

BLOCKCHAIN ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΕΡΡΙΚΟΣ ΜΑΤΕΒΟΣΙΑΝ

AM: iis23018

Περίληψη:

Η τεχνολογία Blockchain, με τη ραγδαία ανάπτυξή της τα τελευταία χρόνια, αρχίζει να διεισδύει ολοένα και περισσότερο και στον τομέα της υγείας. Η ασφάλεια των δεδομένων των ασθενών βελτιώνεται κρυπτογραφώντας και αποκεντρώνοντας τις πληροφορίες τους, όντας συνεπώς πιο δύσκολη η παραβίαση τους από τρίτους. Επιπλέον, το blockchain συνεισφέρει στην αδιακώλυτη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των διάφορων υγειονομικών φορέων προάγοντας την διαλειτουργικότητα και μειώνοντας τα τυχών λάθη. Οι ασθενείς έχουν μεγαλύτερο έλεγχο στα δεδομένα τους, αφού είναι σε θέση να προσδιορίζουν ποιοι μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτά. Ακόμα, με τη βοήθεια του blockchain, υποστηρίζονται περαιτέρω οι διαδικασίες της παρακολούθησης, παραγωγής και διανομής των φαρμάκων και άλλων ιατρικών ειδών, όπως και της πιστοποίησης της αυθεντικότητάς τους. Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός, πως βελτιώνεται η διαφάνεια των κλινικών δοκιμών, αποθηκεύοντας με ασφάλεια τα αποτελέσματα που προκύπτουν. Συνοψίζοντας, οι δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία blockchain φέρνει μια νέα επανάσταση στον τομέα της υγείας ενισχύοντας σημαντικά την ασφάλεια των δεδομένων, υποστηρίζοντας και βελτιώνοντας την συνεργασία όλων των σχετιζόμενων υπηρεσιών και τελικά οδηγώντας σε καλύτερα αποτελέσματα τόσο για τους ασθενείς όσο και τους επαγγελματίες του κλάδου.

Λέξεις -κλειδιά: blockchain, υγεία, ασφάλεια, δεδομένα, διαλειτουργικότητα, εφοδιαστική αλυσίδα, ιατρικά είδη, φάρμακα, κλινικές δοκιμές

1. Εισαγωγή

Λίγα λόγια για την τεχνολογία Blockchain

Η τεχνολογία blockchain στον τομέα της υγείας αποτελεί κάτι υψίστης σημασίας στο σύγχρονο κόσμο, προσφέροντας λύσεις σε κρίσιμες προκλήσεις του κλάδου. Μια από τις πρωταρχικές συνεισφορές της έγκειται στην ενίσχυση της ασφάλειας των δεδομένων. Καθώς ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης παλεύει με τις αυξανόμενες περιπτώσεις παραβίασης δεδομένων και απειλών στον κυβερνοχώρο, η αποκεντρωμένη και ανθεκτική στην παραποίηση αρχιτεκτονική blockchain διασφαλίζει την ακεραιότητα των αρχείων υγείας, μειώνοντας σημαντικά τον κίνδυνο μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης ή παραποίησης δεδομένων. Επιπλέον, το blockchain αντιμετωπίζει το μακροχρόνιο ζήτημα της διαλειτουργικότητας στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Παρέχοντας μια τυποποιημένη και αποκεντρωμένη προσέγγιση για την ανταλλαγή δεδομένων, προωθεί την απρόσκοπτη συνεργασία και την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων στο οικοσύστημα της υγειονομικής περίθαλψης. Επιπλέον, η τεχνολογία blockchain ενδυναμώνει τους ασθενείς, παρέχοντάς τους μεγαλύτερο έλεγχο όσον αφορά τα δεδομένα υγείας τους. Μέσω ασφαλών και διαφανών μηχανισμών, τα άτομα μπορούν να διαχειρίζονται τα δικαιώματα πρόσβασης, διασφαλίζοντας έτσι την ιδιωτική τους ζωή και διευκολύνοντας παράλληλα την πιο ενεργή συμμετοχή στο ταξίδι τους στην υγειονομική περίθαλψη. Καθώς αυτά τα πλεονεκτήματα συνεχίζουν να κερδίζουν αναγνώριση, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στην υγειονομική περίθαλψη αποτελεί καθοριστικό βήμα προς ένα πιο ασφαλές, διαλειτουργικό και ασθενοκεντρικό τοπίο υγειονομικής περίθαλψης.

Στόχος

Ο θεμελιώδης στόχος της ενσωμάτωσης του blockchain στην υγειονομική περίθαλψη έγκειται στην επανάσταση του κλάδου με την αντιμετώπιση κρίσιμων προκλήσεων και την προώθηση μετασχηματιστικών βελτιώσεων. Τα μοναδικά χαρακτηριστικά του blockchain, όπως η αποκέντρωση, η αμετάβλητη λειτουργία και η κρυπτογραφική ασφάλεια, ευθυγραμμίζονται με συγκεκριμένους στόχους, όπως η ενίσχυση της ασφάλειας των δεδομένων, η βελτίωση της διαλειτουργικότητας, η ενδυνάμωση των ασθενών και η μείωση της διοικητικής αναποτελεσματικότητας. Με την υιοθέτηση μιας αποκεντρωμένης αρχιτεκτονικής, η αλυσίδα μπλοκ στοχεύει στη δημιουργία ενός πιο ασφαλούς και ανθεκτικού στην παραποίηση περιβάλλοντος για τα δεδομένα υγείας, μειώνοντας τους κινδύνους που συνδέονται με τα συγκεντρωτικά συστήματα. Η τεχνολογία προσπαθεί να βελτιώσει τη διαλειτουργικότητα, παρέχοντας μια τυποποιημένη και αποκεντρωμένη πλατφόρμα για την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των διάφορων οντοτήτων υγειονομικής περίθαλψης. Επιπλέον, η αλυσίδα μπλοκ προσπαθεί να δώσει στους ασθενείς τη δυνατότητα μεγαλύτερου ελέγχου των πληροφοριών υγείας τους, επιτρέποντάς τους να διαχειρίζονται τα δικαιώματα πρόσβασης και να διαδραματίζουν πιο ενεργό ρόλο στις αποφάσεις τους για την υγειονομική

περίθαλψη. Η επιλογή της αλυσίδας μπλοκ έναντι άλλων τεχνολογιών οφείλεται συχνά στην εκ φύσεως αποκέντρωσή της, παρέχοντας μια ανθεκτική και ασφαλή λύση στα τρωτά σημεία που σχετίζονται με τις συγκεντρωτικές βάσεις δεδομένων. Η ικανότητα της τεχνολογίας να αυτοματοποιεί και να επιβάλλει κανόνες μέσω έξυπνων συμβάσεων προσθέτει ένα επιπλέον επίπεδο εμπιστοσύνης στις συναλλαγές υγειονομικής περίθαλψης. Προσωπικά, θεωρώ πως η τεχνολογία blockchain αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη λύση για την επίτευξη διαφάνειας, ασφάλειας και ασθενοκεντρικότητας σε έναν κλάδο που μπορεί να επωφεληθεί σημαντικά από αυτά τα χαρακτηριστικά.

Μεθοδολογία προσέγγισης του θέματος

Μια συστηματική προσέγγιση του θέματος "Blockchain στην υγεία" περιλαμβάνει μια ολοκληρωμένη μεθοδολογία που εμπεριέχει διάφορα στάδια. Ξεκινώντας με τη διερεύνηση βιβλιογραφικών ανασκοπήσεων, εμβαθύνοντας σε ακαδημαϊκές εργασίες, εκθέσεις του κλάδου και μελέτες περιπτώσεων, δημιουργείτε μια θεμελιώδη κατανόηση των εφαρμογών, των προκλήσεων και των αποτελεσμάτων που σχετίζονται με το blockchain στον τομέα της υγείας. Ακολούθως, έρχεται η αντίληψη και κατανόηση των θεμελιωδών εννοιών της τεχνολογίας blockchain, συμπεριλαμβανομένης της αποκεντρωμένης φύσης της, των μηχανισμών κατανεμημένων βιβλίων, των μηχανισμών συναίνεσης και των κρυπτογραφικών αρχών που διασφαλίζουν την ασφάλεια των δεδομένων. Έπειτα, ακολουθεί ο προσδιορισμός και ανάλυση συγκεκριμένων προκλήσεων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης που στοχεύει να αντιμετωπίσει η τεχνολογία blockchain, όπως η ασφάλεια δεδομένων, η διαλειτουργικότητα, η προστασία της ιδιωτικής ζωής των ασθενών και η διοικητική αναποτελεσματικότητα. Αξιοσημείωτη είναι η αναφορά σε πραγματικές περιπτώσεις εφαρμογής - case studies - όπου η τεχνολογία blockchain έχει εφαρμοστεί με επιτυχία, αναφέροντας έργα που έχουν αποδείξει την αποτελεσματικότητά τους στην επίλυση προβλημάτων ή στη βελτίωση πτυχών της παροχής, διαχείρισης ή έρευνας στον τομέα της υγείας. Επιπλέον, εξετάζεται το ρυθμιστικό τοπίο που περιβάλλει τα δεδομένα και την πολιτική υγείας για την κατανόηση των περιορισμών και των προοπτικών που παρουσιάζουν οι διάφορες νομοθεσίες. Αυτή η ολιστική μεθοδολογία παρέχει μια σταθερή βάση για μια διαφοροποιημένη και τεκμηριωμένη συζήτηση σχετικά με την ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.

Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται με περισσότερες λεπτομέρειες ο τρόπος λειτουργίας της τεχνολογίας blockchain και η εξέλιξη αυτής με τα χρόνια. Στη συνέχεια, αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτής, καθώς και οι προϋποθέσεις που απαιτούνται για την εφαρμογή της. Ακόμα, γίνεται και αναφορά στις υλοποιήσεις που μπορεί να έχει ώστε να βοηθήσει τον κλάδο της υγείας και με αυτό εννοώντας τόσο τους επαγγελματίες του χώρου όσο και τους ίδιους τους ασθενείς.

2. Βιβλιογραφική επισκόπηση

2.1 Εννοιολογική προσέγγιση και εξελικτική πορεία

Μια εννοιολογική προσέγγιση για την κατανόηση της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας blockchain στην υγεία περιλαμβάνει την εξέταση της εξέλιξής της και την ανίχνευση της πορείας που έχει ακολουθήσει για την αντιμετώπιση βασικών προκλήσεων στον κλάδο. Η εφαρμογή της αλυσίδας μπλοκ στην υγειονομική περίθαλψη έχει εξελιχθεί μέσα από διάφορα στάδια, αντανακλώντας τόσο τις τεχνολογικές εξελίξεις όσο και το μεταβαλλόμενο τοπίο των αναγκών της υγειονομικής περίθαλψης.

2.2 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα – Προϋποθέσεις εφαρμογής

Πλεονεκτήματα

Στην εργασία τους σχετικά με ένα σύστημα ηλεκτρονικού φακέλου υγειονομικής περίθαλψης βασισμένο σε Blockchain για εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης, οι Tanwar, Parekh και Evans εμβαθύνουν στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain. Τονίζουν τη χρήση ενός κατακερματισμένου δικτύου που εξασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων μέσω μορφών ανθεκτικών στην παραποίηση. Οι συναλλαγές σε μια αλυσίδα μπλοκ ενημερώνονται ή προστίθενται αποκλειστικά μέσω της δημιουργίας νέων τιμών κατακερματισμού, αποτρέποντας οποιαδήποτε τροποποίηση των υφιστάμενων συναλλαγών.

Οι συγγραφείς αναλύουν τα μοναδικά χαρακτηριστικά που κάνουν το blockchain να ξεχωρίζει:

- Κατακερματισμένο σύστημα: Οι συναλλαγές προσαρτώνται σε ένα κατακερματισμένο σύστημα, προωθώντας την ανάκαμψη του συστήματος με την εξάλειψη ενός μοναδικού σημείου αποτυχίας ή μιας κεντρικής οντότητας.
- Μηχανισμός συναίνεσης: Οι συναλλαγές υποβάλλονται σε ενημερώσεις μόνο όταν όλοι οι επαληθευμένοι χρήστες του δικτύου συμφωνούν με τους όρους της συναλλαγής.
- Απόδειξη: Το πλήρες ιστορικό των δεδομένων ή των περιουσιακών στοιχείων είναι διαθέσιμο στο δίκτυο blockchain.
- Αμετάβλητο: Οι εγγραφές στο δίκτυο είναι αδιαπέραστες από τροποποιήσεις ή αλλοιώσεις, εξασφαλίζοντας την ασφάλεια και την αξιοπιστία όλων των πληροφοριών.
- Οριστικότητα: Μόλις μια συναλλαγή δεσμευτεί σε μια αλυσίδα μπλοκ, καθίσταται αμετάβλητη και μη αναστρέψιμη.
- Smart Contracts: Οι κώδικες που δημιουργούνται στο δίκτυο blockchain εκτελούνται αυτόματα όταν ενεργοποιούνται, εντός συγκεκριμένου χρονικού πλαισίου.

Οι χρήστες μπορούν να πραγματοποιούν συναλλαγές ανά πάσα ώρα και στιγμή χωρίς να απαιτείται επαλήθευση από τρίτους. Δεν απαιτείται από τους χρήστες ή

τις οντότητες να επιβαρύνονται με έξοδα για την επίβλεψη συγκεκριμένων συναλλαγών, γεγονός που οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση χρόνου και κόστους. Κατά συνέπεια, οι συναλλαγές μπορούν να ολοκληρωθούν χωρίς την ανάγκη έγκρισης από τρίτους, βελτιώνοντας τις διαδικασίες και ελαχιστοποιώντας τα γενικά έξοδα (Στεφανόπουλος, 2023). Το Blockchain έχει τη δυνατότητα να περιορίσει τις ανησυχίες που σχετίζονται με τη διαφάνεια και την ασφάλεια, ιδίως όσον αφορά την εμπιστοσύνη σε τρίτα μέρη καθ' όλη τη διάρκεια μιας συναλλαγής. Αυτό σημαίνει ότι η εισαγωγή της τεχνολογίας blockchain εξαλείφει την ανάγκη για οποιουσδήποτε μεσάζοντες ή τρίτους (Tanwar et al., 2020).

Μειονεκτήματα

Η ολοκλήρωση μιας συναλλαγής στην blockchain μπορεί να υπερβεί τη διάρκεια της επικύρωσης σε αντίθεση μέσω τρίτων, κυρίως λόγω του πρόσθετου χρόνου που απαιτείται για την επεξεργασία των δεδομένων εντός της αλυσίδας και την επακόλουθη επιβεβαίωση της εγκυρότητάς τους (Chukwu & Garg, 2020). Σε σύγκριση με τη χρήση μιας κεντρικής βάσης δεδομένων, η διαδικασία επαλήθευσης σε μια πλατφόρμα Blockchain μπορεί να παραταθεί σημαντικά. Κάθε συναλλαγή περιλαμβάνει μια παρατεταμένη διαδικασία επαλήθευσης της υπογραφής, η οποία ενίστε διαρκεί ώρες για να ολοκληρωθεί (Hasselgren et al., 2020). Επιπλέον, εκτός από την αρχική επαλήθευση της υπογραφής, συχνά επιβάλλονται συμπληρωματικοί έλεγχοι αυθεντικοποίησης σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Η διαδικασία συναίνεσης που είναι απαραίτητη για όλες τις συναλλαγές που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ μπορεί επίσης να συμβάλει στην αναποτελεσματικότητα του χρόνου, καθώς απαιτείται η ομόφωνη έγκριση από όλους τους κόμβους στην αλυσίδα μπλοκ πριν η συναλλαγή μπορεί να επιβεβαιωθεί.

Τα συστήματα τεχνολογίας blockchain απαιτούν σημαντικούς ενεργειακούς πόρους, απαιτώντας υπολογιστές με σημαντική επεξεργαστική ισχύ για την αντιμετώπιση περίπλοκων μαθηματικών προκλήσεων και την εκτέλεση βασικών εργασιών κρυπτογράφησης. Η βιωσιμότητα αυτής της τεχνολογίας μπορεί να τεθεί υπό αμφισβήτηση εάν οι χρήστες συμμετέχουν σε μεγάλο όγκο συναλλαγών (Agbo et al., 2019).

Ακόμη, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ανησυχίες για την ασφάλεια, είτε αυτές αφορούν δεδομένα αλυσίδας είτε την ιδιωτική ζωή μεμονωμένων χρηστών. Συγκριτικά, τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε μια ιδιωτική Blockchain διαθέτουν υψηλότερο επίπεδο ασφάλειας από ό,τι σε μια δημόσια Blockchain (Agbo et al., 2019).

Στην παρούσα φάση, στον χρηματοπιστωτικό τομέα, οι κυβερνήσεις ασκούν τον έλεγχο όλων των νομισμάτων. Αντίθετα, οι συναλλαγές Blockchain λειτουργούν ανεξάρτητα από οποιαδήποτε κεντρική αρχή, καθιστώντας τις αποκεντρωμένες. Κατά συνέπεια, οι συναλλαγές Blockchain δεν διαθέτουν ένα κυρίαρχο νομικό πλαίσιο στο οποίο να είναι υπόχρεες, αφήνοντάς τις χωρίς ρυθμιστική εποπτεία σε περίπτωση τυχόν αποκλίσεων στις υπάρχουσες συναλλαγές (Στεφανόπουλος, 2023).

Περιορισμοί και μελλοντικά πεδία εφαρμογής

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας blockchain στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης θέτει συγκεκριμένες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Ένα σημαντικό εμπόδιο για την υιοθέτηση αυτής της προηγμένης τεχνολογίας στις ιατρικές εγκαταστάσεις είναι η έλλειψη τεχνογνωσίας. Οι εφαρμογές blockchain βρίσκονται ακόμη σε αρχικό στάδιο, απαιτώντας περαιτέρω διερεύνηση και ερευνητικές προσπάθειες. Αυτό ισχύει για τις υποχρεώσεις των ιατρικών ενώσεων και των ρυθμιστικών αρχών, σηματοδοτώντας την ανάγκη βελτίωσης στον τομέα της υγείας. Το μέλλον επιφυλάσσει τη δυνατότητα σημαντικής επέκτασης της τεχνολογίας blockchain στην υγειονομική περίθαλψη, με τη συνεχή τεχνολογική καινοτομία να ενισχύει τις εφαρμογές της. Ο ρόλος του blockchain στην επικύρωση των συναλλαγών και την ασφαλή μεταφορά πληροφοριών είναι θεμελιώδης. Τον ερχόμενο καιρό, οι συναλλαγές μπορούν να πιστοποιούνται και να καταγράφονται με τη χρήση τεχνολογιών blockchain με τη συγκατάθεση των μελών του δικτύου. Αυτό υπόσχεται αυξημένη ασφάλεια μέσω κρυπτογράφησης δημόσιου και ιδιωτικού κλειδιού σε επίπεδο ασθενούς, θέτοντας τις βάσεις για μια νέα εποχή ανταλλαγής πληροφοριών υγείας. Η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στα αρχεία ασθενών, να αποτρέψει τις παραβάσεις, να βελτιώσει τη διαλειτουργικότητα, να εξορθολογήσει τις διαδικασίες, να ενισχύσει τον έλεγχο των φαρμάκων και των συνταγών και να παρακολουθήσει τις ιατρικές αλυσίδες και τις αλυσίδες εφοδιασμού. Οι μελλοντικές επιδόσεις της αλυσίδας μπλοκ στην υγειονομική περίθαλψη αναμένεται να είναι σημαντικές (Haleem et al., 2021).

2.3 Εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγείας

Η τεχνολογία blockchain επιφέρει μετασχηματιστικές αλλαγές σε διάφορες πτυχές του κλάδου της υγειονομικής περίθαλψης. Η βελτιωμένη φαρμακευτική ικανότητα επιτυγχάνεται μέσω του ρόλου της blockchain στη διασφάλιση της ακεραιότητας και της ιχνηλασιμότητας των φαρμακευτικών αλυσίδων εφοδιασμού, εγγυώμενη τη γνησιότητα των εισαγόμενων φαρμάκων (Χαραλάμπους, 2022). Στη διαχείριση των αρχείων των ασθενών, η blockchain παρέχει μια ασφαλή και διαλειτουργική πλατφόρμα για τη διατήρηση ηλεκτρονικών φακέλων υγείας (EHR), προσφέροντας στους ασθενείς μεγαλύτερο έλεγχο και προσβασιμότητα στις πληροφορίες για την υγεία τους, διασφαλίζοντας παράλληλα την ακεραιότητα των δεδομένων (Χαραλάμπους, 2022). Για τις κλινικές δοκιμές και την έρευνα, το blockchain ενισχύει τη διαφάνεια, την ακρίβεια των δεδομένων και τη συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερομένων, επιταχύνοντας τις διαδικασίες έρευνας και ανάπτυξης (Χαραλάμπους, 2022). Η διατήρηση συνεπών αδειών διευκολύνεται από την αποκεντρωμένη και ανθεκτική στην παραποίηση φύση της blockchain, εξασφαλίζοντας ασφαλή και ανιχνεύσιμη πρόσβαση σε ιατρικά δεδομένα (Χαραλάμπους, 2022). Η προστασία των συστημάτων τηλεϊατρικής ενισχύεται από τις δυνατότητες κρυπτογράφησης της αλυσίδας μπλοκ, διασφαλίζοντας τα δεδομένα των ασθενών και εξασφαλίζοντας την εμπιστευτικότητα των εικονικών αλληλεπιδράσεων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης (Χαραλάμπους, 2022).

Η βελτιστοποίηση της ασφαλιστικής κάλυψης υγείας επιτυγχάνεται μέσω εξορθολογισμένων και διαφανών διαδικασιών που επιτρέπει η blockchain, μειώνοντας την απάτη και ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας των απαιτήσεων (Χαραλάμπους, 2022). Στα συστήματα ιατρικής τιμολόγησης, η τεχνολογία blockchain ενισχύει την ακρίβεια, τη διαφάνεια και την ασφάλεια παρέχοντας ένα αποκεντρωμένο και απαραβίαστο βιβλίο για τις συναλλαγές τιμολόγησης (Χαραλάμπους, 2022). Συνοψίζοντας, η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain σε αυτούς τους τομείς της υγειονομικής περίθαλψης όχι μόνο αντιμετωπίζει συγκεκριμένες προκλήσεις, αλλά συμβάλλει επίσης σε ένα πιο ασφαλές, διαφανές και αποτελεσματικό οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης.

3. Εμπειρικές Μελέτες

[An empirical study for blockchain-based information sharing systems in electronic health records: A mediation perspective](#)

Τα συστήματα ηλεκτρονικών φακέλων υγείας (ΗΦΥ) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον μετριασμό του κόστους της υγειονομικής περίθαλψης, ενισχύοντας τη διαχείριση των ασθενειών και ελαχιστοποιώντας τα ιατρικά σφάλματα. Ωστόσο, τα υπάρχοντα συστήματα συχνά δεν επαρκούν για να δώσουν κίνητρα στην πλειονότητα των ασθενών να μοιραστούν τους φακέλους υγείας τους. Η τεχνολογία blockchain αναδεικνύεται ως μια αξιόπιστη εναλλακτική λύση για την αντιμετώπιση αυτών των ελλείψεων και τη βελτίωση των υφιστάμενων συστημάτων. Παρά τις δυνατότητες, υπάρχει περιορισμένη κατανόηση του τρόπου με τον οποίο τα συστήματα πληροφοριών υγείας που βασίζονται σε blockchain επηρεάζουν την προθυμία των ασθενών να μοιραστούν τα αρχεία υγείας τους εντός των δικτύων υγειονομικής περίθαλψης. Η παρούσα μελέτη στοχεύει να καλύψει αυτό το κενό με τη διεξαγωγή πειραματικής έρευνας, διερευνώντας τη σχέση μεταξύ της αλυσίδας μπλοκ και της συμπεριφοράς των ασθενών σε συστήματα ΗΦΥ. Πραγματοποιήθηκαν έλεγχοι εγκυρότητας και αξιοπιστίας με τη χρήση επιβεβαιωτικής ανάλυσης παραγόντων, αντιμετωπίζοντας ζητήματα ενδογένειας μέσω ανάλυσης παλινδρόμησης ελαχίστων τετραγώνων δύο σταδίων. Τα ευρήματα, που προέκυψαν από την ανάλυση παλινδρόμησης και τη μοντελοποίηση δομικών εξισώσεων, δείχνουν ότι τα συστήματα πληροφοριών που βασίζονται στην αλυσίδα μπλοκ ενδυναμώνουν τους ασθενείς, προωθώντας την αίσθηση ελέγχου των αρχείων υγείας τους. Η χρήση της τεχνολογίας blockchain όχι μόνο παρακινεί τους ασθενείς να μοιράζονται πληροφορίες με τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, αλλά υπόσχεται επίσης τη μείωση του κόστους της υγειονομικής περίθαλψης και την ενίσχυση της διαχείρισης των διαγνώσεων.

[Blockchain Technology Empirical Studies on the Demand of Distributed Network](#)

Η τεχνολογία blockchain έχει αναδειχθεί ως ένα νέο παράδειγμα που προάγει την κρυπτογράφηση, τη βιωσιμότητα και την εμπιστοσύνη τόσο μεταξύ των καταναλωτών όσο και μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών (SP), με στόχο την

αναβάθμιση της ποιότητας των υπηρεσιών. Χρησιμοποιώντας ένα πλαίσιο θεωρίας παιγνίων, προσομοιώνουμε μια ανταγωνιστική αγορά στον τομέα των πλατφορμών που βασίζονται σε Blockchain, συγκρίνοντας την με το σημερινό μοντέλο που ελέγχεται από κεντρικό διαχειριστή. Ενεργώντας ως μεσάζοντες, οι πλατφόρμες διευκολύνουν την παροχή υπηρεσιών από τους SPs στους καταναλωτές. Η απόδοση της αγοράς του δικτύου blockchain εξαρτάται από δύο κρίσιμους παράγοντες: (i) την αποτελεσματικότητα της δέσμευσης υπηρεσιών των SPs (Quality of Service - QoS) και (ii) την ενδυνάμωση των SPs να συνεισφέρουν υπηρεσίες εντός του εικονικού περιβάλλοντος. Το μη-συνεργατικό μας μοντέλο ανταγωνιστικών παιγνίων δύο σταδίων πλοηγείται στην προώθηση των SPs σε βάση blockchain στο πρώτο στάδιο και στη συνέχεια διερευνά τον ανταγωνισμό μεταξύ των πλατφορμών για την προσέλκυση καταναλωτών στο δεύτερο στάδιο. Η ανάλυση ισορροπίας παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με την ανταγωνιστική δυναμική μεταξύ των πλατφορμών και την πολιτική ανταμοιβής ισορροπίας για τις SPs με βάση την ποιότητα των υπηρεσιών του δικτύου blockchain. Η αριθμητική ανάλυση υπογραμμίζει ότι το κίνητρο για ισορροπία αυξάνεται αναλογικά με την ανοχή σε σφάλματα ενός δικτύου που βασίζεται σε blockchain, αλλά γίνεται δυσμενές εάν ο αριθμός των συμμετεχόντων SPs οδηγεί σε μη αυξανόμενη QoS.

[Exploring Research in Blockchain for Healthcare and a Roadmap for the Future](#)

Ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης λειτουργεί σε ένα περιβάλλον με έντονη χρήση δεδομένων, διαχειριζόμενος καθημερινά σημαντικό όγκο αυτών για την παρακολούθηση των ασθενών, την κλινική έρευνα, τη δημιουργία ιατρικών φακέλων και την επεξεργασία ασφαλιστικών απαιτήσεων. Ενώ η πρωταρχική εστίαση των εφαρμογών blockchain έχει παραδοσιακά επικεντρωθεί στην κατασκευή κατανεμημένων καταλόγων με εικονικές μάρκες, η επιρροή αυτής της εξελισσόμενης τεχνολογίας έχει πλέον επεκταθεί στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Με την αυξανόμενη δημοτικότητα της, καθίσταται επιτακτική ανάγκη να διερευνηθεί πώς η τεχνολογία blockchain, σε συνδυασμό με ένα σύστημα έξυπνων συμβολαίων, μπορεί τόσο να υποστηρίξει όσο και να θέσει προκλήσεις στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, εμπλέκοντας διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη (ασθενείς, ιατρούς, ασφαλιστικές εταιρείες, ρυθμιστικές αρχές) και περιουσιακά στοιχεία (όπως δεδομένα ασθενών, δεδομένα ιατρών, εξοπλισμό και αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων).

[An empirical analysis on medical information sharing model based on blockchain](#)

Καθώς η χρήση των ιατρικών πληροφοριών βελτιώνεται, η ιατρική έρευνα επιταχύνεται και οι νομικές διαφορές αυξάνονται ραγδαία λόγω της διεύρυνσης των ιατρικών ατυχημάτων. Ταυτόχρονα, υπάρχουν απειλές ασφαλείας κατά της διανομής των ιατρικών πληροφοριών από μη ιατρικό προσωπικό, η πλαστογράφηση

και η δυσκολία εντοπισμού. Ιατρικές πληροφορίες με βάση την τεχνολογία *blockchain*, αποτελούν μοντέλο ανταλλαγής ιατρικών ιατρικών δεδομένων και προτείνεται για την αντιμετώπιση αυτών των απειλών ασφαλείας. Στην παρούσα εργασία, το μοντέλο διαμοιρασμού ιατρικών πληροφοριών που βασίζεται στην *blockchain*, επαληθεύεται η αποτελεσματικότητά του με πραγματική εφαρμογή για το αν μπορεί ή όχι να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις ασφαλείας για ιατρικές πληροφορίες. Ως αποτέλεσμα, επιβεβαιώθηκε ότι το μοντέλο ανταλλαγής ιατρικών πληροφοριών με βάση την *blockchain* μπορεί να παρέχει την αξιοπιστία και την ιχνηλασιμότητα των ιατρικών πληροφοριών και να παρέχει μια λειτουργία ανάκτησης δεδομένων για την πρόληψη της πλαστογράφησης και αλλοίωσης των ιατρικών πληροφοριών

4. Μελέτες περιπτώσεων (Case studies)

Όνομα μελέτης περίπτωσης	Link	Σύντομη περιγραφή
BurstIQ	https://burstiq.com/	Η πλατφόρμα της BurstIQ βοηθά τις εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης να διαχειρίζονται με ασφάλεια και προστασία τεράστιο όγκο δεδομένων ασθενών. Η τεχνολογία blockchain της επιτρέπει την ασφαλή φύλαξη, πώληση, κοινή χρήση ή αδειοδότηση δεδομένων, διατηρώντας παράλληλα την αυστηρή συμμόρφωση με τους κανόνες της HIPAA
Coral Health	https://www.linkedin.com/company/coral-health	Η Coral Health χρησιμοποιεί την τεχνολογία blockchain για να επιταχύνει τη διαδικασία περίθαλψης, να αυτοματοποιήσει τις διοικητικές διαδικασίες και να βελτιώσει τα αποτελέσματα της υγείας. Εισάγοντας τις πληροφορίες των ασθενών σε τεχνολογία κατανεμημένου ledger, η εταιρεία συνδέει τους γιατρούς, τους επιστήμονες, τους τεχνικούς εργαστηρίων και τις αρχές δημόσιας υγείας πιο γρήγορα από ποτέ. Η Coral Health εφαρμόζει επίσης smart contracts μεταξύ των ασθενών και των επαγγελματιών υγείας για να διασφαλίσει την ακρίβεια των δεδομένων και των θεραπειών.
Embleema	https://www.embleema.com	Η Embleema είναι μια πλατφόρμα εικονικών δοκιμών και ρυθμιστικών αναλύσεων που έχει σχεδιαστεί για να επιταχύνει την ανάπτυξη φαρμάκων. Οι χρήστες προσλαμβάνονται για να συναινέσουν ψηφιακά στην ασφαλή, μη παραβιασμένη συλλογή ιατρικών δεδομένων, τα οποία στη συνέχεια αποθηκεύονται στην blockchain της Embleema και αναλύονται. Η πλατφόρμα της Embleema επιτρέπει στους ασθενείς να συνδράμουν στην επιτάχυνση της διαθεσιμότητας της θεραπείας και στη βελτίωση της ασφάλειας, και όλα αυτά μέσω της σουίτας εικονικών μελετών της εταιρείας.
Chronicled	https://www.chronicled.com	Τα δίκτυα της Chronicled βοηθούν τις φαρμακευτικές εταιρείες να διασφαλίσουν ότι τα φάρμακά τους φτάνουν αποτελεσματικά και επιτρέπουν στις αρχές επιβολής του νόμου να εξετάζουν κάθε ύποπτη δραστηριότητα - όπως η διακίνηση ναρκωτικών. Η Chronicled διαχειρίζεται επίσης το Mediledger Project, ένα σύστημα λογιστικών καταλόγων αφιερωμένο στην ασφάλεια, την ιδιωτικότητα και την αποτελεσματικότητα των ιατρικών αλυσίδων εφοδιασμού.

Case study: Chronicled – MediLedger

Η Chronicled ιδρύθηκε το 2014 και είναι μια πρωτοπόρος εταιρεία στην αξιοποίηση της τεχνολογίας blockchain για την αντιμετώπιση κρίσιμων προκλήσεων σε διάφορους κλάδους. Η δέσμευση της εταιρείας στην καινοτομία αποδεικνύεται από την πρωτοποριακή πλατφόρμα της, MediLedger, η οποία παρουσιάστηκε το 2017. Με επίκεντρο την επανάσταση στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων και υγειονομικής περίθαλψης, το MediLedger είναι ένα αποκεντρωμένο δίκτυο που βασίζεται στις αρχές της τεχνολογίας blockchain. Η πλατφόρμα αυτή χρησιμεύει ως συνεργατικός κόμβος για τους ενδιαφερόμενους στο φαρμακευτικό οικοσύστημα, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστών, των χονδρεμπόρων και των φαρμακοποιών. Αξιοποιώντας τα μοναδικά χαρακτηριστικά της αλυσίδας μπλοκ, όπως η αμεταβλητότητα και η διαφάνεια, η MediLedger διασφαλίζει την ασφαλή και επαληθεύσιμη ιχνηλασιμότητα των φαρμακευτικών προϊόντων. Αυτή η δυνατότητα είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για την καταπολέμηση ζητημάτων όπως τα πλαστά φάρμακα και τη διατήρηση της αυστηρής νομοθετικής συμμόρφωσης. Μέσω της καινοτόμου προσέγγισής του, το MediLedger της Chronicled διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αναδιαμόρφωση και την ενίσχυση της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων, προωθώντας την αποτελεσματικότητα, την εμπιστοσύνη και την ασφάλεια μεταξύ των συμμετεχόντων στον κλάδο. Με τις ισχυρές λύσεις της, η Chronicled συνεχίζει να κάνει σημαντικά βήματα στην προώθηση των εφαρμογών blockchain και να θέτει νέα πρότυπα για τη συνεργασία στον κλάδο και την ακεραιότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

5. Επίλογος – Συμπεράσματα (πρόταση για περαιτέρω μελέτη)

Στις αποκορύφωμα σκέψεις αυτής της εκτεταμένης και σχολαστικά διεξαχθείσας μελέτης, βρισκόμαστε σε μια βαθιά εξερεύνηση των πολύπλευρων εφαρμογών της τεχνολογίας blockchain στο περίπλοκο κουβάρι του τομέα της υγείας. Αυτή η ενδεδειγμένη και ολοκληρωμένη ανάλυση, που καλύπτει διάφορες διαστάσεις και πτυχές, όχι μόνο έφερε στο φως τα τεράστια δυνητικά οφέλη που προσφέρει η τεχνολογία blockchain, αλλά υπογράμμισε επίσης με περίσκεψη τις αποχρώσεις και τις περίπλοκες προκλήσεις που απαιτούν προσεκτική εξέταση για την απρόσκοπτη ενσωμάτωση στο πολύπλοκο οικοσύστημα της υγειονομικής περίθαλψης. Καθώς βρισκόμαστε στο απόγειο μιας εποχής που ορίζεται από πρωτοφανή τεχνολογική καινοτομία, οι γνώσεις που αποκομίστηκαν από την παρούσα έρευνα υπερβαίνουν τα απλά ευρήματα- χρησιμεύουν ως ένα ισχυρό και πολύπλευρο θεμέλιο, ένα πραγματικό βατήρα που μας ωθεί στη διεξαγωγή πιο διεξοδικών και σε βάθος ερευνών κατά τους επόμενους χρόνους. Μια συναρπαστική κατεύθυνση για μελλοντική διερεύνηση έγκειται στην πρακτική εφαρμογή των σχολαστικά προτεινόμενων λύσεων, η οποία απαιτεί ολοκληρωμένες δοκιμές στον πραγματικό κόσμο που υπερβαίνουν τη θεωρητική σφαίρα για να διαπιστωθεί όχι μόνο η αποτελεσματικότητα αλλά και η επεκτασιμότητα και η προσαρμοστικότητα αυτών των λύσεων σε όλο το φάσμα των δομών υγειονομικής περίθαλψης. Επιπλέον, η

δυναμική και συμβιωτική αλληλεπίδραση μεταξύ blockchain και αναδυόμενων τεχνολογιών, όπως η τεχνητή νοημοσύνη και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, αποτελεί ένα συναρπαστικό και δυνητικά μετασχηματιστικό πεδίο για την ανάπτυξη καινοτόμων και ολιστικών λύσεων. Παράλληλα, μια ακόμη πιο βαθύτερη κατάδυση στον λαβύρινθο του ρυθμιστικού και πολιτικού τοπίου που περιβάλλει την υιοθέτηση της blockchain αποτελεί ένα επιτακτικό επόμενο βήμα, παρέχοντας όχι μόνο κατανόηση αλλά και έναν ολοκληρωμένο οδικό χάρτη για την υπεύθυνη, ηθική και εναρμονισμένη με τις κανονιστικές διατάξεις εφαρμογή της blockchain στην υγειονομική περίθαλψη. Η παρούσα μελέτη, επομένως, δεν αποτελεί απλώς μια σύνοψη της τρέχουσας γνώσης, αλλά έναν πραγματικό καταλύτη, που καλεί την ερευνητική κοινότητα και τους ενδιαφερόμενους φορείς του κλάδου να ξεκινήσουν μια συλλογική αποστολή για να διαμορφώσουν την πορεία του μέλλοντος. Αγκαλιάζοντας και διερευνώντας περαιτέρω τις διαφοροποιημένες κατευθύνσεις που προτείνονται στην παρούσα, η ερευνητική κοινότητα έχει τη δυνατότητα να συμβάλει σημαντικά και διαρκώς στη συνεχιζόμενη εξέλιξη της τεχνολογίας blockchain. Ο ορίζοντας που αποκαλύπτεται με αυτόν τον τρόπο υπόσχεται μια νέα εποχή στην υγειονομική περίθαλψη, η οποία χαρακτηρίζεται όχι μόνο από αυξημένη ασφάλεια, απρόσκοπτη διαλειτουργικότητα και τεχνολογική υπεροχή, αλλά και από ακλόνητη δέσμευση στην πρωταρχική ιδέα του ασθενοκεντρισμού που βρίσκεται στον πυρήνα του ευγενούς σκοπού της υγειονομικής περίθαλψης.

6. Βιβλιογραφία

Agbo, C., Mahmoud, Q., & Eklund, J. (2019). Blockchain Technology in Healthcare: A Systematic Review. *Healthcare*, 7(2), 56. <https://doi.org/10.3390/healthcare7020056>

Ghosh, P. K., Chakraborty, A., Hasan, M., Rashid, K., & Siddique, A. H. (2023). Blockchain Application in Healthcare Systems: A Review. *Systems*, 11(1), 38. <https://doi.org/10.3390/systems11010038>

Haleem, A., Javaid, M., Singh, R. P., Suman, R., & Rab, S. (2021). Blockchain technology applications in healthcare: An overview. *International Journal of Intelligent Networks*, 2, 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2021.09.005>

Hasselgren, A., Krlevska, K., Gligoroski, D., Pedersen, S. A., & Faxvaag, A. (2020). Blockchain in healthcare and health sciences—A scoping review. *International Journal of Medical Informatics*, 134, 104040. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.104040>

Odeh, A., Keshta, I., & Al-Haija, Q. A. (2022). Analysis of Blockchain in the Healthcare Sector: Application and Issues. *Symmetry*, 14(9), 1760. <https://doi.org/10.3390/sym14091760>

Tanwar, S., Parekh, K., & Evans, R. (2020). Blockchain-based electronic healthcare record system for healthcare 4.0 applications. *Journal of Information Security and Applications*, 50, 102407. <https://doi.org/10.1016/j.jisa.2019.102407>

Κοντζίνος, Χ. κ.α. (2020). Μεθοδολογία ασφαλούς αποθήκευσης και διακίνησης ιατρικών δεδομένων με blockchain. *Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής* 37(4). <https://www.mednet.gr/archives/2020-4/pdf/542.pdf>

Ιντζέ, Α. (2020). Η τεχνολογία Blockchain στον τομέα της υγείας. <https://doi.org/10/21475>

Χαραλάμπους, Ε. (2022). Η τεχνολογία Blockchain στο χώρο πληροφοριακών συστημάτων στην υγεία: Διαθεσιμότητα και ασφάλεια δεδομένων. Βιβλιογραφική ανασκόπηση. <https://kypseli.ouc.ac.cy/handle/11128/5231>

Στεφανόπουλος, Α. (χ.χ.). Η εφαρμογή της τεχνολογίας του blockchain στα συστήματα υγείας. Ανακτήθηκε 10 Δεκεμβρίου 2023, από <https://apothesis.eap.gr/archive/item/175328>

7. Οδηγός για περαιτέρω μελέτη

- [1]. Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: how the technology behind blockchain is changing money, business, and the world*. Penguin.
- [2]. Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. John Wiley & Sons.
- [3]. Swan, M. (2015). *Blockchain: blueprint for a new economy*. O'Reilly Media.
- [4]. Antonopoulos, A. M. (2014). *Mastering Blockchain: Unlocking Digital Cryptocurrencies*. O'Reilly Media.
- [5]. Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Blockchain and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Princeton University Press.
- [6]. Casey, M. J., & Vigna, P. (2018). *The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything*. St. Martin's Press.
- [7]. Swan, M. (2015). *Blockchain: blueprint for a new economy*. O'Reilly Media.
- [8]. Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: how the technology behind blockchain is changing money, business, and the world*. Penguin.
- [9]. Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. John Wiley & Sons.
- [10]. Casey, M. J., & Vigna, P. (2018). *The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything*. St. Martin's Press.
- [11]. Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Blockchain and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Princeton University Press.
- [12]. Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: how the technology behind blockchain is changing money, business, and the world*. Penguin.
- [13]. Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. John Wiley & Sons.
- [14]. Casey, M. J., & Vigna, P. (2018). *The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything*. St. Martin's Press.
- [15]. Harvard Business Review. (2018). *Blockchain is revolutionizing your industry*. Retrieved from <https://hbr.org/2018/01/how-blockchain-is-changing-your-industry>
- [16]. Πατρικάκης, Χ., Λελίγκου, Αι-Ε., Κόγιας, Δ. (2023). *Αλυσίδες Συστοιχιών (Blockchain)*. Κάλλιπος.
- [17]. Singhal, B., Dhameja, G., & Panda, P. S. (2018). Beginning blockchain. In *Apress eBooks*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-3444-0>
- [18]. Drescher, D. (2017). Blockchain Basics. In *Apress eBooks*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-2604-9>