνολογία blockchain απαρτίζεται από 6 βασικά χαρακτηριστικά που μπορούν να φέρουν αξιοσημείωτη πρόοδος στα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Πιο κάτω αναλύονται αυτά τα χαρακτηριστικά.

### **3.4.1 Αποκέντρωση**

Οι περισσότερες από τις τρέχουσες εγκαταστάσεις ή ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης βασίζονται σε κεντρικά συστήματα, με αποτέλεσμα να αποτελούνται από μια ενιαία οντότητα. Υπάρχουν αρκετοί κρίσιμοι περιορισμοί της κεντρικής προσέγγισης, όπως για παράδειγμα μεμονωμένο σημείο αποτυχίας από φυσικές καταστροφές ή κακές προθέσεις, ακούσιες ζημιές ή η σκόπιμη δυσλειτουργία στην κορυφή της ιεραρχίας μπορεί έχει αρνητικό αντίκτυπο σε όλα τα συστήματα της υγειονομικής περίθαλψης. Το Blockchain επιτρέπει την αποκέντρωση που οδηγεί στη διανομή των δεδομένων μακριά από μια ενιαία ή κεντρική αρχή, καθιστώντας έτσι τη τεχνολογία blockchain πιο ανθεκτική, αποτελεσματική και δημοκρατική τεχνολογία (Anderson, 2019). Μέσω αποκεντρωμένων αρχών, το blockchain μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της πρόσβασης σε δεδομένα υγείας και την ασφάλεια των πληροφοριών των ασθενών, και έτσι μπορεί να ανατρέψει την ιεραρχία της υγειονομικής περίθαλψης επιτρέποντας την ανάπτυξη νέων συστημάτων στα οποία οι ασθενείς μπορούν να διαχειρίζονται τα δεδομένα τους (Yaqoob et al., 2021).

### **3.4.2 Διαφάνεια**

Η διαφάνεια είναι ένα από τα πιο ελκυστικά χαρακτηριστικά της τεχνολογία blockchain. Επιτρέποντας τη διαφάνεια των υγειονομικών δεδομένων μπορεί να βοηθήσει στην παροχή ενός πλήρως ελεγχόμενου και έγκυρου καθολικού των συναλλαγών. Τα υπάρχοντα συστήματα

διαχείρισης των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης δεν είναι σε θέση να παρέχουν απόρρητο, ασφάλεια και διαφάνεια ταυτόχρονα. Το Blockchain όχι μόνο επιβάλλει υψηλότερο επίπεδο διαφάνειας αλλά επίσης διασφαλίζει το απόρρητο και παρέχει εξουσιοδοτημένο έλεγχο επί των δεδομένων της υγειονομικής περίθαλψης με παράλληλο τρόπο. Όλες οι συναλλαγές σχετικά με την υγεία που εκτελούνται στο δημόσιο blockchain είναι αναζητήσιμα και ανιχνεύσιμα. Το επίπεδο διαφάνειας που προσφέρεται μέσω της τεχνολογίας blockchain μπορεί να εξουσιοδοτήσει τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης να έχουν πλήρη γνώση των συστατικών που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ενός φαρμάκου, τις συνθήκες κάτω από τις οποίες παρασκευάστηκε, τη ροή εργασίας μεταξύ χονδρέμπορων, διανομέων, μεταπωλητών και πελατών. Η μεγαλύτερη διαφάνεια μπορεί αναμφίβολα καθιστούν τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης πιο αποτελεσματικές. Το Blockchain επιτυγχάνει διαφάνεια μέσω κρυπτογραφήσεων και μηχανισμούς ελέγχου (Yaqoob et al., 2021).

### **3.4.3 Αμεταβλητότητα**

Μία από τις σημαντικότερες ανησυχίες που εγείρουν τα τρέχουσα συγκεντρωτικά συστήματα της υγειονομικής περίθαλψης σχετίζονται με την αμεταβλητότητα των δεδομένων της υγειονομικής περίθαλψης καθώς είναι επιρρεπείς σε υποκλοπή των υγειονομικών δεδομένων από χάκερς. Η αμεταβλητότητα είναι άλλο ένα εντυπωσιακό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας blockchain. Αναφέρεται στην ικανότητα ενός καθολικού blockchain να παραμένει αναλλοίωτο και ανεπηρέαστο. Αυτό το εντυπωσιακό χαρακτηριστικό έχει τη δυνατότητα να αναδιαμορφώσει και να μετατρέψει τη διαδικασία ελέγχου σε γρήγορη, αποτελεσματική και οικονομικά αποδοτική διαδικασία. Επίσης, μπορεί να επιβάλει περισσότερη εμπιστοσύνη και παροχή ακεραιότητας των υγειονομικών δεδομένων, που χρησιμοποιούνται και κοινοποιούνται μέσω των ιατρικών ιδρυμάτων. Το Blockchain επιτυγχάνει την αμεταβλητότητα μέσω κρυπτογραφικού κατακερματισμού. Όλες οι συναλλαγές καταχωρούνται σε ψηφιακά μπλοκ, όπου το καθένα blockchain περιέχει έναν κατακερματισμό, το οποίο δημιουργείται με βάση τον κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ και οι νέες πληροφορίες που εισήχθησαν στο νέο μπλοκ (Yaqoob et al., 2021).

### **3.4.4 Προέλευση Δεδομένων**

Η προέλευση των δεδομένων είναι απαραίτητη για την υγειονομική περίθαλψη για τη δημιουργία ενός ορισμένου επιπέδου εμπιστοσύνης στα υγειονομικά δεδομένα παρέχοντας ολοκληρωμένες πληροφορίες σχετικά με τη δημιουργία, την πρόσβαση και τη μεταφορά τους (Sigwart et al., 2019).

Το Blockchain διασφαλίζει την προέλευση των υγειονομικών δεδομένων ενεργοποιώντας την παρακολούθηση των αλλαγών στα δεδομένα από την προέλευσή τους στην τρέχουσα μορφή. Η

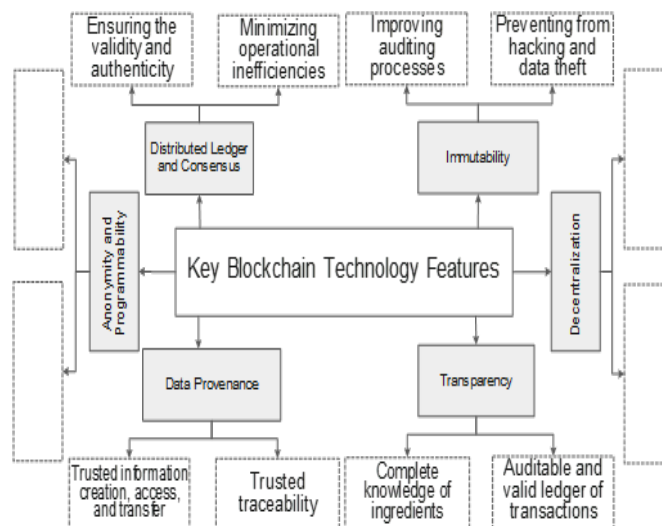
αποθήκευση των υγειονομικών αρχείων ιστορικού στο blockchain μπορεί να βελτιώσει αξιοπιστία για σκοπούς επικύρωσης και ελέγχου των δεδομένων. Το Blockchain μπορεί να παρέχει ασφαλή προέλευση των υγειονομικών δεδομένων και να αποτρέψει τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση και αλλοίωση. Επίσης, επιτρέπει την αξιόπιστη ιχνηλασιμότητα στις βιομηχανίες της υγείας. Το Blockchain χρησιμοποιεί μια διαδικασία χρονικής σήμανσης που περιλαμβάνει τον υπολογισμό των τιμών κατακερματισμού του αρχείου προέλευσης, τα οποία μεταφέρονται σε συναινετικούς κόμβους που διασφαλίζουν τη διατήρηση ενός συνεπούς καθολικού έγκυρων συναλλαγών (Yaqoob et al., 2021).

### **3.4.5 Κατανεμημένο Καθολικό και Συναίνεση**

Συνδυάζοντας τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain μαζί με την τεχνολογία της κατανεμημένης λογιστικής και τους αλγόριθμους της συναίνεσης μπορούν να προκύψουν σημαντικά οφέλη. Η Τεχνολογία κατανεμημένης λογιστικής (distributed ledger technology – DLT) μπορεί να ελαχιστοποιήσει τις λειτουργικές ανεπάρκειες, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση διοικητικών δαπανών. Μέσω της DLT, όλα τα αποθηκευμένα υγειονομικά δεδομένα αποθηκεύονται και μοιράζονται πολλές φορές μεταξύ όλων των κόμβων blockchain, όπου κάθε πληροφορία είναι εύκολα επαληθεύσιμη και προσβάσιμη για οποιονδήποτε εντός του δικτύου. Οι μπλοκ αλυσίδες ενημερώνονται αυτόματα μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, διασφαλίζοντας έτσι αυτά τα δεδομένα να είναι συνεπή και συγχρονισμένα με άλλα αρχεία. Από την άλλη πλευρά, υπεύθυνοι είναι οι αλγόριθμοι συναίνεσης για την έγκριση των συναλλαγών σε μια αλυσίδα. Επιτρέπουν σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη που εμπλέκονται στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης να συμφωνήσουν σε μία ενιαία πηγή της αλήθειας. Ακόμη, βοηθούν στη διασφάλιση της εγκυρότητας και αυθεντικότητας των συναλλαγών blockchain (Yaqoob et al., 2021).

### **3.4.6 Ανωνυμία και Δυνατότητα Προγραμματισμού**

Η ανωνυμία και η δυνατότητα προγραμματισμού είναι μερικά σημαντικά χαρακτηριστικά των δημόσιων blockchain. Η ανωνυμία διασφαλίζει ότι οι ταυτότητες των αποστολέων ή των παραληπτών που συμμετέχουν στις συναλλαγές παραμένουν απροσδιόριστες. Η δυνατότητα προγραμματισμού ενεργοποιεί την αυτοματοποίηση για νέων συναλλαγών και ελέγχων μέσω των έξυπνων συμβάσεων. Τα έξυπνα συμβόλαια περιέχουν αυτό-εκτελούμενους κωδικούς που βασίζονται στις συμφωνίες μεταξύ αγοραστών και πωλητών. Αυτοί οι κωδικοί βοηθούν στον έλεγχο της εκτέλεσης των συναλλαγών που είναι ανιχνεύσιμες και μη αναστρέψιμες. Επιτρέπουν την ύπαρξη αξιόπιστων συναλλαγών και συμφωνιών που διενεργούνται μεταξύ ανώνυμων μερών χωρίς να εμπλέκονται οποιοδήποτε τρίτο μέρος ή οποιαδήποτε εξωτερική διαδικασία επιβολής (Yaqoob et al., 2021).



**Σχήμα 1:** Βασικά χαρακτηριστικά του blockchain για τις εφαρμογές της υγειονομικής περίθαλψης.

### 3.5 Η Τεχνολογία Blockchain στον Χώρο της Υγειονομικής Περίθαλψης

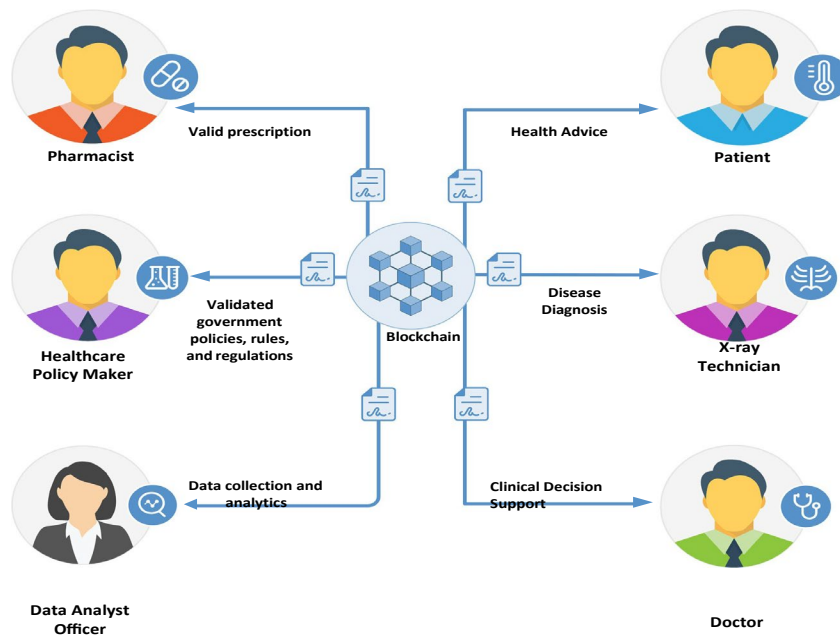
Τα σημερινά συστήματα διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης αντιμετωπίζουν βασικές προκλήσεις όσον αφορά τη διαφάνεια των δεδομένων, την ιχνηλασιμότητα, το αμετάβλητο, τον έλεγχο, την προέλευση των δεδομένων, την ευέλικτη πρόσβαση, την εμπιστοσύνη, το απόρρητο και την ασφάλεια. Επίσης, μεγάλο μέρος των υφιστάμενων συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης που αξιοποιούνται για τη διαχείριση δεδομένων είναι κεντρικά που ενέχουν πιθανούς κινδύνους μεμονωμένων σημείων αστοχίας σε περίπτωση φυσικών καταστροφών. Το Blockchain είναι μια αναδυόμενη και αποδιοργανωτική αποκεντρωμένη τεχνολογία που έχει τη δυνατότητα να σημειώσει σημαντική επανάσταση, να αναδιαμορφώσει και να μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο χειρίζονται τα δεδομένα στις βιομηχανίες στον χώρο της υγείας. Αυτή η τεχνολογία του blockchain για τα συστήματα διαχείρισης δεδομένων της υγειονομικής περίθαλψης μπορεί να οδηγήσει στην τόνωση καινοτομιών και να φέρει σημαντικές βελτιώσεις (Yaqoob et al., 2021).

Η ταχεία πρόοδος στο παράδειγμα του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things-IoT) έχουν φέρει επανάσταση στους κλάδους της υγειονομικής περίθαλψης φέρνοντας σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά τα αρχεία ηλεκτρονικής υγείας/ιατρικών αρχείων (EHR/EMR), τα δεδομένα συνταγογραφούμενων φαρμάκων και στις ασφαλιστικές πληροφορίες (Ray et al., 2020; Griggs et al., 2018). Οι ιατρικές συσκευές που βασίζονται στο IoT μπορούν να βοηθήσουν στην συλλογή ανεκτίμητων δεδομένων των ασθενών, να αυτοματοποιούν τις ροές εργασίας, να παρέχουν πληροφορίες για τα συμπτώματα και τις τάσεις της νόσου, να διευκολύνουν τους όρους της εξ' αποστάσεως φροντίδας και να παρέχουν στους ασθενείς περισσότερο έλεγχο για τη ζωή και τις θεραπείες τους (Aazam et al., 2020; Ali et al., 2020; Tao et al., 2018). Με τις συσκευές IoT, οι ασθενείς

μπορούν να παρακολουθούνται σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, μπορούν να μειώσουν την ανάγκη για επίσκεψη σε νοσοκομεία για τις καθημερινές ιατρικές εξετάσεις. Τα συνδεδεμένα συστήματα παρακολούθησης της υγείας στο σπίτι μπορούν συμβάλουν στη μείωση του κόστους παραμονής στο νοσοκομείο ή της επανεισδοχής. Οι ενεργοποιημένες ιατρικές συσκευές IoT μπορούν να βοηθήσουν στη διάγνωση μέσω ειδοποιήσεων και ενεργοποιούν τις ειδοποιήσεις πριν γίνει κάτι σοβαρό (Ali et al., 2021; Zhu et al., 2019). Οι αισθητήρες της ιατρικής συσκευής που είναι τοποθετημένοι σε διάφορα μέρη του σώματος του ασθενούς μπορούν να συλλέξουν και να στείλουν τα δεδομένα στο νοσοκομείο, όπου ένας επαγγελματίας υγείας μπορεί να τα αναλύσει για τυχόν ανωμαλίες (Yaqoob et al., 2021).

Αναμφίβολα, οι εξελίξεις του IoT έχουν οδηγήσει σε συνεχείς καινοτομίες στον τομέα της υγείας (Alam et al., 2019). Ωστόσο, ο χειρισμός των EHR/EMR με ασφαλή τρόπο έχει γίνει πολύ προκλητική επειδή αυτά τα δεδομένα διαδίδονται σε διάφορες ιατρικές εγκαταστάσεις (Shahnaz et al., 2019). Τα περισσότερα από τα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης είναι κεντρικά που είναι ευάλωτα σε ενιαίο σημείο αστοχιών και διαρροής πληροφοριών λόγω της αύξησης των επιθέσεων στον κυβερνοχώρο (Sengupta et al., 2020). Η διαρροή των προσωπικών και κρίσιμων πληροφοριών των ασθενών μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές συνέπειες. Επίσης, τα υπάρχοντα ιατρικά συστήματα υπολείπονται να παρέχουν διαφάνεια, αξιόπιστη ιχνηλασιμότητα, αμετάβλητο, έλεγχο, απόρρητο και ασφάλεια, κατά τη διαχείριση των EHR/EMR (Yue et al., 2016). Λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις προκλήσεις στα υπάρχοντα συστήματα της υγειονομικής περίθαλψης, η τεχνολογία blockchain έχει τη δυνατότητα να τα επιλύσει (Farouk et al., 2020; Chen et al., 2019; McGhin et al., 2019). Εκτιμάται ότι η υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση έως και 100-150 δισεκατομμυρίων δολαρίων ετησίως έως το 2025 στο κόστος που σχετίζεται με την παραβίαση δεδομένων και μέσω της μείωσης της απάτη και των προϊόντων απομίμησης (Arsene, 2022).

Το Blockchain είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που μπορεί να βοηθήσει στον εξορθολογισμό των λειτουργιών της διαχείρισης των δεδομένων των υπηρεσιών της υγείας παρέχοντας πρωτοφανή αποτελεσματικότητα των δεδομένων και επιβολής εμπιστοσύνης (Syed et al., 2019; Islam et al., 2019; Christidis & Devetsikiotis, 2016). Προσφέρει ένα ευρύ φάσμα σημαντικών και ενσωματωμένων χαρακτηριστικών, όπως αποκεντρωμένη αποθήκευση, διαφάνεια, αμεταβλητότητα, έλεγχος ταυτότητας, ευελιξία πρόσβασης δεδομένων, διασύνδεση και ασφάλεια, επιτρέποντας έτσι την ευρεία χρήση της τεχνολογίας blockchain για τη διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης (Hasselgren et al., 2020; Xie et al., 2019). Στο πιο κάτω εικόνα (εικόνα 2) απεικονίζει την ενεργοποίηση του blockchain στα συστήματα του χώρου της υγείας.



**Εικόνα 2:** Η τεχνολογία blockchain στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης (Farouk et al., 2020).

Η τεχνολογία Blockchain χρησιμοποιεί την έννοια των έξυπνων συμβολαίων όπου οι όροι και οι προϋποθέσεις τηρούνται από όλα τα μέρη της υγειονομικής περίθαλψης που συμμετέχουν στο δίκτυο συμφωνούνται, και ως εκ τούτου δεν απαιτείται ενδιάμεσος (Zheng et al., 2020; Gupta et al., 2020). Μειώνει τις περιττές διοικητικές δαπάνες. Η τεχνολογία blockchain βασίζεται κυρίως σε τρεις έννοιες, όπως τα δίκτυα peer-to-peer, την κρυπτογραφία των δημόσιων κλειδιών και των μηχανισμών συναίνεσης (Salah et al., 2019). Βασισμένο στην άδεια διαχείρισης, το blockchain χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες, τη δημόσια, την ιδιωτική και τη κοινοπραξία blockchains (Ali et al., 2018). Στα δημόσια blockchains, κάθε άτομο που είναι συνδεδεμένο στο διαδίκτυο μπορεί να συμμετάσχει στη συναινετική διαδικασία. Ακόμη, ενσωματώνουν κίνητρα και κρυπτογραφημένη επαλήθευση ψηφίων χρησιμοποιώντας μηχανισμούς απόδειξης εργασίας ή απόδειξης κατάστασης. Ολόκληρο το δημόσιο σύστημα blockchain είναι διαφανές, όπου η ταυτότητα κάθε συμμετέχοντος ατόμου παραμένει ψευδο-ανώνυμο. Σε ιδιωτικό blockchain, μόνο ένας οργανισμός έχει τον έλεγχο του δικτύου. Επομένως, ένας τέτοιος τύπος blockchain απαιτεί ένα αξιόπιστο αντιπρόσωπο για την επίτευξη της συναίνεσης. Η κοινοπραξία blockchain συνδυάζει τα πλεονεκτήματα τόσο του δημόσιου όσο και του ιδιωτικού δικτύου blockchain. Είναι κατάλληλο μόνο για ορισμένους οργανισμούς που στοχεύουν στον εξορθολογισμό της επικοινωνίας μεταξύ τους. Ως εκ τούτου, με βάση συγκεκριμένες απαιτήσεις ή σενάρια χρήσης, οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιονδήποτε τύπο δικτύου blockchain όπως όλα έχουν υπέρ και κατά (Yaqoob et al., 2021).

Στο παρελθόν, έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες για την υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain σε διαφορετικές εφαρμογές της υγειονομικής περίθαλψης (De Aguiar et al., 2020; McGhin et al., 2019;

Khezr et al., 2019; Agbo et al., 2019; Zhang et al., 2018). Σε αυτή την πτυχιακή εργασία έγινε προσπάθεια για να σημειωθούν οι σημαντικές πτυχές της τεχνολογίας blockchain σε σχέση με εγγενή χαρακτηριστικά, αναδυόμενες ευκαιρίες και πιθανές προκλήσεις. Επίσης, διερευνήθηκε και ο ρόλος της τεχνολογίας blockchain όσον αφορά τη διαχείριση των δεδομένων της υγειονομικής περίθαλψης.

## **3.6 Οφέλη της Τεχνολογίας Blockchain στη Διαχείριση των Υγειονομικών Δεδομένων.**

Σε αυτή την ενότητα αναλύονται με λεπτομέρεια τα κύρια οφέλη από την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στα συστήματα διαχείρισης των δεδομένων της υγειονομικής περίθαλψης.

### **3.6.1 Ακρίβεια των Υγειονομικών Δεδομένων**

Τα ιατρικά δεδομένα ενός ασθενούς είναι συνήθως κατακερματισμένα σε πολλές εγκαταστάσεις, σε κέντρα ιατρικής περίθαλψης και σε ασφαλιστικούς φορείς. Για να γίνει η λήψη ενός αξιόπιστου και ολοκληρωμένου ιατρικού ιστορικού της εξέτασης του ασθενούς, όλα τα κομμάτια των ιατρικών δεδομένων του ασθενούς πρέπει να ενσωματωθούν με αυτοματοποιημένο τρόπο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αποθήκευση όλων των ιατρικών δεδομένων των ασθενών (π.χ. ιστορικό συνταγών, δεδομένα συμπτωμάτων, μέθοδος θεραπείας, εγκαταστάσεις που αποκτήθηκαν, πληροφορίες πληρωμής και άλλες πληροφορίες) στο blockchain που διατηρεί πάντα ενημερωμένα, ανιχνεύσιμα και αδιάψευστα αρχεία (Wang et al., 2018). Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους επαγγελματίες υγείας να παρέχει αποτελεσματικές, έγκαιρες και σωστές θεραπείες στους ασθενείς. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain, οι πάροχοι της υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να έχουν πλήρη εικόνα του ιατρικού ιστορικού των ασθενών. Όλα τα αποθηκευμένα δεδομένα στο blockchain είναι αμετάβλητα, διαφανή, ανιχνεύσιμα και ασφαλή (Agbo et al., 2019).

### **3.6.2 Διαλειτουργικότητα των Υγειονομικών Δεδομένων**

Η διαλειτουργικότητα αναφέρεται στην ικανότητα της ανταλλαγής των πληροφοριών μεταξύ των συστημάτων που κατασκευάστηκαν από διαφορετικούς κατασκευαστές. Τα περισσότερα από τα προϊόντα των EHR/EMR βασίζονται σε διαφορετικές κλινικές τεχνολογίες, τεχνικές προδιαγραφές και λειτουργικές δυνατότητες (Reisman, 2017; Khan et al., 2014). Τέτοιες διαφορές εμποδίζουν τη δημιουργία και την κοινή χρήση των δεδομένων σε μία μορφή. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα συστήματα EHR είναι ενσωματωμένα στην ίδια πλατφόρμα που δεν είναι καν διαλειτουργική γιατί έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν ορισμένες συγκεκριμένες ανάγκες και προτιμήσεις ενός υγειονομικού ιδρύματος. Για να καταστούν τα δύο συστήματα EHR διαλειτουργικά, τα μηνύματα μετάδοσης θα πρέπει να βασίζονται σε τυποποιημένα κωδικοποιημένα δεδομένα (Dagher et al.,

2018). Ωστόσο, η έλλειψη τυποποιημένων δεδομένων είναι ένα κρίσιμο ζήτημα που περιορίζει τη δυνατότητα της κοινής χρήσης των δεδομένων ηλεκτρονικά για τη φροντίδα των ασθενών. Αυτός ο περιορισμός μπορεί να ξεπεραστεί χρησιμοποιώντας μια τεχνολογία που βασίζεται σε blockchain σύστημα διαχείρισης δεδομένων στην υγειονομική περίθαλψη. Όλα τα EHR/EMR δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στο σύστημα blockchain ακολουθεί έναν τυποποιημένο κώδικα δεδομένων και έτσι, μπορεί εύκολα να προσπελαστεί και να χρησιμοποιηθεί από οποιαδήποτε εγκατάσταση που σχετίζεται με την υγειονομική περίθαλψη (Yaqoob et al., 2021).

### **3.6.3 Ασφάλεια των Υγειονομικών Δεδομένων**

Από την τελευταία δεκαετία, πολλοί οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης έχουν πέσει θύματα επιθέσεων κυβερνο-ασφάλειας που θα μπορούσαν να αποφευχθούν. Ένας μεγάλος αριθμός βιομηχανιών του χώρου της υγείας εφαρμόζουν το εγχειρίδιο των συστημάτων που βασίζονται σε κεντρική υποδομή για χειρισμό των ψηφιακών ιατρικών φακέλων. Τέτοια συστήματα έχουν γίνει αρκετά ξεπερασμένα, και έτσι μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν και να παραβιαστούν με δόλια πρόθεση (Khan et al., 2020). Επίσης, μπορεί να χαθούν ιατρικά αρχεία σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών επειδή η συγκέντρωση τους είναι ευάλωτη σε μεμονωμένο σημείο αποτυχίας. Το Blockchain μπορεί να βοηθήσει να εξαλειφτεί ο κίνδυνος κλοπής των δεδομένων ή κακού χειρισμού μέσω του χαρακτηριστικού της αμεταβλητότητας που βασίζεται σε κρυπτογραφικές αρχές. Τα υγειονομικά δεδομένα που αποθηκεύονται στο blockchain είναι επίσης ασφαλή από ζημιές που προέρχονται από φυσικές καταστροφές ή την κατάρρευση των ιατρικών εγκαταστάσεων επειδή τα ίδια τα δεδομένα αποθηκεύονται σε πολλές τοποθεσίες, επομένως δεν υπάρχει κεντρικό σημείο αποτυχίας (Yaqoob et al., 2021).

### **3.6.4 Κόστος Διαχείρισης των Υγειονομικών Δεδομένων**

Ένα υψηλό κόστος χειρισμού που σχετίζεται με την ανάκτηση και τη μεταφορά των δεδομένων των ασθενών είναι μια άλλη σημαντική ανησυχία που εγείρουν τα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένας ιατρικός φάκελος του ασθενή κατανέμεται σε διάφορες υγειονομικές εγκαταστάσεις. Η περισυλλογή των πλήρη ιατρικών αρχείων του ασθενούς χειρόγραφα ή από αποδιοργανωμένα συστήματα διαχείρισης των νοσοκομειακών αρχείων μπορεί να οδηγήσουν σε υπερβολικό χρόνο και κόστος (Vazirani et al., 2020). Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να συμβάλει στη μείωση του διοικητικού κόστους που επιβάλλουν τρίτα μέρη που εμπλέκονται στα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης (Kassab et al., 2019). Επίσης, αυτό επιτρέπει την ευέλικτη πρόσβαση των δεδομένων στον ιατρικό φάκελο του ασθενούς, το οποίο συλλέγεται και αποθηκεύεται από διάφορες πηγές, όπως τα δεδομένα των ασθενών, την προσωπική φορητή συσκευή και των συσκευών χειρός, από τα EMR. Με αυτόν τον τρόπο, το blockchain μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κόστους των ιατρικών εταιρειών γιατί μπορούν



εύκολα να έχουν πρόσβαση σε πλήρη δεδομένα των ασθενών χωρίς να πηγαίνουν σε πολλές τοποθεσίες όπου υπήρχαν τέτοια δεδομένα αποθηκευμένα (Yaqoob et al., 2021).

### **3.6.5 Παγκόσμια Κοινή Χρήση των Υγειονομικών Δεδομένων**

Σε ορισμένα ιατρικά σενάρια έκτακτης ανάγκης, μια διεξοδική γνώση του ιατρικού ιστορικού του ασθενούς είναι υποχρεωτική πριν την συνταγογράφηση οποιουδήποτε φαρμάκου για την κατάλληλη θεραπεία (Kumar et al., 2018). Για παράδειγμα, όταν κάποιος ασθενής που πάσχει από ένα σοβαρό είδος ασθένειας ταξίδεψε εκτός χώρας και μπορεί να χρειαστεί να συμβουλευτεί έναν ιατρό σε περίπτωση κάποιας ξαφνικής επείγουσας ανάγκης. Σε μια τέτοια περίπτωση, ένας επαγγελματίας ιατρός συνήθως απαιτεί τον προηγούμενο ιατρικό φάκελο του ασθενούς για καλύτερη και ποιοτική προσφορά υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης. Το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς μπορεί να βοηθήσει τους ιατρούς να αναλύσουν διάφορες πτυχές, όπως ένα ιατρικό ιστορικό, πληροφορίες μιας φαρμακευτικής αλλεργίας και αρχεία προηγούμενων θεραπειών, οι οποίες μπορούν να οδηγήσουν στη χάραξη βέλτιστων στρατηγικών θεραπειών. Ωστόσο, τα περισσότερα υπάρχοντα συστήματα διαχείρισης της υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται σε μεθόδους χειροκίνητης αποθήκευσης και επεξεργασίας και επομένως δεν προσφέρουν παγκόσμια πρόσβαση και χαρακτηριστικά ιχνηλασιμότητας (Xia et al., 2017). Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να επιτυγχάνονται μέσω της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain.

### **3.6.6 Βελτιωμένος Έλεγχος των Υγειονομικών Δεδομένων Περίθαλψης**

Διενεργούνται έλεγχοι στις βιομηχανίες υγειονομικής περίθαλψης για την επαλήθευση είτε ακολουθούν είτε όχι ορισμένες πολιτικές, διαδικασίες, κανόνες, κανονισμούς και νόμους που επιβάλλονται από τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης. Μια διαδικασία ελέγχου βοηθά στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας ενός σχεδίου συμμόρφωσης με την υγειονομική περίθαλψη μέσω συστηματικών και αντικειμενικών αξιολογήσεων. Στις μέρες μας τα περισσότερα από τα συστήματα διαχείρισης των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης είναι χειροκίνητα και απουσιάζουν έξυπνες λειτουργίες συντονισμού και ολοκλήρωσης. Επίσης, είναι ευάλωτα σε παραβίαση των δεδομένων και σε μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις. Κατά συνέπεια, τέτοιοι περιορισμοί εμποδίζουν την διαδικασία ελέγχου και την ποιότητά του. Η τεχνολογία Blockchain διευκολύνει τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης να διαχειρίζονται τα δεδομένα τους σε ένα επαληθεύσιμο, απαραβίαστο και μόνιμο τρόπο, ως εκ τούτου αποδεικνύοντας την αξιοπιστία των αποθηκευμένων υγειονομικών δεδομένων. Αυτό επιτρέπει στους ελεγκτές να επαληθεύουν εύκολα τις πραγματοποιηθείσες συναλλαγές στις πλατφόρμες του blockchain. Ο έλεγχος των δεδομένων της υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται σε blockchain μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών στους ασθενείς, καθώς και στη διατήρηση των ιδρυμάτων υγειονομικής περίθαλψης σε συμμόρφωση με τις απαραίτητες νομικές απαιτήσεις και κανονισμούς. Επίσης,

μπορεί να βοηθήσει στην αποφυγή περιττών δεδομένων (Yaqoob et al., 2021).

## **3.7 Ευκαιρίες και Προκλήσεις από την Εφαρμογή της Τεχνολογίας Blockchain στην Υγειονομική Περίθαλψη**

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται η αναφορά στο πώς η τεχνολογία blockchain μπορεί να βοηθήσει στον εξορθολογισμό των λειτουργιών διαχείρισης των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, επιφέροντας σημαντικές βελτιώσεις.

### **3.7.1 Βελτιωμένη Ιχνηλασιμότητα Φαρμάκων**

Στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης, η απάτη με τα φάρμακα έχει γίνει ένα διαδεδομένο πρόβλημα. Μόλις η διαδικασία παρασκευής του φαρμάκου έχει ολοκληρωθεί, χρειάζεται να μεταφερθεί στους μεταπωλητές από τα αποθέματα παραγωγής, οι οποίοι περαιτέρω να το μεταβιβάσουν στις εταιρείες λιανικής που το πωλούν στους πελάτες. Κατά τη διάρκεια αυτού του κύκλου της εφοδιαστικής αλυσίδας, υπάρχει πάντα ο κίνδυνος εισαγωγής πλαστών φαρμάκων (Tendulkar et al., 2020; Pandey & Litoriya, 2020). Έχει αναφερθεί ότι η αγορά πλαστών φαρμάκων αξίζει 200 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως (Yukhymenko, 2019). Ο οργανισμός χρηματοδότησης της έρευνας για την υγεία ανέφερε ότι περίπου το 10%-30% των φαρμάκων που πωλούνται ανα το παγκόσμιο είναι πλαστά. Αυτά τα στατιστικά στοιχεία δείχνουν ότι οι φαρμακευτικές βιομηχανίες είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στα πλαστά φάρμακα. Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να βοηθήσει στην παρακολούθηση της αλυσίδας παραγωγής του φαρμάκου (Sahoo et al., 2020).

Οι συναλλαγές που βασίζονται σε blockchain είναι αμετάβλητες και έχουν χρονική σήμανση, που διασφαλίζουν ότι οι πληροφορίες δεν μπορούν να παραβιαστούν. Οι φαρμακοβιομηχανίες μπορούν είτε να απασχολούν δημόσια είτε ιδιωτικά συστήματα blockchain ανάλογα με τις ανάγκες της επιχείρησής τους. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain, μπορεί κανείς να αποκτήσει την πλήρη διαδρομή του φαρμάκου. Μόλις το φάρμακο μετακινηθεί από μια θέση σε άλλη, οι πληροφορίες κίνησής του μπορούν να αποθηκευτούν στο blockchain που βοηθά στη βελτίωση της ιχνηλασιμότητας του φαρμάκου και μειώνει τον κίνδυνο για πλαστά φάρμακα (Yaqoob et al., 2021).

### **3.7.2 Διαχείριση των Αρχείων των Ασθενών**

Γενικά, κάθε ασθενής είναι μοναδικός, επομένως δεν μπορούν να εφαρμοστούν παρόμοιες στρατηγικές ασθενών λόγω της μεταβλητότητας μεταξύ των ατόμων. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να υπάρχει πρόσβαση στα ολοκληρωμένα ιατρικά αρχεία για την παροχή εξατομικευμένης φροντίδας. Ωστόσο, η κοινή χρήση τέτοιων αρχείων μεταξύ της ιατρικής

κοινότητας έχει γίνει ένα πολύ κρίσιμο ζήτημα γιατί τα περισσότερα από τα υπάρχοντα ιατρικά συστήματα δεν διασφαλίζουν την εμπιστοσύνη, το απόρρητο και την ασφάλεια (Tanwar et al., 2020).

Επίσης, οι ασθενείς δεν μπορούν να διεκδικήσουν την πλήρη ιδιοκτησία των ιατρικών αρχείων τους γιατί μπορούν επίσης να τροποποιήσουν ή να διαγράψουν τις πληροφορίες από τα ιατρικά τους αρχεία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, όταν οι ασθενείς μεταβαίνουν σε άλλη ιατρική μονάδα πρέπει να επαναλάβουν τις εξετάσεις που έγιναν προηγουμένως, οι οποίες συνεπάγονται με επιπρόσθετο κόστος. Το Blockchain είναι μια πιθανή τεχνολογία που μπορεί να βοηθήσει να ξεπεραστούν οι προαναφερθείσες προκλήσεις. Αποθηκεύει δεδομένα μέσω ενός αποκεντρωμένου δικτύου peer-to-peer, το οποίο είναι μόνο προσβάσιμο χρησιμοποιώντας έξυπνα σύμβολα. Τέτοια δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν από το ένα νοσοκομείο στο άλλο χωρίς να ανησυχούν οι ασθενείς για κακή χρήση. Κατά συνέπεια, βοηθά τους νέους ιατρούς να γνωρίζουν για το προηγούμενο ιατρικό ιστορικό των ασθενών, το οποίο τους οδηγεί να κατανοήσουν καλύτερα την κατάσταση και να τους αντιμετωπίσουν αναλόγως. Ακόμη, το blockchain βοηθά στη μείωση του πρόσθετου κόστους, επειδή οι ασθενείς δεν χρειάζεται να επαναλάβουν τις διαγνωστικές εξετάσεις που ολοκληρώθηκαν νωρίτερα. Κάθε αντίγραφο του αρχείου του ασθενούς αποθηκεύεται σε πολλούς κόμβους που εμπλέκονται στο δίκτυο blockchain, καθιστώντας το διαφανές και χωρίς διαφθορά (Pandey & Litoriya, 2020).

### **3.7.3 Κλινικές Δοκιμές και Έρευνες**

Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να αυξήσει την αξιοπιστία των δεδομένων που συλλέχθηκαν κατά την έρευνα μιας κλινικής δοκιμής. Διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων, η οποία οδηγεί στην αντιμετώπιση του προβλήματος της αναφοράς λανθασμένων δεδομένων της κλινικής δοκιμής (Omar et al., 2019). Παρέχει περισσότερη διαφάνεια και συμβάλλει στη βελτίωση της ακρίβειας στην ανάλυση των δεδομένων, τα οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν στα δεδομένα που συλλέγονται από την κλινική δοκιμή. Η αξιοποίηση του blockchain στην έρευνα μιας κλινικής δοκιμής μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση πολλών σημαντικών προκλήσεων, όπως η στρατολόγηση του ασθενή, την ιχνηλάτηση και έλεγχος της κλινικής αλυσίδας εφοδιασμού, την αποκατάσταση της ακεραιότητας στα δοκιμαστικά δεδομένα και μείωση του συνολικού χρόνου για τη διεξαγωγή των κλινικών δοκιμών. Στην ιατρική ακριβείας, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση των γονιδιωματικών αλληλουχιών, κάτι που βοηθά για την προληπτική αντιμετώπιση όλων των ειδών ασθενειών και παθήσεων που προκαλούνται από γενετική διαταραχή (Pandey & Litoriya, 2020).

Έχει αναφερθεί ότι το 10% των χρόνιων ασθενειών που εμφανίζονται σε ενήλικες πληθυσμούς είναι γενετικά κληρονομικές. Τέτοιες ασθένειες και παθήσεις μπορεί να αντιμετωπίζονται

προληπτικά με την κατανόηση του προφίλ του DNA των ατόμων, το οποίο απαιτεί γονιδιωματική αλληλουχία. Ωστόσο, υπάρχουν προκλήσεις, όπως η διαλειτουργικότητα των δεδομένων DNA και την προθυμία των οργανισμών να μοιραστούν τέτοια δεδομένα μεταξύ τους. Η τεχνολογία που βασίζεται σε blockchain η αποθήκευση των δεδομένων του DNA μπορεί να επιτρέψει στα άτομα να κατέχουν και να ελέγχουν τα δεδομένα τους. Αυτό εξαλείφει την ανάγκη για κεντρικές βάσεις δεδομένων που ανήκουν σε τρίτα μέρη, οι οποίες είναι εξαιρετικά ευάλωτες στην παραβίαση τους από χάκερς. Καθώς τα δεδομένα των ατόμων είναι ασφαλή και αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων του blockchain, μπορούν να μοιράζονται τα δεδομένα τους με οποιονδήποτε για ιατρική έρευνα, μελέτες δημόσιας υγείας, και την ανάπτυξη φαρμάκων (Yaqoob et al., 2021).

### **3.7.4 Διατήρηση Συνεπών Αδειών**

Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να προσφέρει δύο λύσεις όσον αφορά την απρόσκοπτη και ασφαλή άδεια διαχείρισης. Τα έξυπνα συμβόλαια που βασίζονται σε blockchain μπορούν να βοηθήσουν στην παραχώρηση της πρόσβασης χρησιμοποιώντας προκαθορισμένους κανόνες που έχουν συμφωνηθεί, από πριν, από όλα τα άτομα που εμπλέκονται στη σύμβαση. Αυτές οι συμβάσεις μπορεί να είναι προσαρμοσμένες για αυτοματοποίηση διαφορετικών ροών εργασίας. Από την άλλη πλευρά, τα κρυπτογραφικά κλειδιά επιτρέπουν στους ασθενείς να διαχειρίζονται τον έλεγχο της πρόσβασης. Κάθε ασθενής έχει ένα κύριο κλειδί που βοηθά να ξεκλειδώσουν τα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης. Ο ασθενής μπορεί επίσης να μοιραστεί το αντίγραφο του σε ιατρούς ή νοσοκομεία όταν χρειάζεται. Η ανάγνωση και τα δικαιώματα πρόσβασης εγγραφής μπορούν επίσης να προστεθούν μέσω των έξυπνων συμβάσεων. Οι έξυπνες επαφές και τα κρυπτογραφικά κλειδιά που βασίζονται σε blockchain μπορούν να βοηθήσουν στην ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων που συνήθιζαν να συμβαίνουν λόγω ανθρώπινης αμέλειας. Επίσης, το blockchain μειώνει τον χρόνο συλλογής των δεδομένων των ασθενών (Yaqoob et al., 2021).

### **3.7.5 Προστασία των Συστημάτων Τηλεϊατρικής**

Αν και τα συστήματα τηλεϊατρικής έχουν δυνατότητες να ξεπεράσουν τα γεωγραφικά εμπόδια στην υγειονομική περίθαλψη, είναι ευάλωτα σε επιθέσεις στον κυβερνοχώρο. Εάν η δημιουργηθείσα εικονική σύνδεση μεταξύ ιατρού και ασθενούς τίθεται σε κίνδυνο (παραβίαση), μπορεί να θέτουν σε κίνδυνο τις ευαίσθητες πληροφορίες των ασθενών, όπως για παράδειγμα τις οικιακές δραστηριότητες, συνήθειες μεταδόσεις δεδομένων και εσωτερικές πληροφορίες επωνυμίας. Η επιτυχία των συστημάτων τηλεϊατρικής εξαρτώνται κυρίως από την αντιμετώπιση των προβλημάτων ασφάλειας και ιδιωτικότητας. Το Blockchain μπορεί να βοηθήσει στην παροχή εμπιστοσύνης, ασφάλειας και απορρήτου στην προστασία των συστημάτων τηλεϊατρικής. Μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία μιας απρόσκοπτης ανταλλαγής δεδομένων χωρίς διαμεσολαβητή όπου αυτό αυξάνει την εμπιστοσύνη των χρηστών στα συστήματα τηλεϊατρικής. Δίνει τη δυνατότητα

στους ιατρούς να αποθηκεύουν λεπτομερές ιστορικό των ασθενών, αρχεία θεραπείας / διαδικασιών και εργαστηριακά αποτελέσματα σε αποκεντρωμένη, προσιτή, ανιχνεύσιμη και αμετάβλητο τρόπο. Ένα από βασικά εμπόδια στην υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain σε συστήματα τηλεϊατρικής περίθαλψης είναι ότι μπορεί να αυξήσει το κόστος για τους ασθενείς που ήδη διαμένουν σε απομακρυσμένες περιοχές όπου οι οικονομικοί πόροι είναι πολύ περιορισμένοι (Yaqoob et al., 2021).

### **3.7.6 Βελτιστοποίηση της υγειονομικής ασφαλιστικής κάλυψης**

Επί του παρόντος, οι περισσότερες ασφαλιστικές εταιρείες βασίζονται σε κεντρικά συστήματα και τεχνολογίες για την αποθήκευση και την επεξεργασία των δεδομένων τους. Συνήθως, πολλά τρίτα μέρη ή μεσάζοντες είναι που εμπλέκονται σε όλο τον κύκλο ζωής μιας πολιτικής ασφάλισης υγείας. Επιπλέον, στον ασφαλιστικό κόσμο, η πληροφόρηση μοιράζεται μεταξύ διαφόρων ενδιαφερομένων, γεγονός που τη καθιστά κουραστική και χρονοβόρα διαδικασία (Yaqoob et al., 2021).

Η τεχνολογία Blockchain προσφέρει ένα πρωτόγνωρο επίπεδο διαφάνειας, επειδή καταγράφει όλες τις συναλλαγές που εκτελούνται σε αυτό με έναν τρόπο αποκεντρωμένο, απαραβίαστο, ανιχνεύσιμο, αμετάβλητο και ασφαλή. Το Blockchain έχει τη δυνατότητα να ξεπεράσει το πρόβλημα της διαλειτουργικότητας. Χρησιμοποιώντας έξυπνα συμβόλαια, αρχεία συμφωνιών, συναλλαγές και άλλες πληροφορίες μπορούν να συλλεχθούν με αυτοματοποιημένο τρόπο, που μπορεί να οδηγήσει στη βελτίωση των διοικητικών διαδικασιών. Επίσης, τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό πλαστών ή υπερβολικών ασφαλιστικών απαιτήσεων. Η μεγαλύτερη διαφάνεια είναι ένα άλλο πλεονέκτημα της τεχνολογίας blockchain γιατί δίνει τη δυνατότητα στους ιατρούς να βλέπουν τη κάλυψη υγείας των ασθενών. Το Blockchain μπορεί να βοηθήσει στην απλοποίηση της διαδικασίας ασφάλισης υγείας και στη βελτίωση της ακρίβειας του καταλόγου παρόχων μέσω πρωτοκόλλων συναίνεσης. Ως εκ τούτου, το blockchain είναι απίστευτα μια πολύτιμη πρόταση για τις εταιρείες ασφάλισης υγείας (Yaqoob et al., 2021).

### **3.7.7 Ιατρικά Συστήματα Τιμολόγησης**

Παλαιότερα, οι παραδοσιακοί τρόποι των συστημάτων χρέωσης των ασθενών έχουν εκτεθεί σε διάφορους τύπους απάτης. Ακόμη, η υπάρχουσα διαδικασία χρέωσης καταναλώνει περισσότερους πόρους και χρόνο για τη δημιουργία πληροφοριών χρέωσης. Η πολύπλοκη κωδικοποίηση που εμπλέκονται στο ιατρικό σύστημα τιμολόγησης είναι ένας από τους κύριους λόγους που προκαλούν ακούσιες ανακρίβειες τιμολόγησης, για παράδειγμα οι διπλές διαδικασίες ή λανθασμένες αρχειοθετήσεις. Συνδυάζοντας τις μεθόδους κωδικοποίησης με τη βοήθεια υπολογιστή με τα συστήματα blockchain μπορούν να οδηγήσουν στη βελτιστοποίηση των ιατρικών συστημάτων

χρέωσης. Το Blockchain είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία που μπορεί να κάνει τη διαδικασία πληρωμής να είναι πολύ πιο εύκολη και ασφαλής σε σύγκριση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις χρέωσης που στις περισσότερες περιπτώσεις ακολουθούν ασυνήθιστη καθυστέρηση στη διεκδίκηση των λογαριασμών. Συγκεκριμένα, στις περιπτώσεις των ασφαλιστικών απαιτήσεων, όπου χρησιμοποιούνται παραδοσιακά συστήματα πληρωμών να προκαλέσει ακόμη μεγαλύτερη καθυστέρηση στην πληρωμή των απαιτήσεων. Το Blockchain μπορεί να μετριάσει αυτούς τους περιορισμούς αποθηκεύοντας όλα τα δεδομένα με ένα αμετάβλητο τρόπο, που επιτρέπει στους ασφαλιστικούς φορείς να πληρώνουν τις ασφαλιστικές αποζημιώσεις γρηγορότερα, μειώνοντας τους επιπλέον πόρους, χρόνο και κόστος (Yaqoob et al., 2021).

# Κεφάλαιο 4

## Μεθοδολογία

### 4.1 Περιγραφή Στρατηγικής Αναζήτησης

Στην παρούσα διπλωματική μελέτη έγινε μια συστηματική ανασκόπηση της διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας μέσω έγκυρων βάσεων δεδομένων, για την διερεύνηση των νεότερων επιστημονικών δεδομένων όσο αφορά τη τεχνολογία blockchain στο χώρο της υγείας, τις υλοποιήσεις, τα οφέλη, τις βέλτιστες πρακτικές, τη διεθνής πρακτική με ιδιαίτερη έμφαση στα θέματα ασφάλειας ευαίσθητων δεδομένων. Διεξάχθηκε μια βιβλιογραφική ανασκόπηση στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία στις βάσεις δεδομένων PubMed, στη Science Direct και στη Google Scholar. Ως τίτλοι αναζήτησης χρησιμοποιήθηκαν οι όροι και λέξεις κλειδιά: «blockchain», «health care», «hospital information system», «health informatics», «implementations», «benefits», «best practices», «international practice», «sensitive», «data», «security». Αυτές οι λέξεις κλειδιά είχαν αποδομηθεί από την ανάγνωση του τίτλου και των επιμέρους στόχους και θα γίνει η χρήση των λέξεων «AND» και «OR»

### 4.2 Κριτήρια Ένταξης και Αποκλεισμού

Στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση επιλέχθηκαν ποσοτικές έρευνες που πληρούσαν τα πιο κάτω κριτήρια:

- Πρωτογενείς ερευνητικές μελέτες.
- Μελέτες που ήταν στα αγγλικά ή στα ελληνικά.
- Που είχαν δημοσιευθεί τα τελευταία 5 χρόνια.
- Να αφορούν την τεχνολογία blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.
- Οι μελέτες είχαν πρόσβαση στο πλήρες κείμενο.

Αποκλείστηκαν οι μελέτες που δεν τηρούσαν τα πιο πάνω κριτήρια ένταξης. Αναλυτικά, είχαν αποκλειστεί οι μελέτες που:

- Δεν ήταν πρωτογενείς ερευνητικές μελέτες.
- Ήταν γραμμένες σε άλλη γλώσσα.
- Είχαν δημοσιευθεί πριν το 2017.

- Δεν αφορούσαν την τεχνολογία blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.
- Δεν είχαν πρόσβαση στο πλήρες κείμενο.
- Ήταν διπλές.

### 4.3 Συλλογή Δεδομένων και Εξαγωγή Δεδομένων

Σχεδιάστηκε ένα πρότυπο για τη συλλογή των απαιτούμενων πληροφοριών για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων. Είχαν χρησιμοποιηθεί τα δεδομένα όπως τα ονόματα των συγγραφέων, χώρα και έτος δημοσίευσης, τον σκοπό της κάθε μελέτης καθώς και τα κύρια αποτελέσματα της μελέτης. Συγκεκριμένα, με βάση τα αποτελέσματα της κάθε μελέτης είχαν ταξινομηθεί και προσδιοριστεί στις εξής κατηγορίες:

(1) Περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία blockchain στην υγειονομική περίθαλψη και σε ποιο πεδίο της υγειονομικής περίθαλψης, όπως τα ηλεκτρονικά ιατρικά αρχεία (EMR), βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση, απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών, φάρμακα ή φαρμακευτικές αλυσίδες εφοδιασμού, αξιώσεις ασφάλισης υγείας, αναλύσεις δεδομένων υγείας ή άλλους τομείς.

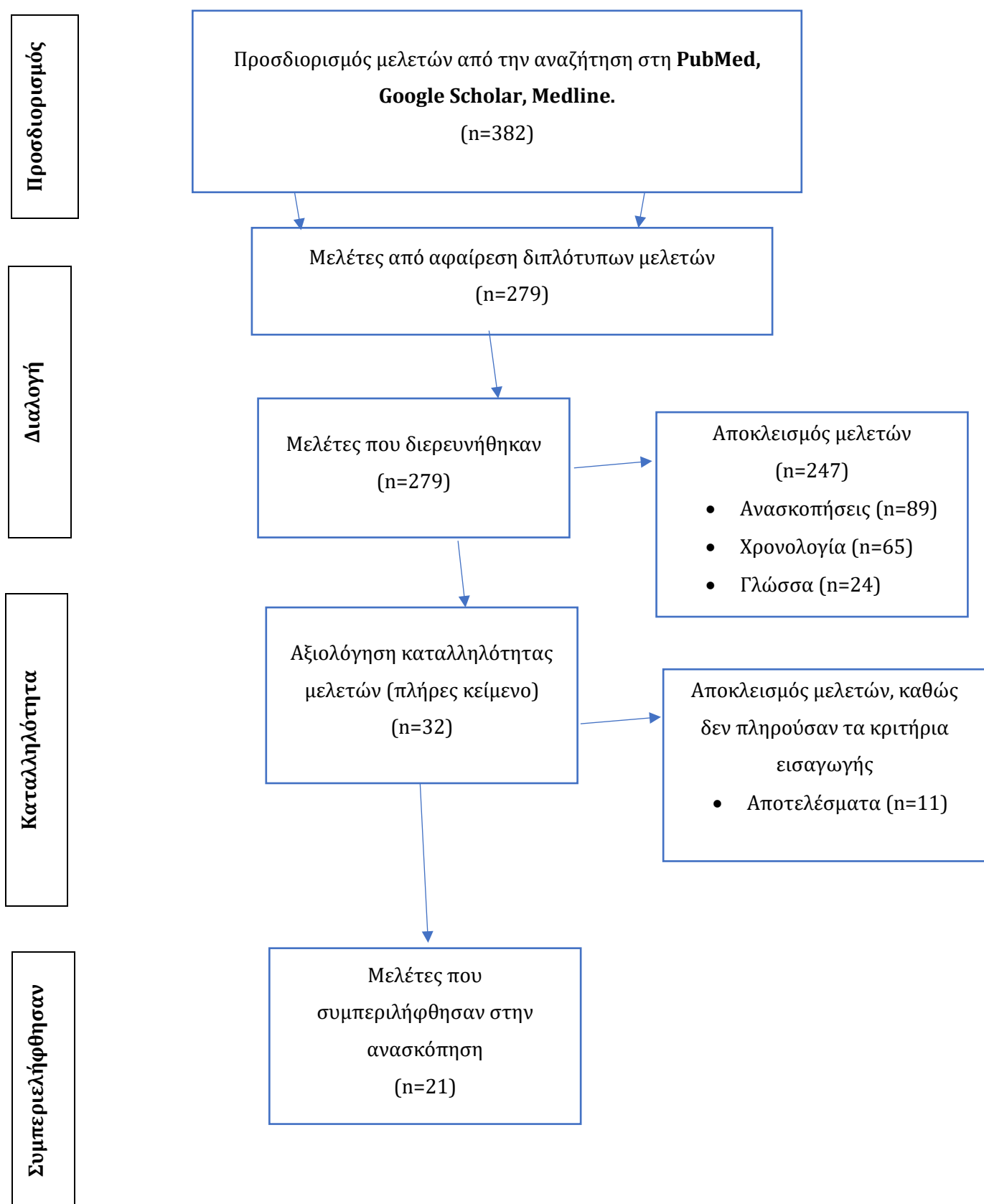
(2) Λόγοι για τη χρήση της τεχνολογίας blockchain στην υγειονομική περίθαλψη, όπως ακεραιότητα δεδομένων, έλεγχος πρόσβασης, καταγραφή, έκδοσης δεδομένων.

### 4.4 Τελική Επιλογή Μελετών Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης

Συνολικά εντοπίστηκαν 382 μελέτες από τη βάση δεδομένων PubMed. Μετά από αφαίρεση των διπλότυπων μελετών, 279 αναφορές αξιολογήθηκαν με βάση τον τίτλο και την περίληψη. Από τις μελέτες αυτές οι 247 στο σύνολο τους δεν πληρούσαν τα κριτήρια εισόδου κι αποκλείστηκαν. Οι υπόλοιπες 32 μελέτες αξιολογήθηκαν για την καταλληλότητα τους με βάση το πλήρες κείμενο. Έπειτα από αξιολόγηση αυτών οι 11 μελέτες κρίθηκαν ότι δεν πληρούσαν τα κριτήρια εισόδου και αποκλείστηκαν. Στην τελική, 21 μελέτες είχαν κριθεί κατάλληλες και συμπεριλήφθησαν στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση. Η διαδικασία επιλογής των μελετών απεικονίζεται στο διάγραμμα ροής 1.



**Διάγραμμα ροής 1:** Διαγραμματική απεικόνιση της ροής των αποτελεσμάτων της στρατηγικής αναζήτησης (Moher et al., 2009).



# Κεφάλαιο 5

## Αποτελέσματα

Στο σύνολο τους οι επιλεγμένες μελέτες είχαν δημοσιευτεί από το 2017. Αυτό δείχνει ότι η τεχνολογία blockchain σε περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης είναι πολύ νέα. Σημειώνεται ότι από τις 21 μελέτες που είχαν επιλεγεί, η πλειοψηφία τους (n=9) δημοσιεύθηκαν το 2018, οι 7 δημοσιεύθηκαν το 2017, οι 3 δημοσιεύθηκαν το 2019, 1 δημοσιεύθηκε το 2020 και ακόμη 1 δημοσιεύθηκε το 2021.

Η χώρα διεξαγωγής των μελετών ήταν: Κίνα (n=4), Ταιβάν (n=2), Ολλανδία (n=2), ΗΠΑ (n=2), Ηνωμένο Βασίλειο (n=2), και από μία ο Καναδάς, η Γαλλία, η Ιαπωνία, η Δανία, η Ελβετία, η Ιταλία, η Ινδία, η Ταϊλάνδη και η Ν. Κορέα. Αυτή η μεγάλη γεωγραφική κατανομή των 21 επιλεγμένων μελετών δείχνει ότι η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στο τομέα της υγείας έχει συγκεντρώσει το ερευνητικό ενδιαφέρον γύρω από όλο τον κόσμο.

Κάθε μία από τις επιλεγμένες κύριες μελέτες αφορούσε μία ή περισσότερες διαφορετικές πτυχές των περιπτώσεων χρήσης της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγείας. Επομένως, οι περιπτώσεις χρήσης που εντοπίστηκαν χρησιμοποιήθηκαν για την περαιτέρω ταξινόμηση των επιλεγμένων μελετών. Από τις 21 επιλεγμένες μελέτες, οι 12 ασχολήθηκαν με την εφαρμογή του blockchain στην διαχείριση των EMR, οι 4 ασχολήθηκαν με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain στη βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση, και 3 απέδειξαν τη χρήση της τεχνολογίας blockchain στην παρακολούθηση και διαχείριση των ασθενών που βρίσκονταν σε απομακρυσμένες περιοχές. Οι υπόλοιπες μελέτες αφορούσαν τη χρήση της τεχνολογίας blockchain σε αλυσίδες εφοδιασμού φαρμάκων ή φαρμακευτικών προϊόντων (n=1) και απαιτήσεις ασφάλισης υγείας (n=1). Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 1) συνοψίζονται αυτές οι 21 μελέτες ως προς του συγγραφείς, την χώρα προέλευσης, τον σκοπό της κάθε μελέτης, σε πιο πεδίο της υγειονομικής περίθαλψης χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία blockchain, την χρησιμότητα και τους λόγους που χρησιμοποιήθηκε και ποια τεχνολογία χρησιμοποιήθηκε.

**Πίνακας 2:** Ενδεικτική παρουσίαση μελετών της τελευταίας 5ετίας για την διερεύνηση των νεότερων επιστημονικών δεδομένων όσο αφορά τη τεχνολογία blockchain στο χώρο της υγείας.

Ερευνητές και χρονολογία	Χώρα διεξαγωγής	Σκοπός	Πεδίο εφαρμογής του blockchain	Λόγοι που χρησιμοποιήθηκε	Τεχνολογία Blockchain
Jiamsawat et al., 2021	Ταϊλάνδη	Να ληφθεί μια απαίτηση και να υποστηριχθεί η κατανεμημένη συναλλαγή του EMR μεταξύ του ιατρικού προσωπικού του ΤΑΕΠ του νοσοκομείο Galyanivadhanakarun, της νότιας Ταϊλάνδης.	Διαχείριση των EMR του ΤΑΕΠ με βάση το Blockchain	Αυτή η μέθοδος επέτρεψε την ασφαλή ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των κόμβων (peer to peer) και διασφαλίζει τη συναλλαγή, μέσω των δικτύων, την ασφαλή και ακριβή μετάδοση των δεδομένων.	Δεν αναφέρεται
Niu, 2021.	Κίνα	Η έξυπνη ηλεκτρονική ιατρική τεχνολογία blockchain και η νοσοκομειακή τυποποιημένη διαχείριση της νοσηλευτικής φροντίδας συνδυάζονται για την ανάπτυξη της έξυπνης ιατρικής τυποποιημένης λειτουργίας διαχείρισης της νοσηλευτικής φροντίδας.	Ηλεκτρονικά Ιατρικά Αρχεία (EMR)	Να συγκριθεί η νοσηλευτική ποιότητα μεταξύ του παραδοσιακού τρόπου διαχείρισης της αίθουσας πεπτικής ενδοσκόπησης και του τυποποιημένου τρόπου διαχείρισης νοσηλευτικής μέσω της έξυπνης ιατρικής (blockchain).	Δεν αναφέρεται
Lee et al., 2020.	Ταϊβάν	Να δημιουργήσει μια αρχιτεκτονική βασισμένη σε blockchain για μια διεθνή πλατφόρμα ανταλλαγής αρχείων υγείας για να διασφαλίσει το απόρρητο, την ακεραιότητα και τη διαθεσιμότητα των αρχείων υγείας.	Προσωπικά Ιατρικά δεδομένα (PHR)	Η αρχιτεκτονική blockchain PHR που κατασκευάστηκε σε αυτή τη μελέτη είναι μια αποτελεσματική μέθοδος για τη διαχείριση και τη χρήση των PHR.	Ethereum
Omar et al., 2019.	ΗΠΑ	Να παρουσιαστεί ένα σύστημα διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης με επίκεντρο τον ασθενή που χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain ως αποθήκευση και που βοηθά στην επίτευξη του απορρήτου.	Ηλεκτρονικά Ιατρικά Αρχεία (EMR)	Οι ασθενείς θα έχουν τον συνολικό έλεγχο των δεδομένων τους. Το MediBchain αυξάνει το ενδιαφέρον των ασθενών για EMR ή ηλεκτρονικά αρχεία υγείας και ενισχύει τη λογοδοσία, την ακεραιότητα, την ψευδωνυμία, την ασφάλεια και το απόρρητο	Δεν αναφέρεται

Ερευνητές και χρονολογία	Χώρα διεξαγωγής	Σκοπός	Πεδίο εφαρμογής του blockchain	Λόγοι που χρησιμοποιήθηκε	Τεχνολογία Blockchain
Lo et al., 2019.	Ταϊβάν	Για την εξάλειψη των υφιστάμενων περιορισμών του υγειονομικού συστήματος NMR αναπτύχθηκε ένα επεκτάσιμο, ευέλικτο και με δυνατότητα blockchain πλαίσιο που αξιοποιεί τα δεδομένα παραπομπής NMR για τη δημιουργία μιας υπηρεσίας ιατρικής παραπομπής βασισμένη σε συνεργάτες που συνδέει τις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης.	Ηλεκτρονικά Ιατρικά Αρχεία (EMR)	Αυτή η μελέτη είναι πρωτοπόρος των εφαρμογών blockchain για υπηρεσίες ιατρικών παραπομπών και το κατασκευασμένο πλαίσιο και το DApp έχουν εφαρμοστεί πρακτικά σε κλινικά περιβάλλοντα. Το iWellChain Framework έχει την επεκτασιμότητα να αναπτύξει ένα περιβάλλον blockchain αποτελεσματικά για εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης. Το iWellChain DApp έχει δυνατότητες χρήσης με περισσότερες εφαρμογές με επίκεντρο τον ασθενή για συνεργασία με τον κλάδο και διευκόλυνση της υιοθέτησής του.	Ethereum
Maslove et al., 2018	Καναδά	Να διερευνήσει τον ρόλο του blockchain στην υποστήριξη της διαχείρισης δεδομένων των κλινικών δοκιμών και να αναπτύξει μια εφαρμογή, proof-of-concept, ενός συστήματος που αντιμετωπίζει ο ασθενής και ο ερευνητής.	Βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση	Ενεργοποίηση της διαχείρισης δεδομένων των κλινικών δοκιμών. Οι λειτουργίες επιτρέπουν στους ασθενείς να παραχωρούν στους ερευνητές πρόσβαση στα δεδομένα τους και επιτρέπουν στους ερευνητές να υποβάλλουν ερωτήματα για δεδομένα που είναι αποθηκευμένα εκτός αλυσίδας.	Ethereum
Cichosz et al., 2018.	Δανία	Να παρουσιάσει μια προσέγγιση για μια πλατφόρμα που βασίζεται σε blockchain για την κοινή χρήση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Η προσέγγιση θεωρεί τα ζητήματα απορρήτου, την κοινή χρήση δεδομένων και τους ασθενείς ως το κέντρο για τη διαχείριση των δικών τους δεδομένων.	Ηλεκτρονικά Ιατρικά Αρχεία (EMR)	Βελτίωση του απορρήτου και της διαχείρισης δεδομένων διαβήτη, όπου οι ασθενείς έχουν πρόσβαση στον έλεγχο και την κοινή χρήση των δεδομένων τους	NEM multi-signature blockchain contracts
Kleinaki et al., 2018.	Ολλανδία	Να παρουσιαστεί μια υπηρεσία έξυπνων συμβολαίων που βασίζεται σε blockchain και που χρησιμοποιεί έξυπνες ψηφιακές συμβάσεις για να σφραγίσει ένα ερώτημα βιοϊατρικής βάσης δεδομένων και τα αντίστοιχα αποτελέσματα.	Βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση	Βελτίωση της ακεραιότητας των ανακτημένων δεδομένων, της μη άρνησης και της έκδοσης δεδομένων βιοϊατρικών στοιχείων	Ethereum

Ερευνητές και χρονολογία	Χώρα διεξαγωγής	Σκοπός	Πεδίο εφαρμογής του blockchain	Λόγοι που χρησιμοποιήθηκε	Τεχνολογία Blockchain
Li et al., 2018.	Κίνα	Ανάπτυξη ενός νέου συστήματος διατήρησης δεδομένων που βασίζεται σε blockchain και που βασίζεται στην πραγματική πλατφόρμα του blockchain και η εφαρμογή του για τη διαχείριση των ιατρικών δεδομένων.	Ηλεκτρονικά Ιατρικά Αρχεία (EMR)	Διατήρηση σημαντικών δεδομένων στο διηλεκές και επαλήθευση της πρωτοτυπίας των δεδομένων. Ανιχνεύεται η παράνομη λειτουργία των δεδομένων και ο χρήστης ενημερώνεται έγκαιρα.	Ethereum
Zhou et al., 2018.	Κίνα	Ανάπτυξη ενός συστήματος αποθήκευσης ιατρικής ασφάλισης που βασίζεται σε blockchain, MIStore. Αυτό βοηθά τις ασφαλιστικές εταιρείες να αποκτήσουν αρχεία ιατρικών δαπανών των ασθενών, τα οποία είναι πάντα εμπιστευτικά.	Απαιτήσεις ασφάλισης υγείας	Το σύστημα παρέχει αποκέντρωση και αντοχή σε παραβίαση. Αυτό παρέχει στους χρήστες υψηλή αξιοπιστία και κόμβους εγγραφής, οι οποίοι βοηθούν τους χρήστες να επαληθεύουν δημόσια επαληθεύσιμα δεδομένα.	Ethereum
Zhang et al., 2018.	ΗΠΑ	Ανάπτυξη ενός συστήματος για την υποστήριξη της συλλογικής λήψης κλινικών αποφάσεων μέσω μιας μελέτης περίπτωσης απομακρυσμένου πίνακα όγκων.	Ηλεκτρονικά Ιατρικά Αρχεία (EMR)	Βελτίωση της ασφάλειας, της εμπιστοσύνης και της κλιμακούμενης ανταλλαγής δεδομένων, η οποία είναι σημαντική για τη συλλογική λήψη κλινικών αποφάσεων. Έχει επίσης ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη αναγνωσιμότητα δεδομένων.	Ethereum
Fan et al., 2018.	Κίνα	Ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης πληροφοριών που βασίζεται σε blockchain, το MedBlock, για το χειρισμό των πληροφοριών των ασθενών. Αυτό επιτρέπει την αποτελεσματική πρόσβαση και ανάκτηση EMR, επιδεικνύοντας υψηλή ασφάλεια πληροφοριών.	Ηλεκτρονικά Ιατρικά Αρχεία (EMR)	Οι ασθενείς μπορούν εύκολα να έχουν πρόσβαση στα EMR διαφορετικών νοσοκομείων. Η κοινή χρήση δεδομένων μέσω blockchain βοηθά το νοσοκομείο να λάβει ένα πλήρες ιστορικό του ιατρικού ιστορικού των ασθενών πριν από τη διενέργεια εξετάσεων.	Δεν αναφέρεται
Liu et al., 2018.	Κίνα	Εφαρμογή κοινής χρήσης δεδομένων που προστατεύει το απόρρητο που βασίζεται σε blockchain για τη διαχείριση των EMR	Ηλεκτρονικά Ιατρικά Αρχεία (EMR)	Τα EMR δεν μπορούν να τροποποιηθούν αυθαίρετα, γεγονός που οδηγεί σε μειωμένη διαρροή ιατρικών δεδομένων. Η ανάλυση ασφαλείας δείχνει ότι αυτό το σύστημα είναι ένας ασφαλής και αποτελεσματικός τρόπος για την υλοποίηση της κοινής χρήσης δεδομένων για EMR.	Δεν αναφέρεται

Ερευνητές και χρονολογία	Χώρα διεξαγωγής	Σκοπός	Πεδίο εφαρμογής του blockchain	Λόγοι που χρησιμοποιήθηκε	Τεχνολογία Blockchain
Nagasubramanian et al., 2018.	Ηνωμένο Βασίλειο	Διασφάλιση του απορρήτου των ψηφιακών υπογραφών και του ελέγχου ταυτότητας με τη χρήση υποδομής υπογραφών χωρίς κλειδί στο σύστημα blockchain.	Ηλεκτρονικά Ιατρικά Αρχεία (EMR)	Το σύστημα διασφαλίζει τη διαφάνεια των δεδομένων, το απόρρητο, την εμπιστευτικότητα και την επαλήθευση των δεδομένων.	Δεν αναφέρεται
Cunningham & Ainsworth, 2017	Ολλανδία	Να παρουσιαστεί ένα σύστημα που χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain Ethereum που βασίζεται σε έξυπνα συμβόλαια για να λειτουργεί σε ένα επαληθευμένα ασφαλές, αξιόπιστο και ανοιχτά ελεγχόμενο περιβάλλον	Ηλεκτρονικά Ιατρικά Αρχεία (EMR)	Βελτίωση των υπάρχων δεδομένων και της αποδοχής πλατφορμών ιατρικής πληροφορικής όπου οι ασθενείς ελέγχουν άμεσα ιατρικά δεδομένα με ανοιχτό και ασφαλή τρόπο.	Ethereum
Benchoufi et al., 2017.	Γαλλία	Να εφαρμοστεί μια διαδικασία που επιτρέπει τη συλλογή της ενημερωμένης συγκατάθεσης των ασθενών, η οποία δεσμεύεται σε αναθεωρήσεις πρωτοκόλλου, αποθήκευση και παρακολούθηση της συγκατάθεσης με ασφαλή, μη παραποιήσιμο και δημόσια επαληθεύσιμο τρόπο και επιτρέποντας την κοινή χρήση αυτών των πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο.	Βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση	Όλα τα δεδομένα που σχετίζονται με τη συναίνεση στο blockchain ενισχύουν την ασφάλεια, την αξιοπιστία και τη διαφάνεια και θα μπορούσαν να είναι ένα συνεπές βήμα προς την αναπαραγωγιμότητα.	Δεν αναφέρεται
Ichikawa et al., 2017.	Ιαπωνία	Να αναπτυχθεί και να αξιολογηθεί ένα σύστημα mHealth ανθεκτικό στην παραβίαση χρησιμοποιώντας τεχνολογία blockchain, το οποίο επιτρέπει αξιόπιστους και ελεγχόμενους υπολογιστές χρησιμοποιώντας ένα αποκεντρωμένο δίκτυο.	Παρακολούθηση ασθενών σε απομακρυσμένες περιοχές και mHealth	Καθιέρωση προσβασιμότητας και διαφάνειας δεδομένων χωρίς τρίτους με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στην mHealth. Το blockchain χρησιμεύει επίσης ως σύστημα αδιάβροχο για την mHealth	Hyperledger Fabric
Liang et al., 2017.	Ηνωμένο Βασίλειο	Να προτείνει ένα σύστημα ελεγχόμενο από χρήστες κινητών, βασισμένο σε blockchain για κοινή χρήση και συνεργασία προσωπικών δεδομένων υγείας.	Παρακολούθηση ασθενών σε απομακρυσμένες περιοχές.	Βελτίωση της συλλογής δεδομένων της προσωπικής υγείας, η κοινή χρήση τους, η επικύρωση, η προστασία και η ακεραιότητα και συνεργασία για την υγειονομική περίθαλψη. Αυτό το σύστημα διασφαλίζει την επεκτασιμότητα και την αποτελεσματικότητα της διαδικασίας δεδομένων διαχειριζόμενο ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων με μικρή καθυστέρηση.	Hyperledger Fabric

<b>Ερευνητές και χρονολογία</b>	<b>Χώρα διεξαγωγής</b>	<b>Σκοπός</b>	<b>Πεδίο εφαρμογής του blockchain</b>	<b>Λόγοι που χρησιμοποιήθηκε</b>	<b>Τεχνολογία Blockchain</b>
Bocek et al., 2017.	Ελβετία	Εφαρμογή αισθητήριων συσκευών που χρησιμοποιούν τεχνολογία blockchain για τη βελτίωση της αμετάβλητης κατάστασης των δεδομένων και της δημόσιας προσβασιμότητας των αρχείων θερμοκρασίας.	Φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού	Αυτό το σύστημα μπορεί να αξιολογήσει αυτόματα και τα αποθηκευμένα δεδομένα είναι αδιαπραγμάτευτα με το Ethereum, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί με χαμηλό κόστος.	Ethereum
Angeletti et al., 2017.	Ιταλία	Παρουσίαση μιας ψηφιακής εφαρμογής υγείας που επιτρέπει τη στρατολόγηση κλινικών δοκιμών με χρήση IoT.	Βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση	Το ινστιτούτο κλινικής έρευνας μπορεί να εγγυηθεί ότι αποκτά χρήσιμα και πρωτότυπα δεδομένα. Έως ότου επιτευχθεί συμφωνία, το άτομο μπορεί να διατηρήσει τα προσωπικά δεδομένα απόρρητα.	Ethereum
Saravanan et al., 2017.	Ινδία	Εφαρμογή ενός νέου παραδείγματος υγειονομικής περιθάλψης (SMEADb) για την ενίσχυση των διαβητικών ασθενών μέσω της ανάπτυξης ενός ασφαλούς συστήματος από άκρο σε άκρο. εφαρμογή μιας τεχνολογίας αποκλεισμού που βασίζεται σε blockchain για τη διευκόλυνση της κρυπτογραφικής ασφάλειας και της επίσημης πρόσβασης δεδομένων μέσω έξυπνων συμβολαίων.	Παρακολούθηση ασθενών σε απομακρυσμένες περιοχές.	Το σύστημα βοηθά στην αποθήκευση δεδομένων για εκατομμύρια ασθενείς και η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε πραγματικό χρόνο, η οποία προωθεί ένα σύστημα ιατρικής βάσης με στοιχεία με ανησυχίες για το απόρρητο και την ασφάλεια.	Ethereum

# Κεφάλαιο 6

## Συζήτηση

### 6.1 Η Χρήση της Τεχνολογίας Blockchain στο Τομέα της Υγειονομικής Περίθαλψης

Μέσα από αυτά τα αποτελέσματα της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης φαίνεται ότι η πλειοψηφία των μελετών σχετικά με την χρήση και εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στους χώρους της υγειονομικής περίθαλψης επικεντρώθηκε στη διαχείριση των EMR, στην βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση, στην παρακολούθηση των ασθενών που ήταν σε απομακρυσμένες περιοχές, στις φαρμακευτικές αλυσίδες εφοδιασμού και στις αξιώσεις των ασφαλιστικών απαιτήσεων.

#### 6.1.1 Ηλεκτρονικοί Ιατρικοί Φάκελοι

Η πλειοψηφία των μελετών, οι 12 από τις 21 είχαν επικεντρωθεί στη διαχείριση των EMR. Η EMR είναι παρόμοια με EHR (Electronical Health Record) ή με τα προσωπικά αρχεία υγείας, και περιλαμβάνουν ηλεκτρονική μοντελοποίηση, αποθήκευση και διαχείριση των προσωπικών, ιατρικών ή σχετικών με την υγεία των ασθενών δεδομένα. Παραδοσιακά, έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά συστήματα για την αποθήκευση των αρχείων των ασθενών χωριστά μεταξύ διαφορετικών παρόχων υπηρεσιών, όπου οι πάροχοι υπηρεσιών έχουν τον έλεγχο αυτών των αρχείων, τα οποία μπορεί να περιορίσει την ανταλλαγή δεδομένων με άλλους ενδιαφερόμενους φορείς της υγειονομικής περίθαλψης.

Η εφαρμογή του blockchain στη διαχείριση των EHR θα κάνει την ανταλλαγή των δεδομένων μεταξύ των ενδιαφερομένων στην υγειονομική περίθαλψη ευκολότερη, περισσότερο διαφανή και πιο αξιόπιστη και οι ασθενείς θα έχουν τον έλεγχο πάνω στα δικά τους δεδομένα. Αυτό οφείλεται στο ότι τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain, όπως η αποκέντρωση, η αμετάβλητη, προέλευση δεδομένων, αξιοπιστία, ευρωστία, έξυπνα συμβόλαια, ασφάλεια, και το απόρρητο, το καθιστούν κατάλληλο για τη διαχείριση και αποθήκευση των EMR των ασθενών (Cunningham et al., 2017).

Οι Azaria et al. (2016) είχαν παρουσιάσει το MedRec, το οποίο είναι ένα έργο από το MIT



(Massachusetts Institute of Technology) Media Lab και Beth Israel Deaconess Medical Center που χρησιμοποίησε μια πλατφόρμα που βασίζεται σε blockchain για να παρέχει στους ασθενείς πρόσβαση στα δικά τους δεδομένα μέσω ορισμένων αδειών πρόσβασης που είναι ενσωματωμένα στην αλυσίδα μπλοκ. Ο ασθενής μπορεί να αποφασίσει να παραχωρήσει πρόσβαση στα EMR σε άλλο άτομο δεδομένου ότι οι ασθενείς συνήθως πρέπει να τα παίρνουν μαζί τους σε έντυπη μορφή όταν αναζητούν θεραπεία σε διαφορετικούς παρόχους της υγειονομικής περίθαλψης. Με την τεχνολογία blockchain, ανεξάρτητα από το χρόνο και ίδρυμα, οι πάροχοι της υγειονομικής περίθαλψης μπορούν εύκολα να αποκτήσουν πρόσβαση σε όλα τα ιατρικά δεδομένα ενός ασθενούς. Οι ασθενείς γίνονται περισσότεροι αφοσιώνονται στη δική τους υγειονομική περίθαλψη επειδή είναι άμεσα εμπλεκόμενοι στη διαχείριση των αρχείων υγείας τους μέσω της τεχνολογίας blockchain.

Η δεύτερη εφαρμογή που θα ενσωματώνει η EMR είναι η κοινή χρήση των δεδομένων με τη διατήρηση της ιδιωτικής ζωής που βασίζεται σε blockchain (BPDS), που αναπτύχθηκε από τους Liu et al. (2018). Αυτή η εφαρμογή χρησιμοποιεί την Ethereum πλατφόρμα blockchain, η οποία μειώνει τον κίνδυνο της διαρροής των ιατρικών δεδομένων και διασφαλίζει την κοινή χρήση αυτών των δεδομένων στην υγειονομική περίθαλψη.

Σε μια άλλη μελέτη οι Fan et al. (2018) ανέπτυξαν το MedBlock, ένα blockchain σύστημα διαχείρισης πληροφοριών που εφαρμόζεται στην υγειονομική περίθαλψη για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και την ασφαλή κοινή χρήση των ηλεκτρονικών ιατρικών δεδομένων με τη χρήση blockchain. Μια άλλη εφαρμογή EMR που βασίζεται σε blockchain είναι η FHIRChain, το οποίο ενσωματώνει το Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR) για τα σταθερά κοινά κλινικά δεδομένα. Οι Zhang et al. (2018) χρησιμοποίησαν τη τεχνολογία blockchain μέσω της αποκεντρωμένης εφαρμογής που βασίζεται στη FHIRChain για κοινή χρήση των κλινικών δεδομένων που επικεντρώθηκαν στη διαχείριση των αρχείων της υγειονομικής περίθαλψης και στην ψηφιακή ταυτότητα υγείας για την επαλήθευση των συμμετεχόντων για απομακρυσμένη φροντίδα του καρκίνου μια μελέτη περίπτωσης για τη συλλογική λήψη αποφάσεων (Zhang et al., 2018). Οι Cichosz et al. (2018) πρότειναν συμβάσεις blockchain πολλαπλών υπογραφών για να χρησιμοποιηθεί για τη διαχείριση και την κοινή χρήση των ιατρικών δεδομένων ασθενών με διαβήτη, που στόχευαν στην επίτευξη του ελέγχου πρόσβασης και ιδιωτικότητας των δεδομένων.

Στην μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Li et al. (2018) είχε παρουσιαστεί ένα σύστημα διατήρησης ιατρικών δεδομένων που βασίζεται στην πραγματική πλατφόρμα blockchain Ethereum, η οποία παρέχει μια αξιόπιστη λύση αποθήκευσης για τη διασφάλιση της πρωτογονικότητας και επαληθευσιμότητας των αποθηκευμένων δεδομένων. Οι Mendes et al. (2018) παρουσίασαν ένα Smart Περιβάλλον Ambient Assisted Living, το οποίο χρησιμοποιεί

blockchain τεχνολογία για τη βελτίωση του απορρήτου των δεδομένων και της γνωστικής ασφάλειας στον τομέα της υγείας.

### **6.1.2 Βιοϊατρική Έρευνα και Εκπαίδευση: Κλινική Έρευνα**

Οι 4 από τις 21 μελέτες έδειξαν ότι η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να εφαρμοστεί στη βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση. Η τεχνολογία Blockchain είχε χρησιμοποιηθεί ευρέως στη βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση για τη διατήρηση του απορρήτου των δεδομένων, της ακεραιότητας, της κοινής χρήσης, της κοινής χρήσης αρχείων και τήρησης αρχείων, ειδικά σε κλινικές δοκιμές (Nagasubramanian et al., 2018). Οι Nugent et al. (2016), στην μελέτη τους, χρησιμοποίησαν έξυπνα συμβόλαια blockchain που απέτρεπαν την παραποίηση των δεδομένων και την υπό-αναφορά ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων στην κλινική έρευνα, η οποία αποδεικνύει την αυθεντικότητα των δεδομένων από τις κλινικές δοκιμές.

Οι Angeletti et al. (2017) πρότειναν μια εφαρμογή απόδειξης της ιδέας της ιχνηλασιμότητας της συναίνεσης σε κλινικές δοκιμές που χρησιμοποιούν Ethereum για τη διασφάλιση και την ασφάλεια των δεδομένων. Κάθε στοιχείο ή συγκατάθεση που περιλαμβάνεται στο σύστημα blockchain έχει χρονοσήμανση και δημόσια διαφάνεια. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της κρυπτογραφικής επικύρωσης. Όλα τα σχέδια, συγκατάθεση, πρωτόκολλα και τα πιθανά αποτελέσματα μπορούν να είναι αποθηκευμένα σε blockchain ακόμη και πριν από την έναρξη των κλινικών δοκιμών, που εμποδίζει οποιαδήποτε διαφθορά και ανεπιθύμητα αποτελέσματα της μελέτης.

Σε μια άλλη μελέτη οι Kleinaki et al. (2018) παρουσίασαν μια συμβολαιογραφική επικύρωση βασισμένη σε blockchain υπηρεσία που χρησιμοποιεί έξυπνα συμβόλαια για τη σφράγιση των ερευνητικών ερωτημάτων σε βιοϊατρικής βάσης δεδομένων και των αντίστοιχων αποτελεσμάτων, γεγονός που εξασφαλίζει τη διαφάνεια των δεδομένων. Από την άλλη, οι Maslove et al. (2018) πρότειναν το BlockTrial, ένα σύστημα διεπαφής που βασίζεται στο διαδίκτυο και που επιτρέπει στους χρήστες να εκτελούν δοκιμές σε έξυπνες συμβάσεις στο δίκτυο Ethereum για τη διαχείριση των κλινικών δεδομένων, ενισχύοντας έτσι την αξιοπιστία και τη διαφάνεια σύνθετων δεδομένων σε κλινικές δοκιμές. Τα απαραβίαστα χαρακτηριστικά του blockchain εμποδίζει τον χειρισμό των δεδομένων σε κλινικές δοκιμές.

### **6.1.3 Απομακρυσμένη Παρακολούθηση Ασθενούς**

Η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών ήταν μια άλλη περίπτωση χρήσης της τεχνολογίας blockchain τον τομέα της υγείας. Γενικά, η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών περιλαμβάνει

τη συλλογή βιοϊατρικών δεδομένων από σώμα του ασθενή και από τις φορητές συσκευές που επιτρέπουν την παρακολούθηση της κατάστασης του ασθενούς απομακρυσμένα εκτός των παραδοσιακών περιβαλλόντων της υγειονομικής περίθαλψης, όπως για παράδειγμα τα νοσηλευτήρια.

Στην μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τους Liang et al. (2017) παρουσίασαν μια εφαρμογή που βασίζεται στο Hyperledger του blockchain στην mHealth που επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων και κοινή χρήση μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών της υγειονομικής περίθαλψης, διασφαλίζοντας την διαφάνεια και τη προσβασιμότητα των δεδομένων. Οι Saravanan et al. (2017) πρότειναν ένα ασφαλές σύστημα από άκρο σε άκρο, ένα νέο παράδειγμα υγειονομικής περίθαλψης (δηλ. Ασφαλής βοηθητική συσκευή με τη βοήθεια του κινητού τηλεφώνου για διαβητικούς), μέσω έξυπνων συμβολαίων για τη διευκόλυνση της κρυπτογραφικής ασφάλειας και επίσημη πρόσβαση σε δεδομένα για την παρακολούθηση των ασθενών με διαβήτη. Επιπλέον, οι συγγραφείς δήλωσαν ότι το blockchain ασχολήθηκε με μια συσκευή υποστήριξης με τη δυνατότητα του κινητού που αναπτύχθηκε για τη παρακολούθηση ασθενών με διαβήτη. Οι Ichikawa et al. (2017) παρουσίασαν ένα ανθεκτικό στην παραβίαση σύστημα mHealth που χρησιμοποιεί τη τεχνολογία blockchain όπου μια κινητή συσκευή χρησιμοποιείται για τη συλλογή των EMR, τα οποία στη συνέχεια αποστέλλονται στο δίκτυο Hyperledger Fabric που βασίζεται στη τεχνολογία blockchain για τη διασφάλιση της ασφαλούς διαχείρισης των δεδομένων.

Οι Cichosz et al. (2018) πρότειναν την αλυσίδα μπλοκ πολλαπλών υπογραφών NEM συμβολαίων για την παροχή βοήθειας σε ασθενείς με διαβήτη στην παρακολούθηση και μετάδοση των ζωτικών τους παραμέτρων ή των δεδομένων τους μέσω μιας αισθητήριας συσκευής σε μια πλατφόρμα που βασίζεται σε blockchain όπου τα δεδομένα συλλέγονται, αποθηκεύονται και αναλύθηκαν. Σε επείγουσες περιπτώσεις, όπως μη φυσιολογικά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα ή ελλείψεις δόσεων, μια ειδοποίηση μέσω κοινωνικού δικτύου, όπως το Facebook ή το WhatsApp, θα σταλούν στον πάροχο φροντίδας. Τα δεδομένα μπορούν να κοινοποιούνται συνεχώς με τη χρήση κινητών συσκευών ως πύλη με τη τεχνολογία blockchain, η οποία θα μπορούσε σώσει τους ασθενείς από τυχόν δυσάρεστες συνέπειες.

#### **6.1.4 Αλυσίδες Εφοδιασμού Φαρμάκων ή Φαρμακευτικών Προϊόντων**

Οι αλυσίδες εφοδιασμού φαρμάκων ή φαρμακευτικών προϊόντων είναι μία από τις περιπτώσεις χρήσης της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, ιδιαίτερα στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας που σχετίζεται με την υγεία. Τα φάρμακα ή οι αλυσίδες εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων περιλαμβάνουν την εισαγωγή νέων φαρμάκων στην αγορά, διασφαλίζοντας την ασφάλεια και την εγκυρότητα των ιατρικών προϊόντων που πωλούνται στους τελικούς πελάτες (Bocek et al., 2017). Η τεχνολογία Blockchain εφαρμόστηκε σε αυτόν τον

τομέα για να εικωρήσει μια σώα και ασφαλή πλατφόρμα για την αντιμετώπιση των πιο συνηθισμένων προβλημάτων που αντιμετωπίζονται στην φαρμακευτική βιομηχανία, όπως η παράδοση κατώτερου ή πλαστών φαρμάκων, τα οποία μπορεί να έχουν αρνητικό αντίκτυπο στους ασθενείς.

Στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση, παρουσιάστηκε μόνο 1 μελέτη στην υλοποίηση της εφαρμογής που βασίζεται σε blockchain για τη διαχείριση της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού. Οι Bocek et al. (2017) παρουσίασαν μια επίδειξη και αξιολόγηση σε πραγματικό κόσμο της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων, όπου αισθητήρες θερμοκρασίας περιβάλλοντος με τεχνολογία blockchain χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή των θερμοκρασιών στις οποίες αποθηκεύονταν και μεταφέρονταν τα φάρμακα. Οι μετρήσεις των θερμοκρασιών διατηρούνταν αμετάβλητα σε μια δημόσια blockchain για διαφανή επιθεώρηση, το οποίο θα μπορούσε επίσης να μειώσει το λειτουργικό κόστος σε μια φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού.

### **6.1.5 Απαιτήσεις Ασφάλισης Υγείας**

Η ασφάλιση υγείας είναι απαραίτητη για να αποκτήσουν όλοι οικονομικά προσιτές τιμές ιατρικής περίθαλψης. Τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain, όπως το αμετάβλητο, η αποκέντρωση, η διαφάνεια και η δυνατότητα ελέγχου των αρχείων, μπορεί να ωφελήσει τη διαδικασία των απαιτήσεων ασφάλισης υγείας στον τομέα της υγείας. Ωστόσο, μόνο 1 μελέτη σε αυτή τη βιβλιογραφική ανασκόπηση επικεντρώθηκε στην χρήση της τεχνολογίας blockchain. Η μελέτη των Zhou et al. (2018) ανέπτυξαν μια ιατρική ασφάλιση βασισμένη σε blockchain σύστημα αποθήκευσης που εμφανίζεται χρησιμοποιώντας τη πλατφόρμα Ethereum blockchain. Τα ιατρικά δεδομένα της ιατρικής ασφάλισης ενός ασθενούς μπορεί να είναι κρυπτογραφημένα και αμετάβλητα αποθηκευμένο στο blockchain, το οποίο βελτιώνει την αξιοπιστία και εξαλείφει τη συμμετοχή τρίτων στη διαχείριση της ασφάλισης υγείας των ασθενών (Zhou et al., 2018).

## **6.2 Λόγοι της Χρήσης της Τεχνολογίας Blockchain στο Τομέα της Υγειονομικής Περίθαλψης.**

Οι κύριοι λόγοι για την χρήση ή την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης στις επιλεγμένες μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την βιβλιογραφική ανασκόπηση εντοπίστηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν στις ακόλουθες ομάδες: ακεραιότητα δεδομένων, έλεγχος πρόσβασης, καταγραφή δεδομένων, αποθήκευση νέων δεδομένων και την μη αποποίηση / άρνηση των δεδομένων.

### 6.2.1 Ακεραιότητα Δεδομένων

Η ακεραιότητα των δεδομένων ορίζεται ως η ακρίβεια και η συνέπεια των δεδομένων ή των πληροφοριών που αποθηκεύονται σε ένα σύστημα, το οποίο λειτουργεί ως σημαντικό στοιχείο της ασφάλειας των πληροφοριών. Η ακεραιότητα των δεδομένων επιτεύχθηκε με τη χρήση τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Οι Li et al. (2018) υλοποίησαν την πλατφόρμα που βασίζεται σε blockchain Ethereum για να διατηρήσει την πρωτοτυπία και τη μεταβλητότητα των αποθηκευμένων δεδομένων στο σύστημα, διατηρώντας παράλληλα το απόρρητο των χρηστών. Η διαβίωση συντήρηση των δεδομένων στο blockchain επιτεύχθηκε με την έννοια των δεδομένων απόδειξης της αυθεντικότητας και το σύστημα μπορεί να επικυρώσει τα δεδομένα όπου είναι πανομοιότυπα με τα αρχικά δεδομένα. Τα δεδομένα μπορούν να αποκατασταθούν και να επαληθευτούν μέσω blockchain εάν έχουν καταστραφεί.

Οι Kotsiuba et al. (2018) παρουσίασαν επίσης ένα αποκεντρωμένο σύστημα δεδομένων υγείας που χρησιμοποιεί blockchain που διασφαλίζει τη συλλογή και εμπιστευτικά ιατρικά ή κλινικά δεδομένα. Στη μελέτη των Zhang et al. (2018), η ακεραιότητα των δεδομένων ενισχύθηκε με τη χρήση μιας αποκεντρωμένης εφαρμογής που βασίζεται σε FHIRChain, η οποία χρησιμοποιούσε τεχνολογία blockchain και ψηφιακές ταυτότητες υγείας στην απομακρυσμένη φροντίδα του καρκίνου για να επικυρώσει τους συμμετέχοντες σε μια μελέτη περίπτωσης κοινής χρήσης κλινικών δεδομένων. Με την εφαρμογή της κρυπτογραφίας δημόσιου κλειδιού, αυτή η αποκεντρωμένη εφαρμογή βελτιώνει την εμπιστοσύνη των συμμετεχόντων και επιτρέπει στους χρήστες να μοιράζονται συγκεκριμένα και δομημένα κομμάτια πληροφοριών και όχι ένα ολόκληρο έγγραφο. Έτσι, αυξάνει την αναγνωσιμότητα των δεδομένων και την ευελιξία των επιλογών κοινής χρήσης.

Οι Cichosz et al. (2018) υλοποίησαν μια πλατφόρμα βασισμένη σε blockchain για να βελτιώσουν τη διαχείριση και την κοινή χρήση δεδομένων διαβήτη με εύκολο και ασφαλή τρόπο, ο οποίος μπορεί να επιτευχθεί με την αποκέντρωση του blockchain. Σύμφωνα με μια μελέτη των Omar et al. (2019), η ακεραιότητα, η ασφάλεια, το απόρρητο και η λογοδοσία των δεδομένων στην υγειονομική περίθαλψη επιτυγχάνονται μέσω μιας πλατφόρμας διατήρησης της ιδιωτικής ζωής που χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain. Για να εξασφαλιστεί η κρυπτογράφηση των δεδομένων του ασθενούς και η ψευδωνυμία, χρησιμοποιήθηκε μια κρυπτογραφική λειτουργία. Η αποκέντρωση δεδομένων που ενεργοποιείται από το δίκτυο peer-to-peer στην τεχνολογία blockchain συμβάλλει στη μείωση των επιθέσεων στον κυβερνοχώρο και στη διατήρηση του συνόλου δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης.

Η εφαρμογή των συστημάτων proof-of-concept που αντιμετωπίζουν ασθενείς και ερευνητές που χρησιμοποιούν τεχνολογία blockchain για τη βελτίωση της ακεραιότητας των δεδομένων καταδείχθηκε από τους Maslove et al. (2018) και Angeletti et al. (2017). Οι Maslove et al. (2018)

απέδειξαν ότι η εφαρμογή απόδειξης της ιδέας χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain σε κλινικές δοκιμές προστατεύει τα πρωτότυπα προσωπικά δεδομένα και αυτά τα δεδομένα δεν θα κοινοποιούνται δημόσια πριν επιτευχθεί συμφωνία. Όσον αφορά τη χρήση της τεχνολογίας blockchain σε κλινικές δοκιμές, το ινστιτούτο κλινικής έρευνας μπορεί επίσης να εγγυηθεί ότι τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι αυθεντικά και χρήσιμα.

Οι Angeletti et al. (2017) δήλωσαν ότι η ακεραιότητα των δεδομένων που συλλέχθηκαν στις κλινικές δοκιμές ενισχύθηκε με την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain, ειδικά των έξυπνων συμβάσεων που βασίζονται σε blockchain, που λειτουργούν ως θεμέλιο για την προώθηση της εμπιστοσύνης σε όλη την κλινική έρευνα. Η εφαρμογή proof-of-concept στην κλινική έρευνα ενισχύει την αλληλεπίδραση ερευνητών και ασθενών.

Το Blockchain στις ψηφιακές τεχνολογίες υγείας έχει επίσης χρησιμοποιηθεί ιδιαίτερα στο mHealth, το οποίο περιλαμβάνει απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών για να διασφαλιστεί η ασφαλής και ακριβής διατήρηση των ιατρικών πληροφοριών για τη βελτίωση της ακεραιότητας των δεδομένων. Οι Ichikawa et al. (2017) κατέληξαν στο συμπέρασμα από τη μελέτη τους ότι η χρήση της τεχνολογίας blockchain στο mHealth βελτιώνει τη διαφάνεια και την προσβασιμότητα των δεδομένων χωρίς τη συμμετοχή τρίτων, λόγω των απαραβίαστων και αποκεντρωμένων χαρακτηριστικών της τεχνολογίας blockchain.

### **6.2.2 Έλεγχος Πρόσβασης**

Σύμφωνα με τους Azaria et al. (2016), ο έλεγχος πρόσβασης ορίζεται ως ένα άτομο που έχει πλήρη εξουσία να αποφασίζει ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση στα ιατρικά του δεδομένα, καθώς και πότε και πόσα από τα δικά του ιατρικά δεδομένα μπορούν να έχουν πρόσβαση χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain. Ο έλεγχος πρόσβασης μπορεί να οδηγήσει στην άμεση εμπλοκή των ασθενών στον έλεγχο της χρήσης των ιατρικών δεδομένων τους. Το καταναμημένο καθολικό, το οποίο είναι ένα από τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain, εξασφαλίζει αποτελεσματική πρόσβαση και ανάκτηση των EMR (Cunningham & Ainsworth, 2017).

Οι Fan et al. (2018) χρησιμοποίησαν το proof-of-concept που χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain, η οποία επιτρέπει ένα σύστημα αδειών όπου κάθε ασθενής μπορεί να δει, να ελέγξει και να καθορίσει ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση στα αρχεία του.

Μια μελέτη από τους Cunningham και Ainsworth (2017) διαπίστωσε ότι οι EMR που περιλάμβαναν το πλήρες ιατρικό ιστορικό ενός ασθενούς από πολλά διαφορετικά νοσοκομεία ήταν εύκολα προσβάσιμες από τον ασθενή χρησιμοποιώντας ένα σύστημα διαχείρισης πληροφοριών που

βασίζεται σε blockchain, το οποίο ενισχύει το αποτέλεσμα της θεραπείας αποφεύγοντας τον διαχωρισμό ιατρικών δεδομένων από διαφορετικά νοσοκομεία. Εφαρμόστηκε ένα πρωτόκολλο πρόσβασης που εμπόδιζε μη εξουσιοδοτημένους χρήστες να αποκτήσουν ευαίσθητα δεδομένα ή πληροφορίες. Για τον έλεγχο πρόσβασης και τη διατήρηση των δεδομένων, οι Fan et al. (2018) χρησιμοποίησαν την ιδέα της πλατφόρμας που βασίζεται σε blockchain με συμβόλαια blockchain πολλαπλών υπογραφών, τα οποία εξασφάλιζαν τον έλεγχο απορρήτου των δεδομένων υγείας. Με αυτήν την ιδέα, οι ασθενείς έχουν τον έλεγχο των δεδομένων τους και έχουν τη δύναμη να αποφασίζουν ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση στα προσωπικά τους δεδομένα. Για παράδειγμα, ένας ηλικιωμένος ενήλικας ασθενής θα μπορούσε να μοιραστεί την πρόσβαση στα ιατρικά του δεδομένα με το ενήλικο παιδί του.

Σύμφωνα με τους Cichosz et al. (2018), οι ασθενείς ήταν σε θέση να έχουν πρόσβαση στα δικά τους ιατρικά δεδομένα μέσω έξυπνων συμβάσεων blockchain, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλή κοινή χρήση δεδομένων. Μέσα από τα έξυπνα συμβόλαια, τα οποία αποτελούνται από άδεια πρόσβασης δεδομένων που εφαρμόζεται από τους Liu et al. (2018), οι ασθενείς έχουν τον πλήρη έλεγχο των ιατρικών αρχείων ή των δεδομένων τους, χωρίς να τίθεται σε κίνδυνο το απόρρητό τους. Επιπλέον, ένας χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει δεδομένα ασθενούς με την άδεια του ασθενούς. Ο κάτοχος των δεδομένων στο blockchain έχει τη δυνατότητα να ανακαλέσει την άδεια πρόσβασής του/της, σε περίπτωση παραβίασης των κανόνων πρόσβασης.

Σύμφωνα με τον Liu et al. (2018), τα αρχεία υγείας που αποθηκεύονται κεντρικά είναι πιο ευάλωτα σε κυβερνοεπιθέσεις. Ως εκ τούτου, οι Nagasubramanian et al. (2018) παρουσίασαν μια τεχνολογία blockchain υποδομής υπογραφής χωρίς κλειδί (KSI) για την ασφάλεια των EHR που διασφαλίζει τον έλεγχο ταυτότητας και την ακεραιότητα των αρχείων υγείας. Σε ένα σύστημα blockchain KSI, τα υπογεγραμμένα δεδομένα αποθηκεύονται και μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς σύνδεση δικτύου και δεν απαιτείται τρίτος να διατηρήσουν δεδομένα σε αυτό το σύστημα.

Η πρόσβαση στα δεδομένα από επαγγελματίες υγείας μπορεί να επιτευχθεί μέσω έξυπνων συμβάσεων τεχνολογίας blockchain με κρυπτογραφική ασφάλεια. Χρησιμοποιώντας τεχνολογία blockchain, οι Saravanan et al. (2017) εφάρμοσαν ένα ασφαλές σύστημα υγειονομικής περίθαλψης βασισμένο σε κινητά που μπορεί να προβλέψει την κατάσταση του διαβήτη ενός ασθενούς σε πραγματικό χρόνο. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, ο γιατρός μπορεί να έχει πρόσβαση στο αρχείο υγείας ενός ασθενούς και να του συνταγογραφήσει μια κατάλληλη δόση φαρμάκου χρησιμοποιώντας αυτό το σύστημα τεχνολογίας. Αυτό το σύστημα blockchain χρησιμοποιείται για την αποθήκευση δεδομένων που σχετίζονται με την υγειονομική περίθαλψη και την ασφαλή σύνδεση με τρίτα μέρη.

### 6.2.3 Καταγραφή Δεδομένων

Η καταγραφή δεδομένων ορίζεται ως μια λειτουργία συλλογής και αποθήκευσης πληροφοριών για μια χρονική περίοδο. Επιτρέπει την παρακολούθηση όλων των τύπων αλληλεπιδράσεων, όπως αποθήκευση, πρόσβαση ή τροποποίηση δεδομένων, αρχείων ή εφαρμογών σε ένα σύστημα. Η καταγραφή δεδομένων μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

Σε κλινικές δοκιμές, οι Nugent et al. (2016) κατέδειξαν τεχνολογία blockchain χρησιμοποιώντας ένα έξυπνο συμβόλαιο Ethereum για να ενισχύσει την αξιοπιστία, την αξιοπιστία και τη διαφάνεια της διαχείρισης δεδομένων. Τα κρυπτογραφικά και αδιάβροχα χαρακτηριστικά του blockchain αποτρέπουν όλες τις μορφές χειραγώγησης και ενισχύουν την καταγραφή δεδομένων της σύνθετης διαχείρισης δεδομένων κλινικών δοκιμών, έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνονται πιο ενημερωμένες αποφάσεις από επαγγελματίες του ιατρικού τομέα. Ένα σύστημα φροντίδας mHealth που χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain εφαρμόστηκε από τους Liang και συνεργάτες [30] που εξασφάλιζε τη συλλογή, την κοινή χρήση και τη συνεργασία δεδομένων μεταξύ των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης και των ατόμων με ασφαλή τρόπο.

Οι Bocek et al. (2017) δήλωσαν στη μελέτη τους ότι η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στη διαχείριση της φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού διασφαλίζει την καταγραφή δεδομένων. Έδειξαν τη χρήση μιας συσκευής αισθητήρα Internet of Things που χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain για να εξασφαλίσει την επαλήθευση της συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις θερμοκρασίας ελέγχου ποιότητας. Αυτή η συσκευή χρησιμοποιήθηκε για την παρακολούθηση και αποθήκευση της θερμοκρασίας των προϊόντων, τη βελτίωση της αμετάβλητης μεταβλητότητας των δεδομένων και τη διευκόλυνση της δημόσιας πρόσβασης στα αρχεία θερμοκρασίας των φαρμακευτικών προϊόντων, ειδικά κατά τη μεταφορά. Η προέλευση των δεδομένων διασφαλίστηκε χρησιμοποιώντας τεχνολογία blockchain που μπορεί να αποδείξει την προέλευση των προϊόντων σε μια αλυσίδα εφοδιασμού.

Οι Zhou et al. (2018) δήλωσαν ότι η τεχνολογία blockchain λειτουργεί ως απαραβίαστη και αποκεντρωμένη τεχνολογία για την καταγραφή δεδομένων, η οποία ενισχύει την εμπιστοσύνη των χρηστών σε ένα σύστημα ασφάλισης υγείας, ειδικά με την εφαρμογή ενός συστήματος αποθήκευσης ιατρικής ασφάλισης που βασίζεται σε blockchain. Για παράδειγμα, τα δεδομένα σχετικά με τις δαπάνες κάθε ασθενούς αποθηκεύτηκαν και ασφαλίστηκαν στο blockchain από το νοσοκομείο, γεγονός που βοήθησε την ασφαλιστική εταιρεία να λάβει πληροφορίες σχετικά με το συνολικό ποσό δαπανών από τον ασθενή. Ωστόσο, τρίτα μέρη, συμπεριλαμβανομένης της ασφαλιστικής εταιρείας, δεν μπορούν να τροποποιήσουν ή να διαγράψουν τα δεδομένα και δεν έχουν την εξουσία πρόσβασης στα προσωπικά ιατρικά δεδομένα ενός ασθενούς.



#### **6.2.4 Αποθήκευση νέων δεδομένων**

Η αποθήκευση νέων δεδομένων ορίζεται ως η αποθήκευση νέων αντιγράφων των δεδομένων όταν γίνεται οποιαδήποτε τροποποίηση στα υπάρχοντα δεδομένα. Αυτό βοηθά στην παρακολούθηση των δεδομένων και στη διασφάλιση της εύκολης ανάκτησης οποιασδήποτε συγκεκριμένης έκδοσης των αντίστοιχων αποθηκευμένων δεδομένων σε ένα σύστημα. Οι Kleinaki et al. (2018) υλοποίησαν μια υπηρεσία συμβολαιογραφικής βάσης blockchain που χρησιμοποιεί έξυπνες ψηφιακές συμβάσεις για την ασφάλεια δεδομένων στον τομέα της βιοϊατρικής έρευνας. Μια μελέτη από τους Mendes et al. (2018) έδειξε ότι μετά τη διαδικασία ανάκτησης, τα ανακτημένα δεδομένα δεν μπορούν να τροποποιηθούν, γεγονός που διασφαλίζει την ακεραιότητα και τη μη απόρριψη των δεδομένων. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain, επιτεύχθηκε η έκδοση εκδόσεων δεδομένων όπου ιατρικά στοιχεία διαφορετικών εκδόσεων δεδομένων που ανακτήθηκαν από μια βιοϊατρική βάση δεδομένων αποθηκεύτηκαν και αποθηκεύτηκαν με ασφάλεια, μαζί με περιεχόμενο που ενημερώνεται συνεχώς. Σε αυτή τη μελέτη, αυτό χρησιμοποιήθηκε κυρίως για υποστήριξη αποφάσεων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

#### **6.2.5 Μη αποποίηση δεδομένων**

Η μη αποποίηση των δεδομένων εγγυάται την εγκυρότητα των δεδομένων σε ένα συγκεκριμένο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης, η οποία δεν μπορεί να αρνηθεί κανείς και διασφαλίζει την πρωτοτυπία και την ακεραιότητα των δεδομένων. Μια μελέτη από τους Angeletti et al. (2017) χρησιμοποίησε την τεχνολογία blockchain για τη συλλογή, αποθήκευση και παρακολούθηση της συγκατάθεσης κλινικών δοκιμών με ασφαλή, μη παραποιήσιμο και δημόσια επαληθεύσιμο τρόπο. Αυτή η συγκατάθεση είχε αρχικά χρονοσήμανση με την εφαρμογή της proof of concept, με αποτέλεσμα τη μη απόρριψη των δεδομένων. Το σύστημα ελέγχου ταυτότητας διασφαλίζει ότι η συγκατάθεση της κλινικής δοκιμής είναι προσβάσιμη και διαφανής για τους ασθενείς, ενώ μπορεί να εντοπιστεί για τους ενδιαφερόμενους. Χρησιμοποιήθηκε ένα μόνο έγγραφο σε ανοιχτή μορφή και αντιπροσώπευε ολόκληρη τη διαδικασία συλλογής συγκατάθεσης με χρονική σφραγίδα. Αυτό το έγγραφο δεν μπορεί να καταστραφεί και θεωρείται αξιόπιστη απόδειξη δεδομένων.

# Κεφάλαιο 7

## Συμπεράσματα

Αυτή η συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας παρουσίασε μια επισκόπηση της χρήσης και των χαρακτηριστικών της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Τα ευρήματα δείχνουν ότι η έρευνα και η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης είναι ακόμη στις αρχές, αλλά αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς. Η τεχνολογία Blockchain έχει αρχίσει να εξελίσσεται από κρυπτονομίσματα, όπως το Bitcoin, σε διάφορες γενικές χρήσεις τεχνολογιών σε πολλούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης.

Σύμφωνα με τα επιλεγμένα άρθρα σε αυτήν τη μελέτη, τα EMR, η βιοϊατρική έρευνα και εκπαίδευση, η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών, οι αλυσίδες εφοδιασμού φαρμάκων ή φαρμακευτικών προϊόντων και οι αξιώσεις ασφάλισης υγείας είναι οι πιο κοινές χρήσεις της τεχνολογίας blockchain στην υγειονομική περίθαλψη. Οι κύριοι λόγοι για την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain είναι η ενίσχυση της ακεραιότητας των δεδομένων, ο έλεγχος πρόσβασης, η καταγραφή, η αποθήκευση νέων δεδομένων και η μη αποποίηση των αρχείων υγείας των ασθενών ή άλλων πληροφοριών υγείας σε περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης.

Στην συνέχεια, προτείνονται κάποιες μελλοντικές συστάσεις για την χρήση της τεχνολογίας blockchain (Yaqoob et al., 2021; Tanwar et al., 2020; Sahoo et al., 2020; Pandey & Litoriya, 2020):

- **Σύγκλιση του blockchain και της τεχνητής νοημοσύνης (TN):** το blockchain και η τεχνητή νοημοσύνη είναι δύο αναδυόμενα παραδείγματα ξεχωριστά, αλλά ο συνδυασμός των δύο μπορεί να οδηγήσει σε κέρδη αποδοτικότητας όσον αφορά την ανάλυση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης. Με το blockchain, οι βιομηχανίες υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να παρατηρούν αλλαγές στα δεδομένα τους σε πραγματικό χρόνο, καθιστώντας έτσι δυνατή τη λήψη γρήγορων αποφάσεων χωρίς ανθρώπινες παρεμβάσεις μέσω TN, καθώς μπορεί να υποστηρίξει καινοτόμες αναλύσεις. Η ποιότητα και η ενοποίηση των δεδομένων είναι βασικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα των αναλυτικών στοιχείων. Η διαχείριση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης που βασίζεται σε blockchain βοηθά στην επίλυση τόσο των ζητημάτων ποιότητας όσο και της ολοκλήρωσης που μπορούν να επιτρέψουν περαιτέρω στα εργαλεία της TN να βελτιώσουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων των αναλυτικών στοιχείων. Η σύγκλιση blockchain και TN μπορεί να οδηγήσει σε επανάσταση στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

- **Προχωρώντας προς τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται στο IoT:** Τα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να ενσωματωθούν στο IoT. Τα ιατρικά συστήματα που βασίζονται στο IoT έχουν εκτεταμένη δυνατότητα εφαρμογής σε πολλούς τομείς υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό είναι ικανό να μετατρέψει τις ρουτίνες των ιατρικών ελέγχων από νοσοκομειακό σε κατ' οίκον. Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται στο IoT μπορούν να προσφέρουν μια πληθώρα πλεονεκτημάτων που περιλαμβάνουν παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο που μπορεί να σώσει ζωές σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, απομακρυσμένη ιατρική βοήθεια μέσω έξυπνων εφαρμογών για κινητές συσκευές, σύνδεση από άκρο σε άκρο και οικονομική προσιτότητα και παρακολούθηση και ειδοποιήσεις σε περίπτωση κρίσιμων περιστάσεων. Η αποθήκευση όλων των ιατρικών δεδομένων που συλλέγονται από συσκευές IoT σε συστήματα blockchain μπορεί να επιτρέψει στους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης και στους ασθενείς να τα διαχειρίζονται εύκολα με ασφαλή, αξιόπιστο, διαφανή, προσβάσιμο και ανιχνεύσιμο τρόπο. Στην περίπτωση των χειροκίνητων συστημάτων διαχείρισης δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, υπάρχουν μεγάλες πιθανότητες για ανακρίβειες που οφείλονται σε σκόπιμα ή ακούσια ανθρώπινα λάθη. Επομένως, η μετακίνηση τέτοιων δεδομένων σε συστήματα blockchain μπορεί να οδηγήσει σε σπατάλη πόρων. Εναλλακτικά, η αποθήκευση δεδομένων συστημάτων υγείας που βασίζονται στο IoT απευθείας σε συστήματα blockchain θα μειώσει τις πιθανότητες ανακρίβειων, κάτι που μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων.
- **Σύνδεση της τεχνολογίας blockchain σε παλαιού τύπου συστήματα υγειονομικής περίθαλψης:** το blockchain δεν μπορεί να συνδεθεί εύκολα σε υπάρχουσες βάσεις δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης και συστήματα προγραμματισμού πόρων επιχειρήσεων. Η κύρια πρόκληση που σχετίζεται με την εφαρμογή του DLT είναι το πώς να δημιουργήσει ένα δίκτυο ανθρώπων που είναι πρόθυμοι να συμμετάσχουν και να μοιραστούν δεδομένα μεταξύ τους ακολουθώντας όλους τους κανόνες. Μία από τις πιθανές λύσεις για τη δημιουργία ενός τέτοιου δικτύου είναι η προσφορά δίκαιων μηχανισμών κινήτρων, καθώς θα παρακινήσουν περισσότερους χρήστες να συμμετάσχουν σε πλατφόρμες DLT.
- **Καθιέρωση πολιτικών blockchain:** είναι απαραίτητο να καθιερώσει αυστηρές πολιτικές για να καταστεί δυνατή η ευρεία υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain στους κλάδους της υγειονομικής περίθαλψης. Η πολιτική θα πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτη ώστε να αναπροσαρμόζεται με βάση τα διδάγματα και το ταχέως μεταβαλλόμενο τεχνολογικό και παγκόσμιο τοπίο. Οι τεράστιες δυνατότητες της τεχνολογίας blockchain δεν θα επαληθεύονταν χωρίς τη θέσπιση τυπικών πολιτικών σε επίπεδο χώρας.

- **Ανάπτυξη ασφαλών έξυπνων συμβολαίων:** Τα έξυπνα συμβόλαια είναι αναδιαμόρφωση των παραδοσιακών βιομηχανιών υγειονομικής περίθαλψης και των επιχειρηματικών διαδικασιών τους, επιτρέποντας τους συμβατικούς όρους των συμφωνιών με αυτοματοποιημένο τρόπο. Δεν συνεπάγονται καμία παρέμβαση τρίτων, μειώνοντας έτσι το διοικητικό κόστος, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών υγειονομικής περίθαλψης και μειώνοντας τους κινδύνους. Παρόλο που τα έξυπνα συμβόλαια φέρνουν ένα νέο κύμα καινοτομιών στις διαδικασίες υγειονομικής περίθαλψης. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες προκλήσεις που σχετίζονται με τη δημιουργία έξυπνων συμβολαίων (αναγνωσιμότητα και λειτουργικά ζητήματα), την ανάπτυξη (ορθότητα συμβολαίου και δυναμική ροή ελέγχου), την εκτέλεση (αξιόπιστο μαντείο, εξάρτηση από παραγγελία συναλλαγών και αποτελεσματικότητα εκτέλεσης) και την ολοκλήρωση ( απόρρητο, ασφάλεια και απάτη) [28]. Τέτοιες προκλήσεις πρέπει να επιλυθούν στο μέλλον για να παρακολουθήσουμε το πλήρες δυναμικό της τεχνολογίας blockchain.
- **Συμφόρηση λανθάνοντος χρόνου και απόδοσης:** Σε δημόσιο μπλοκ-αλυσίδες, υπάρχει μεγάλος αριθμός κόμβων που πρέπει να επιτύχουν συναίνεση για να επαληθεύσουν μια συναλλαγή. Για την επεξεργασία των συναλλαγών έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχθεί συναίνεση, κάθε κόμβος πρέπει να έχει πρόσβαση σε ολόκληρο το δίκτυο blockchain. Αυτό προκαλεί ζητήματα λανθάνοντος χρόνου στις δημόσιες αλυσίδες μπλοκ. Από την άλλη πλευρά, η παροχή πρόσβασης σε ολόκληρο το blockchain μπορεί να θέσει ορισμένες απειλές για το απόρρητο και την ασφάλεια. Ένα άλλο κρίσιμο ζήτημα είναι πώς να βελτιωθεί η απόδοση των δημόσιων blockchain. Πρέπει να δοθεί η δέουσα προσοχή για την άμβλυνση τέτοιων προβλημάτων, ώστε το blockchain να γίνει μια κυρίαρχη τεχνολογία.

Εν κατακλείδι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το blockchain έχει τη δυνατότητα να αναδιαμορφώσει και να μεταμορφώσει τις βιομηχανίες υγειονομικής περίθαλψης επιφέροντας σημαντικές βελτιώσεις όσον αφορά τη λειτουργική αποτελεσματικότητα, την ασφάλεια των δεδομένων, τη διαχείριση του προσωπικού υγειονομικής περίθαλψης και το κόστος. Ωστόσο, η ενοποίηση των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης με το blockchain δημιουργεί ορισμένες τεχνικές προκλήσεις, όπως η ανωριμότητα του blockchain, η επεκτασιμότητα, η διαλειτουργικότητα, τα ανεξάρτητα έργα, η δύσκολη ενσωμάτωση με τα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, η πολυπλοκότητα και η έλλειψη εμπειρίας της χρήσης του blockchain, που πρέπει να αντιμετωπιστεί.

# Κεφάλαιο 8

## Βιβλιογραφία

- Aazam, M., Zeadally, S., Harras, K.A. 2020. Health fog for smart healthcare. *IEEE Consum Electron Maga*, 9(2): pp.96-102.
- Agbo, C.C., Mahmoud, Q.H., Eklund, J.M. 2019. Blockchain technology in healthcare: a systematic review. *Healthcare*, 7(2): pp.56.
- Al Omar, M.Z.A., Bhuiyan, A., Basu, S., Kiyomoto, M.S., Rahman. 2019. Privacy-friendly platform for healthcare data in cloud based on blockchain environment. *Futur Gener Comput Syst*, 95: pp.511-521.
- Alam, M.G.R., Abedin, S.F., Moon, S.I., Talukder, A., Hong, C.S. 2019. Healthcare IoT-based affective state mining using a deep convolutional neural network. *IEEE Access*, 7: pp.75189–75202.
- Ali, F., El-Sappagh, S., Islam, S.R., Ali, A., Attique, M., Imran, M., Kwak, K.S. 2021. An intelligent healthcare monitoring framework using wearable sensors and social networking data. *Futur Gener Comput Syst*, 114: pp.23–43.
- Ali, F., El-Sappagh, S., Islam, S.R., Kwak, D., Ali, A., Imran, M., Kwak, K.S. 2020. A smart healthcare monitoring system for heart disease prediction based on ensemble deep learning and feature fusion. *Inf Fusion*, 63: pp.208–222.
- Ali, M.S., Vecchio, M., Pincheira, M., Dolui, K., Antonelli, F., Rehmani, M.H. 2018. Applications of blockchains in the internet of things: a comprehensive survey. *IEEE Commun Surv Tutor*, 21(2): pp.1676–1717.
- Al-Jaroodi, J., and Mohamed, N. 2019. Blockchain in industries: A survey. *IEEE Access*, 7: pp.36500–36515.
- Anderson, M. 2019. Exploring Decentralization: Blockchain Technology and Complex Coordination. (2019). *Journal of Design and Science*. Retrieved from <https://jods.mitpress.mit.edu/pub/7vxemtm3>.
- Androulaki, E., Manevich, Y., Muralidharan, S., Murthy, C., Nguyen, B., Sethi, M., Singh, G., Smith,

- K., Sorniotti, A., Stathakopoulou, C., et al. 2018. Hyperledger fabric: A distributed operating system for permissioned blockchains. In Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference, *Porto, Portugal*, 23–26 April 2018.
- Angeletti, F., Chatzigiannakis, I., Vitaletti, A. 2017. The role of blockchain and IoT in recruiting participants for digital clinical trials. In: Proceedings of the 25th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks. Split, Croatia.
- Arsene, C. 2022. The Global “Blockchain in Healthcare” Report: The 2022 Ultimate Guide for Every Executive. Report: The 2022 Ultimate Guide for Every Executive. <https://healthcareweekly.com/blockchain-in-healthcare-guide/>. Ανακτήθηκε στις 18/02/2022.
- Aste, T., Tasca, P., Matteo, T.D. 2017. Blockchain technologies: The foreseeable impact on society and industry. *Computer*, 50(9): pp.18–28.
- Awais, M., Raza, M., Ali, K., Ali, Z., Irfan, M., Chughtai, O., Khan, I., Kim, S., Rehman, M. 2019. An internet of things based bedegress alerting paradigm using wearable sensors in elderly care environment. *Sensors*, 19(11): pp.2498.
- Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T., Lippman, A. 2016. MedRec: Using blockchain for medical data access and permission management. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Open and Big Data. 2016 Presented at: 2nd International Conference on Open and Big Data, Vienna, Austria* pp.22-24.
- Benchoufi, M., Porcher, R., Ravaud, P. 2017. Blockchain protocols in clinical trials: Transparency and traceability of consent. *F1000Res.*, 6: pp.66.
- Benefits of blockchain technology in telemedicine. <https://irishtechnews.ie/benefits-of-blockchain-technology-in-telemedicine/>. Ανακτήθηκε στις 15/12/2021.
- Blockchain and healthcare: use cases today and opportunities for the future. <https://mlsdev.com/blog/blockchain-and-healthcareuse-cases-today-and-in-the-future>. Ανακτήθηκε στις 15/12/2021.
- Blockchain and healthcare—drug traceability and data management. <https://medium.com/@juraprotocol/blockchain-healthcaredrug-traceability-datamanagement-traceability-259dd7c79c24>. Ανακτήθηκε στις 15/12/2021.
- Blockchain can be the catalyst for a revolution in precision medicine. <https://medium.com/projectshivom/blockchain-can-bethe-catalyst-for-a-revolution->

[in-precision-medicine-d55e1e8102](#). Ανακτήθηκε στις 15/12/2021.

Blockchain for healthcare data security.

<https://www.identitymanagementinstitute.org/blockchain-for-healthcare-data-security/>. Ανακτήθηκε στις 15/12/2021.

Blockchain: tech for healthcare.

<https://www.avocadoblock.com/en/blog/2019/3/29/uu7nkiya061ipblg4o22cd7lhjvha>. Ανακτήθηκε στις 15/12/2021.

Blockchain: the benefits of an immutable ledger. <https://medium.com/luxtag-live-tokenized-assets-on-blockchain/blockchain-thebenefits-of-an-immutable-ledger-3ecb458fed3b>.

Ανακτήθηκε στις 15/12/2021.

Bocek, T., Rodrigues, B., Strasser, T., Stiller, B. 2017. Blockchains everywhere - A use-case of blockchains in the pharma supply-chain. In: Proceedings of the IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management. 2017 Presented at: IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management, Lisbon, Portugal.

Casino, F., Dasaklis, T.K., Patsakis, C. 2019. A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues. *Telematics Inform.*, 36: pp.55–81.

Chen, L., Lee, W.K., Chang, C.C., Choo, K.K.R., Zhang, N. 2019. Blockchain based searchable encryption for electronic health record sharing. *Futur Gener Comput Syst.*, 95: pp.420–429.

Christidis, K., & Devetsikiotis, M. 2016. Blockchains and smart contracts for the internet of things. *IEEE Access*, 4: pp.2292–2303.

Chukwu, E., & Garg, L. 2020. A systematic review of blockchain in healthcare: frameworks, prototypes, and implementations. *IEEE Access*, 8: pp.21196–21214.

Cichosz, S.L., Stausholm, M.N., Kronborg, T., Vestergaard, P., Hejlesen, O. 2019. How to use blockchain for diabetes health care data and access management: An operational concept. *J Diabetes Sci Technol.*, 13(2): pp.248-253.

Cunningham, J., & Ainsworth, J. 2017. Enabling patient control of personal electronic health records through distributed ledger technology. *Stud Health Technol Inform.*, 245: pp.45-48.

- Dagher, G.G., Mohler, J., Milojkovic, M., Marella, P.B. 2018. Ancile: privacy-preserving framework for access control and interoperability of electronic health records using blockchain technology. *Sustain Cities Soc.*, 39: pp.283–297.
- De Aguiar, E.J., Faical, B.S., Krishnamachari, B., Ueyama, J. 2020. A survey of blockchain-based strategies for healthcare. *ACM Comput Surv.*, 53(2): pp.1–27.
- del Castillo, M. 2017. Chain is Now Working on Six ‘Citi-Sized’ Blockchain Networks. [Online]. Available: <https://www.coindesk.com/chainnow-working-six-citi-sized-blockchain-networks>.
- Deloitte. 2019. Blockchain: opportunities for health care [Internet]. New York (NY): Deloitte; c2019. Ανακτήθηκε στις 15/12/2021. Available from: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/public-sector/articles/blockchain-opportunities-for-health-care.html>.
- Dimitrov, D.V. 2019. Blockchain Applications for Healthcare Data Management. *Healthc Inform Res.*, 25(1): pp.51-56.
- Esposito, C., De Santis, A., Tortora, G., Chang, H., Choo, K-KR. 2018. Blockchain: a panacea for healthcare cloud-based data security and privacy? *IEEE Cloud Comput.*, 5(1): pp.31–37.
- Ethereum. 2015. Ethereum Project; Ethereum Switzerland GmbH (EthSuisse): Zug, Switzerland.
- Exploring decentralization: blockchain technology and complex coordination. <https://jods.mitpress.mit.edu/pub/7vxentm3/release/2>.
- Faisal, J., Shabir, A., Iqbal, N., Do-Hyeun, K. 2020. Towards a Remote Monitoring of Patient Vital Signs Based on IoT-Based Blockchain Integrity Management Platforms in Smart Hospitals. *Sensors*, 20: 2195; doi:10.3390/s20082195.
- Fan, K., Wang, S., Ren, Y., Li, H., Yang, Y. 2018. MedBlock: Efficient and secure medical data sharing via blockchain. *J Med Syst.*, 42(8): pp.136.
- Farouk, A., Alahmadi, A., Ghose, S., Mashatan, A. 2020. Blockchain platform for industrial healthcare: vision and future opportunities. *Comput Commun.*, 154: pp.223–235.
- Gordon, W.J., & Catalini, C. 2018. Blockchain technology for healthcare: facilitating the transition to patient-driven interoperability. *Comput Struct Biotechnol J.*, 16: pp.224–230.
- Griggs, K.N., Ossipova, O., Kohlios, C.P., Baccarini, A.N., Howson, E.A., Hayajneh, T. 2018.



- Healthcare blockchain system using smart contracts for secure automated remote patient monitoring. *J Med Syst.*, 42(7): pp.130.
- Gupta, S., Malhotra, V., Singh, S.N. 2020. Securing IoT-driven remote healthcare data through blockchain. In: *Advances in data and information sciences. Lecture notes in networks and systems*, 94, Springer, Singapore, pp.47–56.
- Hasselgren, A., Krlevska, K., Gligoroski, D., Pedersen, S.A., Faxvaag, A. 2020. Blockchain in healthcare and health sciences - a scoping review. *Int J Med Inform.*, 134: 104040.
- Hölbl, M., Kompara, M., Kamišalic´, A., Zlatolas, N.L. 2018. A Systematic Review of the Use of Blockchain in Healthcare. *Symmetry*, 10(10): pp2-20.
- Houtan, B., Hafid, A.S., Makrakis, D. 2020. A survey on blockchain-based self-sovereign patient identity in healthcare. *IEEE Access*, 8: pp.90478–90494.
- How blockchain will affect medical billing and coding. <https://www.mdtechreview.com/news/how-will-blockchain-affect-medical-billing-and-coding-nwid-264.html>. Ανακτήθηκε στις 15/12/2021.
- Hussien, H.M., Yasin, S.M., Udzir, S.N.I., 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. *J Med Syst.*, 43(10): pp.320.
- Ichikawa, D., Kashiyama, M., Ueno, T. 2017. Tamper-resistant mobile health using blockchain technology. *JMIR Mhealth Uhealth*, 5(7): e111.
- Islam, N., Faheem, Y., Din, I.U., Talha, M., Guizani, M., Khalil, M. 2019. A blockchain-based fog computing framework for activity recognition as an application to e-healthcare services. *Futur Gener Comput Syst.*, 100: pp.569–578.
- Islam, S.R., Kwak, D., Kabir, M.H., Hossain, M., Kwak, K.S. 2015. The internet of things for health care: a comprehensive survey. *IEEE Access*, 3: pp.678–708.
- Jiang, L., Chen, L., Giannetsos, T., Luo, B., Liang, K., Han, J. 2019. Toward practical privacy-preserving processing over encrypted data in IoT: An assistive healthcare use case. *IEEE Intern Things J.*, 6(6): pp.10177–10190.
- Karame, G., Androulaki, H., Capkun, S. 2012. Two bitcoins at the price of one? double-spending attacks on fast payments in bitcoin. *IACR Cryptol. ePrint Arch.*, 2012(248):
- Kassab, M.H., DeFranco, J., Malas, T., Laplante, P., Neto, V.V.G., et al. 2019. Exploring research in

blockchain for healthcare and a roadmap for the future. *IEEE Trans Emerg Top Comput.*, <https://doi.org/10.1109/TETC.2019.2936881> (in press).

- Khan, F.A., Asif, M., Ahmad, A., Alharbi, M., Aljuaid, H. 2020. Blockchain technology, improvement suggestions, security challenges on smart grid and its application in healthcare for sustainable development. *Sustain Cities Soc.*, 55: pp.102018.
- Khan, W.A., Khattak, A.M., Hussain, M., Amin, M.B., Afzal, M., Nugent, C., Lee, S. 2014. An adaptive semantic based mediation system for data interoperability among health information systems. *J Med Syst.*, 38(8): pp.28.
- Khezr, S., Moniruzzaman, M., Yassine, A., Benlamri, R. 2019. Blockchain technology in healthcare: a comprehensive review and directions for future research. *Appl Sci.*, 9(9): pp.1736.
- Kleinaki, A., Mytis-Gkometh, P., Drosatos, G., Efraimidis, P.S., Kaldoudi, E. 2018. A blockchain-based notarization service for biomedical knowledge retrieval. *Comput Struct Biotechnol J.*, 16: pp.288-297.
- Kontzinos, C., Kontoulis, M., Kapsalis, P., Markaki, O., Mouzakitis, S., Manta, R., Androutsou, T., Kouris, I., Karanikas, H., Billiris, A., Christodoulakis, A., Thireos, E. 2020. Methodology for secure storage and information exchange of medical data based on blockchain. *Archives of Hellenic Medicine*, 37(4): pp.542-554.
- Kotsiuba, I., Velvkzhanin, A., Yanovich, Y., Bandurova, I., Dyachenko, Y., Zhygulin, V. 2018. Decentralized e-Health architecture for boosting healthcare analytics. In: Proceedings of the 2nd World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability. 2019 Presented at: 2nd World Conference on Smart Trends in Systems, Security and Sustainability; October 30-31, 2018; London, UK.
- Kouhizadeh, M., and Sarkis, J. 2018. Blockchain practices, potentials, and perspectives in greening supply chains. *Sustainability*, 10(10): pp.3652.
- Kroll, J.A., Davey, I.C., Felten, E.W. The economics of bitcoin mining, or bitcoin in the presence of adversaries. WEIS, pp. 11.
- Kumar, R., & Tripathi, R. 2019. Traceability of counterfeit medicine supply chain through blockchain. In: 11th international conference on communication systems and networks (COMSNETS). *IEEE, Bengaluru, India*, pp.568-570.
- Kumar, T., Ramani, V., Ahmad, I., Braeken, A., Harjula, E., Ylianttila, M. 2018. Blockchain

- utilization in healthcare: key requirements and challenges. In: 20th international conference on e-health networking, applications and services (Healthcom). *IEEE, Ostrava, Czech Republic*, pp.1-7.
- Lee, H-L., Kung, H-H., Udayasankaran, J.G., Kijisanayotin, B., Marcelo, A.B., Chao, L.R., Hsu, C-Y. 2020. An Architecture and Management Platform for Blockchain-Based Personal Health Record Exchange: Development and Usability Study. *J Med Internet Res.*, 22(6): e16748. doi: 10.2196/16748.
- Li, H., Zhu, L., Shen, M., Gao, F., Tao, X., Liu, S. 2018. Blockchain-based data preservation system for medical data. *J Med Syst.*, 42(8): pp.141.
- Liang, X., Zhao, J., Shetty, S., Liu, J., Li, D. 2017. Integrating blockchain for data sharing and collaboration in mobile healthcare applications. In: Proceedings of the 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications. 2017 Presented at: 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications, Montreal, QC.
- Litecoin. 2013. Litecoin-Open-Source P2P Digital Currency. (<https://litecoin.org/>). Ανακτήθηκε στις 13 Απριλίου 2022.
- Litke, A., Anagnostopoulos, D., Varvarigou, T. 2019. Blockchains for supply chain management: Architectural elements and challenges towards a global scale deployment. *Logistics*, 3(1): pp.5.
- Liu, J., Li, X., Ye, L., Zhang, H., Du, X., Guizani, M. 2018. BPDS: A blockchain based privacy-preserving data sharing for electronic medical records. In: Proceedings of the 2018 IEEE Global Communications Conference. 2018 Presented at: 2018 *IEEE Global Communications Conference, Abu Dhabi, United Arab Emirates*, pp.9-13.
- Lo, U-S., Yang, C-Y., Chien, H-F., Chang, S-S., Lu, C-Y., Chen, R-J. 2019. Blockchain-Enabled iWellChain Framework Integration with the National Medical Referral System: Development and Usability Study. *J Med Internet Res.*, 21(12): e13563. doi: 10.2196/13563.
- Maslove, D.M., Klein, J., Brohman, K., Martin, P. 2018. Using blockchain technology to manage clinical trials data: A proof-of-concept study. *JMIR Med Inform.*, 6(4): e11949.

- McGhin, T., Choo, K.K.R., Liu, C.Z., He, D. 2019. Blockchain in healthcare applications: Research challenges and opportunities. *Journal of Network and Computer Applications*, 135 (2019): pp.62-75.
- Mendes, D., Rodrigues, I.P., Fonseca, C., Lopes, M.J., García-Alonso, J.M., Berrocal, J. 2018. Anonymized distributed PHR using blockchain for openness and non-repudiation guarantee. *Stud Health Technol Inform.*, 255: pp.170-174.
- Nagasubramanian, G., Sakthivel, R.K., Patan, R., Gandomi, A.H., Sankayya, M., Balusamy, B. 2018. Securing e-health records using keyless signature infrastructure blockchain technology in the cloud. *Neural Comput Appl.*, 32(3): pp.639-647.
- Nakamoto, S. 2008. Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System; *Portal Unicamp: Campinas, Brazil*.
- Nakamoto, S., et al. 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Citeseer, [Online]. Available: <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- Niu, Y. 2021. Influence of Standardized Nursing Management of Hospital Based on Smart Electronic Medical Blockchain on Nursing Quality of Digestive Endoscopy Room. *Journal of Healthcare Engineering*, Article ID 5539901, 10 pages.
- Nugent, T., Upton, D., Cimpoesu, M. 2016. Improving data transparency in clinical trials using blockchain smart contracts. *F1000Res.*, 5: pp.2541.
- Omar, A.A., Bhuiyan, M.Z.A., Basu, A., Kiyomoto, S., Rahman, M.S. 2019. Privacy-friendly platform for healthcare data in cloud based on blockchain environment. *Future Gener Comput Syst.*, 95: pp.511-521.
- Omar, I., Jayaraman, R., Salah, K., Simsekler, M. 2019. Exploiting Ethereum smart contracts for clinical trial management. In: 2019 ACS 16th international conference on computer systems and applications (AICCSA). *IEEE, Abu Dhabi, United Arab Emirates*, pp 1-6.
- Pandey, P., & Litoriya, R. 2020. Implementing healthcare services on a large scale: challenges and remedies based on blockchain technology. *Health Policy Technol.*, 9: pp.69-78.
- Pandey, P., & Litoriya, R. 2020. Securing e-health networks from counterfeit medicine penetration using blockchain. *Wirel Personal Commun.*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07041-7>.

- Peters, G., Panayi, E., Chapelle, A. 2015. Trends in cryptocurrencies and blockchain technologies: A monetary theory and regulation perspective. *J. Financial Perspect.*, 3(3): pp.1–25.
- Radanovic, I., & Likic, R. 2018. Opportunities for use of blockchain technology in medicine. *Appl Health Econ Health Policy*, 16(5): pp.583–590.
- Ray, P.P., Dash, D., Salah, K., Kumar, N. 2020. Blockchain for IoT based healthcare: background, consensus, platforms, and use cases. *IEEE Syst J.*, pp.1–10. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2020.2963840>.
- Reisman, M. 2017. EHRs: the challenge of making electronic data usable and interoperable. *Pharm Ther.*, 42(9): pp.572.
- Ripple. 2018. Ripple-One Frictionless Experience to Send Money Globally. (<https://ripple.com/>). Ανακτήθηκε στις 13 Απριλίου 2022.
- Sahoo, M., Singhar, S.S., Sahoo, S.S. 2020. A blockchain based model to eliminate drug counterfeiting. In: Machine learning and information processing. *Springer*, pp.213–222.
- Salah, K., Rehman, M.H.U., Nizamuddin, N., Al-Fuqaha, A. 2019. Blockchain for AI: Review and open research challenges. *IEEE Access*, 7: pp.10127–10149.
- Saravanan, M., Shubha, R., Mary, A. 2017. SMEAD: A secured mobile enabled assisting device for diabetics monitoring. In: Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems. Bhubaneswar, India.
- Sengupta, J., Ruj, S., Bit, S.D. 2020. A comprehensive survey on attacks, security issues and blockchain solutions for IoT and iiot. *J Netw Comput Appl.*, 149: pp.102481.
- Shahnaz, A., Qamar, U., Khalid, A. 2019. Using blockchain for electronic health records. *IEEE Access*, 7: pp.147782–147795.
- Sigwart, M., Borkowski, M., Peise, M., Schulte, S., Tai, S. 2019. Blockchain-based data provenance for the internet of things. In: *Proceedings of the 9th international conference on the internet of things, Bilbao, Spain*, pp. 1–8.
- Syed, T.A., Alzahrani, A., Jan, S., Siddiqui, M.S., Nadeem, A., Alghamdi, T. 2019. A comparative analysis of blockchain architecture and its applications: problems and recommendations. *IEEE Access*, 7: pp.176838–176869.
- Tanwar, S., Parekh, K., Evans, R. 2020. Blockchain-based electronic healthcare record system for healthcare 4.0 applications. *J Inf Secur Appl.*, 50: pp.102407.

- Tao, H., Bhuiyan, M.Z.A., Abdalla, A.N., Hassan, M.M., Zain, J.M., Hayajneh, T. 2018. Secured data collection with hardware-based ciphers for IoT based healthcare. *IEEE Intern Things J.*, 6(1): pp.410-420.
- Tendulkar, S., Rodrigues, A., Patel, K., Dalvi, H. 2020. System to fight counterfeit drugs. In: *Advanced computing technologies and applications. Algorithms for intelligent systems. Springer, Singapore*, pp.465–470.
- The future of blockchain in health insurance. <https://www.thedigital-insurer.com/future-blockchain-health-insurance/>.
- The global blockchain in healthcare report: the 2020 ultimate guide for every executive. [https://healthcareweekly.com/block\\_chain-in-healthcare-guide/](https://healthcareweekly.com/block_chain-in-healthcare-guide/). Accessed 22 May 2020.
- Vazirani, A.A., O'Donoghue, O., Brindley, D., Meinert, E. 2020. Blockchain vehicles for efficient medical record management. *NPJ Digit Med.*, 3(1): pp.1–5.
- Wang, S., Wang, J., Wang, X., Qiu, T., Yuan, Y., Ouyang, L., Guo, Y., Wang, F.Y. 2018. Blockchain-powered parallel healthcare systems based on the ACP approach. *IEEE Trans Comput Soc Syst.*, 5(4): pp.942–950.
- What are the top 10 benefits of implementing blockchain? <https://dragonchain.com/blog/top-blockchain-benefits/>.
- What if blockchain technology in healthcare: a systematic review offered a way to reconcile privacy with transparency? [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2018/624254/EPRSATA\(2018\)624254EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2018/624254/EPRSATA(2018)624254EN.pdf).
- Wikipedia. InterPlanetary File System [Internet]. Wikimedia Foundation; c2019. Ανακτήθηκε στις 15/12/2021. Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/InterPlanetary\\_File\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/InterPlanetary_File_System).
- Xia, Q., Sifah, E.B., Asamoah, K.O., Gao, J., Du, X., Guizani, M. 2017. /Medshare: Trustless medical data sharing among cloud service providers via blockchain. *IEEE Access*, 5: pp.14757–14767.
- Xie, J., Tang, H., Huang, T., Yu, F.R., Xie, R., Liu, J., Liu, Y. 2019. A survey of blockchain technology applied to smart cities: research issues and challenges. *IEEE Commun Surv Tutor*, 21(3): pp.2794–2830.

- Yaqoob, I., Salah, K., Jayaraman, R., Al-Hammadi, Y. 2021. Blockchain for healthcare data management: opportunities, challenges, and future recommendations. *Neural Computing and Applications*, doi.org/10.1007/s00521-020-05519-w.
- Yue, X., Wang, H., Jin, D., Li, M., Jiang, W. 2016. Healthcare data gateways: found healthcare intelligence on blockchain with novel privacy risk control. *J Med Syst.*, 40(10): pp.218.
- Yukhymenko, C. 2019. <https://www.quora.com/What-are-the-good-use-cases-of-blockchain-in-the-healthcare-and-medical-device-industries/answer/Constantin-Yukhymenko>. Ανακτήθηκε στις 07/04/2022.
- Zhang, P., Schmidt, D.C., White, J., Lenz, G. 2018. Blockchain technology use cases in healthcare. *Adv Comput.*, 111: pp.1-41.
- Zhang, P., White, J., Schmidt, D.C., Lenz, G., Rosenbloom, S.T. 2018. FHIRChain: Applying blockchain to securely and scalably share clinical data. *Comput Struct Biotechnol J.*, 16: pp.267-278.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., Wang, H. 2017. An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. In Proceedings of the 2017 IEEE International Congress on Big Data (Big Data Congress), *Boston, MA, USA*. pp. 557-564.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H-N., Chen, W., Chen, X., Weng, J., Imran, M. 2020. An overview on smart contracts: challenges, advances and platforms. *Futur Gener Comput Syst.*, 105: pp.475-491.
- Zhou, L., Wang, L., Sun, Y. 2018. MIStore: A blockchain-based medical insurance storage system. *J Med Syst.*, 42(8): pp.149.
- Zhu, H., Wu, C.K., Koo, C.H., Tsang, Y.T., Liu, Y., Chi, H.R., Tsang, K.F. 2019. Smart healthcare in the era of internet-of-things. *IEEE Consum Electron Maga*, 8(5): pp.26-30.