



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ & ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

ΠΜΣ ΔΗΜΟΣΙΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗ & ΤΟΠΙΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ

Καθηγητής: ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΚΟΤΣΙΛΙΕΡΗΣ

Τριμελής επιτροπή αξιολόγησης

Θεόδωρος Κοτσιλιέρης

Αναστασία Βουτونيώτη

Ευστράτιος Γεωργόπουλος

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ πολύ όλους όσοι ήταν αρωγοί μου σε αυτό το πόνημα, τους καθηγητές του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, τον επιβλέποντα κ. Κοτσιλιέρη Θεόδωρο, καθώς και όλα τα μέλη της τριμελούς επιτροπής. Ευχαριστώ ιδιαίτερος την σύζυγό μου Νάσια για την καρτερικότητά της και τα παιδιά μου Σοφιάνα και Γιώργο για τη δύναμη που μου προσέφεραν.

Περίληψη

Βασική πρόθεση της εργασίας αποτελεί η προσέγγιση του κλάδου υγείας πιθανοί τομείς οι οποίοι έχουν προβλήματα τα οποία θα αναλυθούν, και τέλος η προσπάθεια να δούμε αν και πως μπορούν να επιλυθούν κάποια από αυτά μέσω της εφαρμογής της αλυσίδας κατανεμημένης εγγραφής (Blockchain). Το Blockchain είναι μια από τις πιο σημαντικές και επαναστατικές τεχνολογικές ανακαλύψεις των τελευταίων χρόνων και ήδη διαδραματίζει ζωτικό ρόλο σε πολλές βιομηχανίες. Τα τελευταία χρόνια, η αύξηση των περιπτώσεων χρήσης τεχνολογίας Blockchain ώθησε τους πρωτοπόρους της τεχνολογίας να εξετάσουν εξονυχιστικά νέους τρόπους εφαρμογής της τεχνολογίας Blockchain σε διάφορες βιομηχανίες. Ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης είναι συνεχώς εξελισσόμενος και περίπλοκος, παρά πολλοί άνθρωποι και ειδικότητες εργάζονται για την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Πολλές βιομηχανίες και κλάδοι υποστηρίζονται από το υγειονομικής περίθαλψης, επικεντρωμένο στην παροχή καλύτερων, αποτελεσματικών και αποδοτικών εγκαταστάσεων υγειονομικής περίθαλψης. Η απότομη υιοθέτηση της ψηφιοποίησης στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης έχει οδηγήσει στη δημιουργία τεράστιων ηλεκτρονικών αρχείων σχετικά με τους ασθενείς και άλλες σχετικές πληροφορίες. Η άνοδος, όμως της τεχνολογίας Blockchain ως διαφανούς και αμετάβλητου μηχανισμού αποθήκευσης και κοινής χρήσης δεδομένων θέτει τα θεμέλια για νέες δυνατότητες επίλυσης σοβαρών ζητημάτων απορρήτου, ασφάλειας και ακεραιότητας δεδομένων στην υγειονομική περίθαλψη. Θα γίνει αναφορά στα υπάρχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και τις σχετικές προκλήσεις τους και στο πώς το Blockchain μπορεί να λύσει αυτά τα ζητήματα για να καταστήσει το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης πιο ασφαλές και ανταγωνιστικό.

Λέξεις κλειδιά : Αλυσίδα κατανεμημένης εγγραφής, Υγεία, Υγειονομική περίθαλψη, Ηλεκτρονικά Αρχεία Υγείας, Ψηφιακά ιατρικά πιστοποιητικά, ηλεκτρονικά φαρμακεία.

ABSTRACT

The main intention of this thesis is to approach in the health sector potential problems that will be analyzed, and finally to try to see if and how some of them can be solved through the application of the distributed record chain (Blockchain). Blockchain is one of the most important technological breakthroughs and is already playing a vital role in many sectors of modern life. The healthcare industry is constantly evolving and complex, and too many people and specialties are working to keep the system running smoothly. Many sectors relative to healthcare sector are supported. The healthcare sector offers services and ways to treat patients with reliable preventive or practices. The insert of adoption of digitalization in the healthcare sector has led to create many electronic records that refers to patients and other information. The use of Blockchain as a new and safe mechanism for the data storage is the occasion to resolve serious data privacy, security, issues in healthcare sector. We'll take a superficial eye at healthcare systems and their problems, and how Blockchain can help to resolve them to make the healthcare sector more secure and competitive.

Keywords : Blockchain, Health, Healthcare, Electronic Health Records, Digital Medical Certificates, e-Pharmacies.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Εισαγωγή στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.....	13
1.1	Κύκλος ζωής του κλάδου υγειονομικής περίθαλψης.....	13
1.2	Προκλήσεις στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης.....	14
1.3	Πρόοδος στην τεχνολογία υγειονομικής περίθαλψης.....	14
1.4	Η αύξηση του κόστους και των δαπανών υγειονομικής περίθαλψης.....	14
1.5	Κανονισμοί και πολιτικές υγειονομικής περίθαλψης.....	15
1.6	Ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικής ζωής.....	15
1.7	Διαχείριση δεδομένων και ανάλυση.....	15
1.8	Προκλήσεις διαλειτουργικότητας.....	16
1.9	Διαφάνεια τιμών.....	16
1.10	Υγειονομική περίθαλψη και αλυσίδα εφοδιασμού.....	16
1.11	Διαχείριση ιατρικών φακέλων.....	17
1.12	Άνοδος της διαδικτυακής αγοράς και των ηλεκτρονικών φαρμακείων.....	19
1.13	Εφοδιαστική αλυσίδα φαρμάκων.....	20
2	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Blockchain Βασικές αρχές.....	24
2.1	Εισαγωγή στο Blockchain.....	24
2.2	Αποκωδικοποίηση Blockchain.....	26
2.3	Κατακερματισμός - Hashing.....	27
2.4	Satoshi's Bitcoin.....	27
2.5	Κρυπτογραφία: Το σίγουρο θεμέλιο για την ψηφιακή εμπιστοσύνη.....	29
2.6	Πορτοφόλι κρυπτονομισμάτων - Bitcoinwallet.....	29
2.7	Αλγόριθμοι συναίνεσης στο Blockchain.....	31
2.8	Τύποι Blockchain.....	31
2.9	Δημόσιο Blockchain.....	31
2.10	Ιδιωτικό Blockchain.....	32
2.11	Αδειοδοτημένο Blockchain.....	32
2.12	Οι αυτοεκτελούμενες συμβάσεις του Blockchain.....	32
3	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Η εφαρμογή του Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη.....	34
3.1	Γενικά.....	36
3.1.1	Χειρισμός δεδομένων στο Blockchain.....	36
3.2	Περιπτώσεις χρήσης του Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη.....	38
3.2.1	Η ακεραιότητα των ιατρικών φακέλων.....	38

3.2.2	Αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων	39
3.2.3	Τομέας ασφάλισης υγείας.....	39
3.2.4	Κλινική δοκιμή και ιατρική έρευνα	39
3.2.5	Απομακρυσμένη παρακολούθηση συσκευών IoT υγειονομικής περίθαλψης	39
3.3	Σύστημα υγειονομικής περίθαλψης που βασίζεται σε blockchain	40
3.3.1	Ηλεκτρονικό ιατρικό μητρώο βασισμένο στο Blockchain	41
3.3.2	Χαρακτηριστικά ενός συστήματος ηλεκτρονικού ιατρικού μητρώου EMR	42
3.3.3	Προκλήσεις γύρω από το σύστημα ηλεκτρονικού ιατρικού μητρώου EMR.....	43
3.3.4	Οι νομικές προκλήσεις.....	43
3.3.5	Συστήματα Ηλεκτρονικής εγγραφής αρχείων με τεχνολογία Blockchain.....	44
3.3.6	Οφέλη των συστημάτων που λειτουργούν με Blockchain	45
3.4	Blockchain στα Ηλεκτρονικά Αρχεία Υγείας και το Σύστημα Πληροφοριών Υγείας	46
3.4.1	Εισαγωγή στα συμβατικά συστήματα EHR	46
3.4.2	Περιορισμοί ενός συστήματος EHR.....	49
3.4.3	EHR που βασίζονται σε blockchain.....	50
3.4.4	Είδη αλυσίδων μπλοκ για δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης	52
3.4.5	Στοιχεία ενός συστήματος EHR που βασίζεται σε Blockchain.....	53
3.4.6	Σύγχρονα συστήματα ανταλλαγής πληροφοριών υγειονομικής περίθαλψης (HIS)..	54
3.4.7	Το μοντέλο λειτουργίας και οι προκλήσεις της ΗΙΕ	55
3.4.8	Η εδραίωση της εμπιστοσύνης στο ΗΙΕ μέσω της τεχνολογίας Blockchain.....	56
3.5	Blockchain για την έκδοση ιατρικών πιστοποιητικών	57
3.6	Η Φαρμακευτική Αλυσίδα Εφοδιασμού και η Χορήγηση του Φαρμάκου.....	58
3.6.1	Μοντέλο λειτουργίας φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού	59
3.6.2	Βασικά θέματα στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων.....	60
3.6.3	Μεταβαλλόμενο τοπίο της αλυσίδας προμήθειας φαρμακευτικών προϊόντων	62
3.6.4	Εφαρμογή Blockchain στη φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού.....	64
3.6.5	Η αξία του Blockchain στη φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού	64
3.6.6	Έξυπνες συμβάσεις (smartcontracts) στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων.....	66
3.6.7	Αλυσίδα μπλοκ στην ανιχνευσιμότητα των φαρμάκων.....	67
3.7	Ψηφιακά ιατρικά πιστοποιητικά και Προδιαγραφές.....	69
3.7.1	Blockchain για την έκδοση ψηφιακών πιστοποιητικών	70
3.7.2	Εφαρμογή στα Ιατρικά πιστοποιητικά.....	71
3.7.3	Αλυσίδα μπλοκ για την έκδοση ιατρικού πιστοποιητικού.....	72

3.7.4	Αρχιτεκτονική αυτού του συστήματος	72
3.7.5	Κυβερνητικοί φορείς και ψηφιακά πιστοποιητικά	74
3.8	Blockchain και ηλεκτρονική η ύλη συνταγογράφηση	76
3.8.1	Βασικές προκλήσεις των υφιστάμενων συστημάτων συνταγογράφησης.....	76
3.8.2	Συστήματα ηλεκτρονικής συνταγογράφησης με βάση το blockchain.....	77
3.8.3	Αντιμετώπιση του λαθρεμπορίου φαρμάκων	78
3.9	Εμβολιασμός και Blockchain.....	78
3.9.1	Προσέγγιση βασισμένη σε blockchain για τις διαδικασίες εμβολιασμού.....	79
3.9.2	Έξυπνη προληπτική υγειονομική περίθαλψη βάσει ασφαλιστικών συμβολαίων	83
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Συμπεράσματα.....	85
5	Βιβλιογραφία– Αναφορές.....	87

Εισαγωγή

Ο σημερινός τομέας της υγείας αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις σε ένα σύγχρονο και απαιτητικό τεχνολογικά και εμπορικά περιβάλλον. Τα σύγχρονα ιατρικά αρχεία είναι πολύπλοκα και με μεγάλο όγκο δεδομένων. Θα αναλυθεί το υπάρχον σύστημα υγειονομικής περίθαλψης, το μοντέλο λειτουργίας του, ο κύκλος ζωής και οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης.

Προχωρώντας περαιτέρω, θα υπάρξει ανασκόπηση στη διαχείριση των ιατρικών αρχείων και στις ταξινομήσεις τους. Επίσης, θα τονιστεί η λειτουργία των φαρμακείων, το μοντέλο λειτουργίας τους και θα πραγματοποιηθεί αναφορά στην άνοδο των ηλεκτρονικών φαρμακείων. Επιπλέον, θα προσεγγιστεί ο τρόπος που λειτουργεί η αλυσίδα εφοδιασμού στο φαρμακευτικό τομέα, οι προκλήσεις που σχετίζονται με το υπάρχον μοντέλο και πώς οι τεχνολογίες νέας εποχής μπορούν να αναδιαμορφώσουν τη φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού.

Έπειτα, θα παρουσιαστούν οι εφαρμογές του Blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, αφού πρώτα δοθεί μια εισαγωγή στο Blockchain. Στη συνέχεια, θα τονιστεί ο τρόπος που χειρίζονται τα δεδομένα στο Blockchain και τις πιθανές περιπτώσεις χρήσης του Blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Προχωρώντας περαιτέρω, θα μελετηθεί το συμβατικό συστήματα EMR (Ηλεκτρονικός Ιατρικός Φάκελος) και θα προσεγγιστούν τα πιθανά προβλήματα και κενά του συστήματος που μπορούν να λυθούν χρησιμοποιώντας την τεχνολογία Blockchain.

Θα πραγματοποιηθεί μνεία στη χρήση του Blockchain στα σύγχρονα EHRs και HIS. Επιπροσθέτως, θα επισημανθούν τα συμβατικά EHRs και οι περιορισμοί των υφιστάμενων EHRs και θα τονιστούν οι διαφορές μεταξύ EHR, PHR και EMR. Θα σχολιαστεί -έστω και επιφανειακά- το τμήμα διαχείρισης δεδομένων ενός συστήματος EHR που βασίζεται σε Blockchain. Στη συνέχεια, θα υπάρξει μια επισκόπηση του τομέα ασφάλισης υγειονομικής περίθαλψης. Έπειτα, θα δοθεί προσοχή στις προκλήσεις στον τομέα ασφάλισης υγειονομικής περίθαλψης. Επιπλέον, θα γίνει επισήμανση στην πιθανή χρήση έξυπνων συμβολαίων και όπου θα αναδειχθεί στη συνέχεια ο ρόλος του Blockchain σε αυτό τον τομέα. Θα φανερωθεί ο τρόπος κατά τον οποίο η ηλεκτρονική συνταγογράφηση και τα ηλεκτρονικά πιστοποιητικά μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση του λαθρεμπορίου φαρμάκων.

Τέλος, θα έρθουν στην επιφάνεια οι υπάρχουσες πολιτικές των προγραμμάτων εμβολιασμού και οι προκλήσεις γύρω από τα παγκόσμια προγράμματα ανοσοποίησης. Προχωρώντας, θα εξακριβωθεί ο τρόπος κατά τον οποίο το Blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποτελεσματικά προγράμματα εμβολιασμού και πώς τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να διαδραματίσουν ζωτικό ρόλο στον τομέα αυτό. Εν κατακλείδι, θα επισημανθεί η επίδραση του προγράμματος εμβολιασμού και της προληπτικής υγειονομικής περίθαλψης στον ασφαλιστικό

τομέα και θα προσεγγιστεί επιγραμματικά ο τρόπος που το Blockchain μπορεί να φέρει επανάσταση στο μοντέλο προληπτικής υγειονομικής περίθαλψης.

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Εισαγωγή στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης

Τα δεδομένα έχουν δείξει ότι, με την αυξανόμενη ζήτηση για καλές υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης στις αναπτυσσόμενες οικονομίες, ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης (εδώ περιλαμβάνονται προϊόντα και υπηρεσίες) αναμένεται να αυξηθεί κατά 9%. Αυτό επιβεβαιώνεται μέσα από πολλαπλές μελέτες που δείχνουν ότι οι παγκόσμιες δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης αναμένεται να φτάσουν πάνω από 10 τρισεκατομμύρια δολάρια έως το 2022 σε σύγκριση με τις υπάρχουσες δαπάνες των 7,2 τρισεκατομμυρίων δολαρίων (<https://policyadvice.net/>).

Η ανάπτυξη αυτή δεν είναι τυχαία, αφού οφείλεται στην οικονομική ανάπτυξη των αναπτυσσόμενων αγορών, στη μεταρρύθμιση της υγειονομικής περίθαλψης, στην ισχυρή στήριξη του ασφαλιστικού τομέα και στις ταχείες επενδύσεις στην έρευνα και την ανάπτυξη.

1.1 Κύκλος ζωής του κλάδου υγειονομικής περίθαλψης

Αυτό που ισχύει σε κάθε κλάδο, ανεξάρτητα από τον τομέα του, είναι ότι μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις φάσεις, αναλυτικότερα στην εισαγωγή, στην ανάπτυξη, στην ωριμότητα και στην παρακμή. Στην περίπτωση αυτήν, θεωρείται ότι ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης έχει φτάσει στη φάση ωριμότητάς του. Εδώ θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε στο «γιατί» (που δείχνει το κίνητρο), στο «πώς» (που δείχνει τη διαδικασία) και στο «τι» (που δείχνει το προϊόν). Αυτή η διαδικασία συμβαίνει εδώ και πολύ καιρό και αυτός είναι ο λόγος που αυτός ο τομέας έχει διατηρηθεί σε αυτήν την ανταγωνιστική εποχή.

Σε αυτό το σημείο είναι βασικό να αναφερθούν οι βασικοί παράγοντες ζήτησης για τα προϊόντα και τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης. Επιγραμματικά δίνονται ως εξής:

- Αύξηση του πληθυσμού
- Επίπεδο εισοδήματος
- Δημογραφικές συνθήκες
- Τεχνολογική πρόοδος της ιατρικής περίθαλψης
- Ευαισθητοποίηση

Η αλήθεια είναι ότι η ζήτηση και η προσφορά είναι ανελαστικές στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό συμβαίνει διότι η ζήτηση για μια υπηρεσία ή ένα προϊόν υγειονομικής περίθαλψης δεν αλλάζει πολύ με τις αλλαγές των τιμών. Αυτή η μοναδική σχέση προκύπτει από τη φύση του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, όπου οι καταναλωτές δεν πληρώνουν άμεσα για τις υπηρεσίες. Επιπλέον, είναι χαρακτηριστικό ότι οι ασφαλιστικές εταιρείες αποτελούν τη ραχοκοκαλιά του κύκλου πληρωμών υγειονομικής περίθαλψης και τη διατήρηση των ταμειακών ροών. Εκτιμάται λοιπόν ότι περισσότερο από το 75% των τελών υγειονομικής

περίθαλψης καταβάλλονται από ασφαλιστικές εταιρείες ή προγράμματα που χρηματοδοτούνται από την κυβέρνηση παγκοσμίως. Είναι ενδιαφέρον το στοιχείο της ανελαστικότητας, εφόσον είναι ο λόγος του μικρού ανταγωνισμού στον τομέα της υγείας μεταξύ των ομότιμων, ειδικά σε περιπτώσεις όπως τα νοσοκομεία και άλλες εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης (<https://policyadvice.net/>; Pharmacol.,2017; Carr, 2010; Deloitte Consulting, 2013).

1.2 Προκλήσεις στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης

Είναι φανερό ότι οι εμπλεκόμενοι στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης βρίσκονται υπό συνεχή πίεση. Αυτό δεν είναι τυχαίο αλλά συμβαίνει εξαιτίας της αυξανόμενης ζήτησης για υπηρεσίες ή/και προϊόντα υγειονομικής περίθαλψης σε όλο τον κόσμο, έχοντας φτάσει στο σημείο να αγωνίζονται συνεχώς για τη διαχείριση των κλινικών αλλά παράλληλα να καλύψουν τις λειτουργικές, τις νομικές, τις ψηφιακές και τις οικονομικές προκλήσεις που τους παρουσιάζονται. Το τελευταίο χρονικό διάστημα, έχει παρατηρηθεί μια ταχεία πρόοδος στις τεχνολογίες σε όλους τους τομείς, συμπεριλαμβανομένου και του υγειονομικού τομέα. Οι αναδυόμενες τεχνολογίες αποτελούν ένα ακόμη στοιχείο που επηρεάζει το τοπίο της αγοράς της υγείας. Αυτό είναι σημαντικό για τους ηγέτες της υγειονομικής περίθαλψης, τους επαγγελματίες και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, έτσι ώστε να κατανοήσουν τις υποκείμενες προκλήσεις και να τις αντιμετωπίσουν με στόχο να διατηρήσουν σε υψηλό επίπεδο τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Μερικές από τις βασικές προκλήσεις στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης παρατίθενται αναλυτικά παρακάτω.

1.3 Πρόοδος στην τεχνολογία υγειονομικής περίθαλψης

Αρχικά, οι τεχνολογικές αλλαγές που συμβαίνουν στο τοπίο του ιατρικού υλικού και του λογισμικού φέρνουν βελτιωμένες υπηρεσίες και προϊόντα στην αγορά και αξιοποιούν το σύγχρονο διαχειριζόμενο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι τεχνολογίες, όπως τα BigData, η AI, η μηχανική μάθηση, το Blockchain και το IoT. Αυτού του είδους οι τεχνολογίες μπορούν να μεταμορφώσουν το υπάρχον σύστημα υγειονομικής περίθαλψης και να αναπτύξουν ένα συνδεδεμένο οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Η όλη αυτή διαδικασία μπορεί να ακούγεται συναρπαστική, αλλά είναι αλήθεια ότι η αναβάθμιση των υφιστάμενων συστημάτων παλαιού τύπου της υγειονομικής περίθαλψης και η σύνδεση περισσότερων ιατρικών μέσων, χρησιμοποιώντας το IoT, μπορεί να είναι δύσκολη στο μέλλον.

1.4 Η αύξηση του κόστους και των δαπανών υγειονομικής περίθαλψης

Αξίζει να αναφερθεί ότι η έρευνα αγοράς στον τομέα της υγείας δείχνει ότι οι δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης αναμένεται να αυξηθούν με CAGR 5% έως το 2023 παγκοσμίως και αυτό θα φέρει νέες προκλήσεις και ευκαιρίες στην υγειονομική περίθαλψη. Βέβαια, είναι φανερό ότι οι βασικοί ενδιαφερόμενοι φορείς του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, εδώ εντάσσονται τα φαρμακευτικά προϊόντα, οι ασφαλιστικοί φορείς και οι εταιρείες βιοϊατρικής έρευνας, διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στον καθορισμό του κόστους και των δαπανών των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης. Εντούτοις, ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης είναι

πολύ ευαίσθητος, καθώς το υψηλό κόστος των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης για οποιονδήποτε λόγο μπορεί να αποθαρρύνει τους ασθενείς από την επιλογή των υπηρεσιών και να επηρεάσει τα έσοδα των εταιρειών υγειονομικής περίθαλψης. Κατά τον ίδιο τρόπο επηρεάζονται ακόμη οι κρατικές δαπάνες για την υγειονομική περίθαλψη. Αυτό συμβαίνει επειδή οι υπηρεσίες της υγείας σε πολλές χώρες χρηματοδοτούνται από την κυβέρνηση (Khristich, 2021).

1.5 Κανονισμοί και πολιτικές υγειονομικής περίθαλψης

Αναμφίβολα, οι κανονισμοί και οι πολιτικές υγειονομικής περίθαλψης είναι σημαντικά στοιχεία για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης, έχοντας ως βάση τα βασικά πρότυπα των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης και των προϊόντων για τους ασθενείς. Μάλιστα, υπάρχουν συγκεκριμένοι ρυθμιστικοί φορείς και πλαίσια για τη διασφάλιση υψηλής ποιότητας υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης. Παρόλα αυτά, τα παραμικρά ζητήματα στους κανονισμούς, το νομικό πλαίσιο ή τις δεοντολογικές πρακτικές μπορούν να προκαλέσουν απροσδόκητες προκλήσεις στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Γενικά, αυτό που συμβαίνει είναι ότι, οι κυβερνήσεις αναπτύσσουν ρυθμιστικά πλαίσια για την επιβολή κανονισμών, κανόνων και νόμων στο οικοσύστημα. Όμως, σε πολλές περιπτώσεις, έχει παρατηρηθεί ότι οι πάροχοι υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης εμπλέκονται σε πολύπλοκες κυρώσεις, αγωγές και κυρώσεις λόγω της χαλαρότητας των ενδιαφερομένων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης (<https://www.consilium.europa.eu/en/policies/eu-health-policy/>; Document 32021R0522 Regulation (EU) 2021/522 of the European Parliament and of the Council of 24 March 2021).

1.6 Ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικής ζωής

Αυτό που μπορεί να επιβεβαιωθεί είναι ότι, η πρόοδος της ψηφιοποίησης στην υγειονομική περίθαλψη έχει οδηγήσει τους συναδέλφους της υγειονομικής περίθαλψης να συλλέγουν ευαίσθητα δεδομένα πελατών σε μεγάλη κλίμακα και οι συνδεδεμένες ιατρικές συσκευές διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στη συλλογή δεδομένων ασθενών σε μεγάλη κλίμακα. Το στοιχείο που αποτελεί τον απώτερο στόχο είναι οι ευάλωτοι δείκτες δεδομένων, οι οποίοι λειτουργούν ως ο πρωταρχικός στόχος των εγκληματιών στον κυβερνοχώρο. Αυτό μπορεί να επιβεβαιωθεί μέσα από μελέτες που διεξήχθησαν από την HIPPA, οι οποίες έδειξαν ότι σημειώθηκαν πάνω από 350 επιθέσεις παραβίασης δεδομένων, εκθέτοντας 4,93 εκατομμύρια αρχεία ασθενών μόνο με τον τομέα υγειονομικής περίθαλψης των ΗΠΑ για παράδειγμα. Μάλιστα, οποιαδήποτε παραβίαση δεδομένων όχι μόνο θέτει σε κίνδυνο ευαίσθητες πληροφορίες και εμπιστοσύνη ασθενών, αλλά μπορεί ακόμη περισσότερο να προσελκύσει

αγωγές και κυρώσεις (Healthcare 2020; Smith 2023).

1.7 Διαχείριση δεδομένων και ανάλυση

Αξίζει να γίνει αναφορά στα σημεία δεδομένων στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης, τα οποία προετοιμάζονται με τη συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων από διάφορες πηγές. Όμως,

δεν είναι λίγοι οι φορείς υγειονομικής περίθαλψης, που δεν είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν αποτελεσματικά αυτά τα μη δομημένα και ανοργάνωτα αλλά βιώσιμα δεδομένα λόγω της έλλειψης κατανόησης που σχετίζεται με προηγμένες αναλύσεις και επεξεργασία, λ.χ., BigData και επιστήμη δεδομένων. Τα δεδομένα που προκύπτουν από την ανάλυση μπορούν να οδηγήσουν σε θετικές κινήσεις όπως, να βελτιώσουν τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης, να μειώσουν τον διοικητικό φόρτο, να οδηγήσουν σε υψηλότερα έσοδα και στην ικανοποίηση των πελατών (Healthcare Data Breach Statistics, 2023).

1.8 Προκλήσεις διαλειτουργικότητας

Αναμφισβήτητα, ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης έχει δει μια στροφή 360 μοιρών στην τεχνολογία υγειονομικής περίθαλψης. Επίσης, οι καινοτομίες είναι συνεχείς σε αυτόν τον τομέα. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, το βασικό ζήτημα της διαλειτουργικότητας μεταξύ των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης παραμένει. Με άλλα λόγια, παρατηρείται μία δυσάρεστη κατάσταση, όπως ότι η πλειοψηφία των νοσοκομείων δεν έχει πρόσβαση σε δεδομένα εκτός του εσωτερικού του συστήματος, τα ανοργάνωτα αρχεία των ασθενών και το υψηλότερο κόστος για την ολοκλήρωση του συστήματος αυτού φέρνουν ζητήματα διαλειτουργικότητας στο χώρο της υγειονομικής περίθαλψης (Healthcare Data Breach Statistics, 2023; Dash et al. 2019; Wullianallur Raghupathi and Viju Raghupathi Health Inf Sci Syst. 2014).

1.9 Διαφάνεια τιμών

Ένα άλλο στοιχείο, το οποίο λειτουργεί αρνητικά είναι η έλλειψη διαφάνειας στις τιμές και στα τιμολόγια, γεγονός που οδηγεί σε καθυστερημένες πληρωμές από τους ασθενείς. Αυτό έχει επιφέρει μία νέα τάξη πραγμάτων, καθώς, οι μορφωμένοι και οι έξυπνοι ασθενείς ερευνούν τώρα από την αρχή τις τιμές των υπηρεσιών και των προϊόντων πριν τα χρησιμοποιήσουν. Μάλιστα, οι ασθενείς τείνουν να μην εξετάζουν τα ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης που δεν δημοσιοποιούν τις τιμές τους. Συνεπώς, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι, η διαφάνεια των τιμών αποτελεί σημαντική πρόκληση για την παγκόσμια υγειονομική περίθαλψη γι' αυτό και πρέπει να αντιμετωπιστεί με προσοχή.

1.10 Υγειονομική περίθαλψη και αλυσίδα εφοδιασμού

Αυτό που αποδεικνύεται είναι ότι η αλυσίδα εφοδιασμού υγειονομικής περίθαλψης είναι μοναδική και θέτει μοναδικές προκλήσεις σε σύγκριση με άλλους κλάδους. Εδώ στην υγειονομική περίθαλψη αυτό που συμβαίνει είναι το εξής: οι τελικοί καταναλωτές, δηλαδή οι ασθενείς, θέλουν οι υπηρεσίες και τα προϊόντα υγειονομικής περίθαλψης να είναι σε προσιτή τιμή, χωρίς να θέτουν σε κίνδυνο την υγεία τους. Εξάλλου η αλυσίδα εφοδιασμού υγειονομικής περίθαλψης περιλαμβάνει ακόμη την παρακολούθηση, την μεταφορά, την τιμολόγηση κ.λπ. Με άλλα λόγια, όπως συμβαίνει και σε άλλες αλυσίδες εφοδιασμού, έτσι και η παραγωγή περιλαμβάνει την υγεία ενός ατόμου που μπορεί να βρίσκεται σε κρίσιμη κατάσταση. Συνεπώς, οι πάροχοι υπηρεσιών πρέπει να αντιμετωπίσουν προκλήσεις όπως είναι το κρυφό κόστος, η έλλειψη εφοδιασμού, η έλλειψη αυτοματισμού, η άμεση αποστολή, η έλλειψη διαφάνειας

δεδομένων κ.α. που θα οδηγήσουν στη βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού της υγειονομικής περίθαλψης (Walaa, Abed,^aGhada, Shosha,^aIslam, Oweidat,^aRafat, Saleh,^b and Abdulqadir, Nashwan^c, n.d.; Dadmun, n.d.).

1.11 Διαχείριση ιατρικών φακέλων

Πράγματι, η τεκμηρίωση, είτε δίνεται σε έντυπη είτε σε ψηφιακή μορφή, αποτελεί κρίσιμο μέρος κάθε οργανισμού και ιδρύματος τόσο για την ομαλή λειτουργία, όσο και την αποκατάσταση της λειτουργίας και είναι απαραίτητη παράλληλα και για σκοπούς ελέγχου. Αυτό που έχει συμβεί είναι ότι, με την πρόοδο της τεχνολογίας, οι βιομηχανίες σε όλο τον κόσμο έχουν αγκαλιάσει την ψηφιοποίηση των καθημερινών λειτουργιών και την τήρηση αρχείων. Ειδικότερα, σήμερα, πολλές κυβερνητικές υπηρεσίες, οργανισμοί και ιδρύματα βασίζονται σε ηλεκτρονικά έγγραφα ή αρχεία. Αυτή η δράση, έχει αυξήσει την ανάγκη διαχείρισης και διασφάλισης του μεγάλου όγκου ηλεκτρονικών δεδομένων, τα οποία αποκτώνται από διάφορες πηγές. Με τον όρο «ηλεκτρονικά αρχεία» εννοείται ο συνδυασμός κειμένου, δεδομένων, εικόνων, ήχου κ.λπ. σε ψηφιακή μορφή που δημιουργούνται, τροποποιούνται, διατηρούνται, αρχειοθετούνται, ανακτώνται ή διανέμονται από υπολογιστή. Τα ηλεκτρονικά αρχεία, με τη σειρά τους μπορούν να ταξινομηθούν σε ορισμένες κατηγορίες, ως ζωτικά αρχεία, σημαντικά αρχεία, χρήσιμα αρχεία και μη απαραίτητα αρχεία με βάση τις αξίες τους (BhavanaMathur, SumitGupta, Makhan LalMeena, 2018; Santiago, 2015; Skolnik, 2010).

Αρχικά λοιπόν, η πρώτη φάση στον κύκλο ζωής των ηλεκτρονικών αρχείων είναι η δημιουργία ανεπεξέργαστων δεδομένων και η επεξεργασία τους ή η ανάκτηση των αρχείων από ένα υπάρχον σύστημα ή κανάλι. Στη συνέχεια, στη δεύτερη φάση, εκτελείται η ταξινόμηση των αρχείων. Με άλλα λόγια, η ταξινόμηση απαιτείται για τη συστηματική αναγνώριση και διευθέτηση των αρχείων σε μια λογική δομή που προκύπτει με βάση τους επιχειρηματικούς κανόνες. Προχωρώντας την τρίτη φάση του κύκλου ζωής, τα αρχεία ανακτώνται και χρησιμοποιούνται για την ολοκλήρωση της επιχειρηματικής διαδικασίας και τα δεδομένα/αρχεία μπορούν να μοιραστούν μεταξύ άλλων ενδιαφερομένων, -εάν απαιτείται-, βάσει αμοιβαίας συναίνεσης. Η τέταρτη και τελευταία φάση είναι μια διαδικασία λήψης αποφάσεων που βασίζεται σε ένα σύνολο επιχειρηματικών προδιαγραφών για να προσδιοριστεί εάν το αρχείο είναι χρήσιμο για μελλοντικές πτυχές. Έτσι, το αρχείο διατηρείται ή καταστρέφεται ανάλογα με την αξία και τα οφέλη του. Με τον όρο «διάθεση αρχείων» ορίζεται η διαδικασία διαβίβασης αρχείων σε μόνιμη αποθήκευση και για μελλοντική χρήση. Επομένως, οι εγγραφές μπορούν να αρχειοθετηθούν ή να διαγραφούν με βάση την επιχειρηματική απόφαση (Santiago, 2015).

Στην περίπτωση του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης, ο ηλεκτρονικός ιατρικός φάκελος (EMR) και ο ηλεκτρονικός φάκελος υγειονομικής περίθαλψης (EHR), οι οποίοι χρησιμοποιούνται εναλλακτικά. Μάλιστα, σύμφωνα με τον ΠΟΥ και άλλες κοινοπραξίες υγειονομικής περίθαλψης, ένα EMR είναι ένας φάκελος υγείας ασθενών σε πραγματικό χρόνο με πρόσβαση σε τεκμηριωμένα εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων που μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν τους κλινικούς ιατρούς στη λήψη αποφάσεων. Ειδικά, το EMR μπορεί να βοηθήσει στον εξορθολογισμό και στην αυτοματοποίηση της κλινικής λειτουργίας, έτσι ώστε αυτό να επιφέρει ως αποτέλεσμα την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συστημάτων, αποτρέποντας καθυστερήσεις στην αντιμετώπιση αναποτελεσματικών υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης. Επιπλέον, στην ίδια κατηγορία ανήκει το EHR, πρόκειται για ένα επίμηκες ηλεκτρονικό αρχείο που παράγεται από πολλαπλά κανάλια (όπως είναι οι γιατροί, οι μονάδες υγειονομικής περίθαλψης κ.λπ.) για να παρέχει μια πιο ολιστική, μακροπρόθεσμη άποψη της υγείας ενός ασθενούς. Έτσι, το EHR μπορεί να περιλαμβάνει αποτελέσματα δοκιμών, ιατρικό ιστορικό, δημογραφικά στοιχεία, φάρμακα, ιστορικό παρούσας ασθένειας κ.λπ. (Maxillofac Oral Surg., 2011; Susanti, 2020)

Όντως, τα ιατρικά αρχεία είναι απαραίτητα για τη λήψη αποφάσεων υγειονομικής περίθαλψης των ασθενών, καθιστώντας απαραίτητη τη διατήρηση αρχείων ασθενών και σχετικών πληροφοριών, ώστε τα νοσοκομεία και οι κλινικές να μπορούν να παρέχουν καλύτερες υπηρεσίες φροντίδας. Είναι αλήθεια ότι, η διαχείριση των ιατρικών αρχείων αποτελούσε πάντα προτεραιότητα μεταξύ των ενδιαφερομένων στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης και ενσωματώνει τη διαμετακόμιση δεδομένων μεταξύ των συστημάτων για καλύτερη λήψη αποφάσεων. Μάλιστα, το σύστημα ERM λειτουργεί σε ένα σύνολο ολοκληρωμένων βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση, την επεξεργασία και την πρόσβαση στα ιατρικά αρχεία των ασθενών. Πράγματι, τα ιατρικά αρχεία ενός ασθενούς μπορούν να χρησιμοποιηθούν εσωτερικά μεταξύ διαφορετικών τμημάτων ενός νοσοκομείου ή ιδρύματος. Ένα επιπλέον στοιχείο είναι ότι, τα EMR στο υπάρχον οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης λειτουργούν ως η κύρια πηγή πληροφοριών υγειονομικής περίθαλψης των ασθενών για διάφορους σκοπούς, όπως είναι η κλινική, η θεραπεία, η προληπτική φροντίδα, οι νομικές, ασφαλιστικές και, οι διοικητικές λειτουργίες κ.α. Έτσι, το EMR είναι ένα συνδεδεμένο δίκτυο του συστήματος που έχει πολλές αρμοδιότητες, όπως να καταγράφει, να αποθηκεύει, να επεξεργάζεται, να διανέμει, να διαθέτει και να παρουσιάζει πληροφορίες από πολλαπλά κανάλια, σύμφωνα με τις επιχειρηματικές απαιτήσεις. Παραδείγματος χάρη, οι γιατροί μπορούν κυρίως λόγω ειδικότητας να έχουν πρόσβαση σε EMR και να ελέγχουν τους ιατρικούς χάρτες των ασθενών για καλύτερη λήψη αποφάσεων και υπηρεσίες (“The management of medical records in the context of service delivery in the public sector in KwaZulu-Natal, South Africa”, n.d.; Arabi, Ghamdi, n.d.).

Πράγματι, ένα επιτυχημένο και αποτελεσματικό EMR βοηθά στη δημιουργία μιας αξιόπιστης και αποτελεσματικής ψηφιακής εικόνας της υγείας ενός ασθενούς. Λογικό είναι το σύστημα EMR να αλληλεπιδρά με διάφορα κανάλια για τη συλλογή δεδομένων, Επομένως, αρνητικά στοιχεία, όπως τα ανθρώπινα λάθη, η χαμένη εισαγωγή δεδομένων και οι λανθασμένες εισροές συμβάλλουν πάντα στις ελλείψεις των συστημάτων EMR. Σε αυτό το σημείο παρατίθενται σημεία συμφόρησης, καθώς τα ηλεκτρονικά αρχεία αποτελούν σημαντικό μέρος του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης (Blockchain, n.d.).

Αναλυτικότερα:

- Υπάρχον σύστημα που βασίζεται σε κλασικά αρχεία
- Συμμόρφωση και κανονιστικά ζητήματα
- Ασφάλεια των φακέλων των ασθενών
- Κλοπή ιατρικής ταυτότητας λόγω παραβίασης δεδομένων
- Προκλήσεις ενοποίησης και διαλειτουργικότητας
- Αυξανόμενες προσδοκίες των ασθενών

Έτσι το συμπέρασμα είναι ότι, ακόμη και με τις υπάρχουσες προκλήσεις, τα συστήματα EMR είναι ευεργετικά και βοηθούν τους επαγγελματίες του ιατρικού τομέα σε όλο τον κόσμο, μειώνοντας τα ανθρώπινα και φαρμακευτικά λάθη, μειώνοντας τον χρόνο επεξεργασίας και αυξάνοντας την αποτελεσματική λήψη αποφάσεων. Είναι γεγονός ότι, τα συστήματα EMR έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά στην ενίσχυση της αποδοτικότητας, της λήψης αποφάσεων και των αναλύσεων και βοήθησαν τον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης πάντα με την υποστήριξη κλινικών κατευθυντήριων γραμμών (Blockchain, n.d.; Can Fam Physician. 2015; Gopidasan, Balaji,; Amanullah, Shabbir, n.d.; Adebowale, Akin , 2022).

1.12 Άνοδος της διαδικτυακής αγοράς και των ηλεκτρονικών φαρμακείων

Ένας νέος τρόπος δράσης και συμπεριφοράς που έχει προκύψει με την πρόοδο της τεχνολογίας και την αύξηση των χρηστών του διαδικτύου και των smartphone, είναι η δραστηριότητα πολλών φαρμακείων να πωλούν φάρμακα στο διαδίκτυο και να τα παραδίδουν στους τελικούς χρήστες. Έτσι έχουν προκύψει τα διαδικτυακά φαρμακεία. Ειδικότερα, πρόκειται για εταιρείες που πωλούν συνταγογραφούμενα ή μη συνταγογραφούμενα φάρμακα στο διαδίκτυο. Βέβαια, δεσμεύονται από το νομικό πλαίσιο της χώρας στην οποία δραστηριοποιούνται, όπως ακριβώς και τα συμβατικά φαρμακεία και φαρμακεία. Επιπλέον, τα διαδικτυακά φαρμακεία πρέπει να είναι σε θέση να εκτελέσουν τα επιχειρηματικά τους μοντέλα. Υπάρχουν περιπτώσεις, όπου, ορισμένα φαρμακεία διανέμουν φάρμακα μόνο μετά την παροχή έγκυρων συνταγών, άλλοτε πάλι, ορισμένα παρέχουν διαδικτυακές διαβουλεύσεις για τη συνταγογράφηση και τη χορήγηση φαρμάκων και υπάρχουν και αυτά που διανέμουν φάρμακα χωρίς ιατρική συνταγή. Οι παράγοντες που ώθησαν τους καταναλωτές να συνδεθούν στο διαδίκτυο και να επιλέξουν την ψηφιακή ιατρική περίθαλψη είναι πολλοί, συμπεριλαμβανομένης της τρέχουσας κατάστασης της πανδημίας σε ολόκληρο τον κόσμο (Schafflein, 2021).

Αξίζει να σημειωθεί ότι, το επιχειρηματικό μοντέλο ενός διαδικτυακού φαρμακείου περιστρέφεται γύρω από μια απρόσκοπτη εμπειρία για τους τελικούς χρήστες εξοικονομώντας χρόνο και χρήμα. Αυτό δείχνει ότι, όπως ακριβώς τα συμβατικά φαρμακεία, έτσι και τα ηλεκτρονικά φαρμακεία πρέπει να τηρούν τις κατευθυντήριες γραμμές, τις πολιτικές και τα πρότυπα που επιβάλλονται από την τοπική κυβέρνηση ή τους ρυθμιστικούς οργανισμούς. Επιπλέον, BigData, Blockchain, διαδικτυακές αγορές κ.λπ. παρέχουν τεχνολογική υποστήριξη για σύγχρονα ηλεκτρονικά φαρμακεία. Αυτό που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι, το

οικοσύστημα ηλεκτρονικού φαρμακείου αποτελείτο συνδυασμό πολλαπλών βασικών ενδιαφερομένων, εδώ εντάσσονται στοιχεία όπως, το φαρμακείο, οι διανομείς, τα φαρμακευτικά προϊόντα, οι συνεργάτες παράδοσης και οι πελάτες. Δεν είναι βέβαια μόνο αυτοί οι βασικοί ενδιαφερόμενοι, αλλά υπάρχει ένα ισχυρό σύστημα υποστήριξης που συνεργάζεται με τα ηλεκτρονικά φαρμακεία για την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών.

Αναλυτικότερα, παρατηρείται ότι, οι διαδικτυακές επιχειρήσεις φαρμακείων λιανικής αυξάνονται και προσελκύουν επενδύσεις και δεσμούς σε όλο τον κόσμο, αλλά όλες αυτές οι ανέσεις έχουν κόστος απάτης στον τομέα της υγείας, παραβιάσεων δεδομένων και ανήθικων επιχειρηματικών πρακτικών. Όμως πρέπει να αναφερθεί και στο γεγονός ότι, οι κυβερνήσεις και οι ρυθμιστικοί φορείς σε όλο τον κόσμο θέτουν την επιχείρηση ηλεκτρονικού φαρμακείου υπό αυστηρό έλεγχο μέσω νομικών πλαισίων και πλαισίων συμμόρφωσης και πρακτικών επιτήρησης. Βέβαια, οι πρακτικές αυτές είναι απαραίτητες για τη ρύθμιση και την παρακολούθηση της πώλησης και αγοράς συνταγογραφούμενων φαρμάκων χωρίς έγκυρη συνταγή ή με παραποιημένη συνταγή. Επιπλέον, αυτό το είδος επιβολής απαιτείται για την παύση των απατών στον τομέα της υγείας και των εγκλημάτων στον κυβερνοχώρο στον τομέα της υγείας και για τον έλεγχο των μη εγκεκριμένων φαρμάκων. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι ένας μετασχηματισμός 360 μοιρών στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης οδηγείται με προηγμένη τεχνολογία Blockchain, BigData κ.λπ. Χρειάζεται να υπάρχει και να παρέχεται αποτελεσματικές υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης στη μάζα. Θα σχολιαστεί το πώς το Blockchain μπορεί να διαδραματίσει κεντρικό ρόλο στην επιχείρηση ηλεκτρονικού φαρμακείου στα επόμενα κεφάλαια.

1.13 Εφοδιαστική αλυσίδα φαρμάκων

Ο ορισμός που πρέπει να δοθεί στην έννοια της σύγχρονης αλυσίδας εφοδιασμού, -ανεξάρτητα από τον κλάδο-, είναι αυτός που αναφέρεται στο συνδεδεμένο σύστημα μιας εταιρείας και άλλων ενδιαφερόμενων μερών συλλογικά υπεύθυνων για την παραγωγή, διανομή και πώληση οποιουδήποτε συγκεκριμένου προϊόντος στον καταναλωτή. Σίγουρα, ένα δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένας σύνθετος συνδυασμός βασικών δραστηριοτήτων, εξειδικευμένων πόρων και μηχανών, οντοτήτων, πληροφοριών και ανθρώπων. Είναι γνωστό ότι, η αλυσίδα εφοδιασμού προέκυψε από τον αυξανόμενο ανταγωνισμό και παρείχε προϊόντα χαμηλού κόστους στον καταναλωτή (PeerJ Comput Sci. 2022; Zakari,¹ Al-Razgan,² Alsaadi,² Alshareef,² Heba Al saigh,² Alashaikh,² Alharbi,² Alomar,² Alotaibi² 2022).

Μία ακόμη έννοια που χρειάζεται ορισμό είναι «η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων», έτσι λοιπόν μπορεί να οριστεί ως το σύστημα μέσω του οποίου παρασκευάζονται και παραδίδονται συνταγογραφούμενα φάρμακα στους καταναλωτές ή στα νοσοκομεία. Το γεγονός ότι, η φαρμακευτική βιομηχανία επηρεάζει άμεσα τις ζωές δισεκατομμυρίων ανθρώπων, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, εκτελείται ως αλυσίδα πολύπλοκων διαδικασιών και λειτουργιών. Μάλιστα, πολλοί οργανισμοί και βιομηχανίες εμπλέκονται σε αυτήν την αλυσίδα, ξεκινώντας από την ανακάλυψη και την κατασκευή και φτάνοντας έως την παράδοση. Σύμφωνα με τα

λεχθέντα, πολλοί ενδιαφερόμενοι εμπλέκονται στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, όπως κατασκευαστές, διανομείς, βιομηχανίες, υποστήριξη εφοδιαστικής, λιανοπωλητές, καταναλωτές κ.α. Από ότι φαίνεται, τα στοιχεία είναι πάντα υψηλά για τις φαρμακευτικές εταιρείες, επειδή τα κατασκευασμένα φάρμακα επηρεάζουν τη φήμη της εταιρείας και προσελκύουν οικονομικές και νομικές υποχρεώσεις εάν δεν είναι σύμφωνα με τα πρότυπα ή διανέμονται εσφαλμένα (<https://www.middleeastmedicalportal.com/a-blockchain-based-approach-for-drug-traceability-in-healthcare-supply-chain/>).

Για να λειτουργήσει ορθά η όλη διαδικασία, αυτό που προτείνεται στους φαρμακευτικούς φορείς είναι να ευθυγραμμιστούν με τη σωστή διαμόρφωση, την προσαρμοστικότητα και τις βέλτιστες πρακτικές για να ξεπεραστούν τα πολύπλοκα ζητήματα της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων. Αναμφίβολα, η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων αποτελεί μία κρίσιμη συνιστώσα του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης. Εδώ ισχύει το εξής: μετά την ανάλυση μιας υπάρχουσας ή νέας κατάστασης υγείας, μια φαρμακευτική εταιρεία σκέφτεται για έρευνα και ανάπτυξη ενός νέου φαρμάκου και διαφορετικών διαδικασιών, γι' αυτό οι ενδιαφερόμενοι και οι περιορισμοί ελέγχουν ολόκληρη την αλυσίδα μόλις αναπτυχθεί ένα φάρμακο. Αυτό λειτουργεί όπως ακριβώς μια γενική αλυσίδα εφοδιασμού. Μια αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων αποτελείται από κυβερνητικές υπηρεσίες, κατασκευαστές, πωλητές, διανομείς, συνεργάτες εφοδιαστικής, φαρμακεία, νοσοκομεία, ερευνητικούς οργανισμούς και FDA. Παρατηρείται το εξής φαινόμενο: για να περιπλέξει τη διαδικασία, αυτή η αλυσίδα εφοδιασμού είναι επίσης υπεύθυνη για τη διανομή συνταγογραφούμενων φαρμάκων, γενόσημων φαρμάκων και χειρισμού υλικών, τα οποία απαιτούν ειδικές ανάγκες, λειτουργίες και αποθήκευση. Πράγματι, είναι σίγουρο ότι, υπάρχουν πολλοί άλλοι οργανισμοί, όπως ασφαλιστικές εταιρείες, υγειονομική περίθαλψη κ.α. (Bryatov1, Borodinov1, 2019).

Τα γεγονότα δείχνουν ότι, εξαιτίας των πολύ διαφορετικών επιχειρηματικών στόχων και των υψηλών προσδοκιών, οι διαδικασίες που ακολουθούνται από τις βιομηχανίες ή τους οργανισμούς, περιπλέκουν τη συνολική αλυσίδα εφοδιασμού. Επιπλέον, καταστάσεις όπως, οι άκαμπτοι κανονισμοί, οι πολιτικές συμμόρφωσης και η έλλειψη εμπειρογνωμοσύνης σε αυτόν τον τομέα δημιουργούν απροσδόκητες προκλήσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων. Δεν είναι λίγες οι εταιρείες που εργάζονται τόσο σε σιλό όσο και με απρογραμματίστο τρόπο για να ξεπεράσουν αυτές τις προκλήσεις. Έτσι λοιπόν, η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων αντιμετωπίζει πολύπλοκες προκλήσεις.

Αρχικά, η έλλειψη ορατότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων είναι ένα από τα βασικά ζητήματα, καθώς μια λάθος πρόβλεψη σχετικά με την έλλειψη φαρμάκων, τα πλαστά προϊόντα, τα οπιοειδή στην παρασκευή και οι ενημερωμένοι κανονισμοί και πολιτικές μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τις φαρμακευτικές εταιρείες. Ταυτόχρονα, η βελτίωση της ορατότητας της αλυσίδας εφοδιασμού μπορεί επίσης να οδηγήσει σε αυξημένα έσοδα και ασφαλέστερα προϊόντα (Arzan, 2023).

Δυστυχώς, τα παραποιημένα φάρμακα είναι ένα μεγάλο θέμα για τις κυβερνήσεις, τις ρυθμιστικές αρχές και τους καταναλωτές για μεγάλο χρονικό διάστημα και είναι δύσκολο για

τα ιδρύματα να σταματήσουν αυτά τα παραποιημένα φάρμακα. Το αρνητικό στοιχείο το οποίο είναι πολύ σημαντικό, είναι η κακή διαχείριση και παρακολούθηση της αλυσίδας εφοδιασμού, αυτό αποτελούσε ανέκαθεν τη ραχοκοκαλιά αυτής της παράλληλης αγοράς παραποιημένων φαρμάκων, και αυτή η πρόκληση χρειάζεται άμεση προσοχή. Όμως, η βελτιωμένη αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί τελικά να βοηθήσει τους οργανισμούς και τις εταιρείες να ανταποκριθούν γρήγορα στους παραχαράκτες μόλις ειδοποιηθούν. Η κίνηση αυτή μπορεί να επιτευχθεί μέσω προηγμένων τεχνολογιών λογισμικού και αυστηρών συμμορφώσεων και πολιτικών.

Είναι αλήθεια ότι, τα σύγχρονα δεδομένα, τα οποία δείχνουν ότι η φαρμακευτική αγορά εξελίσσεται ραγδαία και οι εταιρείες αγωνίζονται να εκπληρώσουν τη ζήτηση για τη σύγχρονη αγορά. Οι βασικοί παράγοντες είναι η μικρή χρήση και η αναποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού, αποτελούν κύριους παράγοντες που οδηγούν τις φαρμακευτικές εταιρείες να ανανεώσουν τα υπάρχοντα συστήματα, διαδικασίες και κουλτούρα.

Εδώ εντάσσονται θέματα αποθήκευσης, αποθήκης και μεταφοράς, όπως ακατάλληλος χειρισμός και έλεγχος θερμοκρασίας φαρμάκων. Τα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί αφορούν τα περισσότερα από τα φάρμακα, τα οποία είναι βιολογικά και είναι εξαιρετικά εύθραυστα και ευαίσθητα στη θερμότητα και την υγρασία. Βέβαια, η διατήρηση ενός ρυθμιζόμενου περιβάλλοντος για αυτά τα φάρμακα λειτουργεί ως μία από τις βασικές προκλήσεις για τους κατασκευαστές (“Five Critical Challenges Facing Pharma Supply Chains”, 2022).

Σίγουρα, υπάρχουν πολλές περιπτώσεις που αναφέρθηκαν, όπου ο FDA εξέδωσε προειδοποιήσεις προς τις φαρμακευτικές εταιρείες για τη βελτίωση του ποιοτικού ελέγχου και της συμμόρφωσης. Το στοιχείο παγκοσμίως, που έχει διαδοθεί παραπέμπει στο ότι πολλές εταιρείες ακολουθούν ανήθικες πρακτικές για να καλύψουν τη ζήτηση από την αγορά, οδηγώντας σε αγωγές και κυρώσεις. Για να λειτουργήσει ορθά όλο αυτό θα πρέπει οι βιομηχανίες, οι προμηθευτές και οι διανομείς αναμένεται να τηρούν τις πολιτικές που σχεδιάζονται από τις τοπικές αρχές. Δυστυχώς, δεν υπάρχει ψηφιακό σύστημα για την παρακολούθηση αυτού, αλλά οι νέες τεχνολογίες όπως τα BigData και το Blockchain συμβάλλουν στη διατήρηση των κανονισμών και των συμμορφώσεων στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Στην περίπτωση των φαρμακευτικών εταιρειών, αυτές γνωρίζουν τις υπάρχουσες προκλήσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας και τον αντίκτυπό τους στον ανταγωνισμό και τα έσοδα. Έτσι, η αγορά μετατοπίζεται από το οριζόντιο μοντέλο που βασίζεται στη ζήτηση και αγκαλιάζει ένα μοντέλο που βασίζεται στον ασθενή, καθώς οι άνθρωποι είναι πλέον πιο ευαισθητοποιημένοι και συνειδητοποιημένοι για την υγεία. Σίγουρα, μια αλλαγή παραδείγματος στη ζήτηση της αγοράς αναγκάζει όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού να προσαρμόσουν περαιτέρω τις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού και να εξελιχθούν και να συνεργαστούν ψηφιακά για να υιοθετήσουν μια πιο δικτυοκεντρική προσέγγιση στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων. Ένα σημαντικό στοιχείο αναφοράς είναι ότι, η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων έχει διασυνδεδεμένη εξάρτηση από κατασκευαστές συμβολαίων, τρίτους προμηθευτές

εφοδιαστικής, πωλητές και ρυθμιστικές αρχές. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι, πολλές εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης, νεοσύστατες επιχειρήσεις και πάροχοι τεχνολογίας επιτρέπουν βελτιωμένη ψηφιακή διάγνωση, αποτελέσματα βάσει αξίας, ψηφιοποίηση και συνεργασία, οπότε η φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού περνάει επίσης από αναθεώρηση (<https://www.softgroup.eu/ru/2020/11/18/blog-reasons-poor-visibility-pharma-supply-chain/>).

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Blockchain Βασικές αρχές

Στην περίπτωση του «blockchain», αυτός ο ορισμός παραπέμπει και σχετίζεται με μια νέα και υπερσύγχρονη τεχνολογία που φέρνει επανάσταση στις συμβατικές μεθόδους συλλογής, διακυβέρνησης και διανομής πληροφοριών. Πρόκειται όχι για ένα πολύ έντονο, έτσι ώστε να είναι η πιο δημοφιλής τεχνολογία από την κυκλοφορία του Bitcoin το 2008. Η τρέχουσα δεκαετία γνώρισε δραματικές τάσεις στην υιοθέτηση του Blockchain από το POC έως τις περιπτώσεις πλήρους εμπορικής χρήσης. Δεν είναι τυχαίο ότι, οι ειδικοί σε διάφορους κλάδους και τομείς, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών, της ενέργειας, της αλυσίδας εφοδιασμού, της υγειονομικής περίθαλψης και των φαρμακευτικών προϊόντων, γοητεύονται από τις δυνατότητες του Blockchain και προσπαθούν να αντικαταστήσουν τα παλιά συστήματα παλαιού τύπου με συστήματα που βασίζονται σε Blockchain για να υιοθετήσουν νωρίς και να αποκομίσουν τα οφέλη της τεχνολογίας κατανεμημένου καθολικού. Στην όλη αυτή τακτική, ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης δεν αποτελεί εξαίρεση στην υιοθέτηση του Blockchain και διερευνά διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης σε όλους τους κλάδους και τις υποβιομηχανίες υγειονομικής περίθαλψης. Το επιθυμητό στοιχείο είναι ότι, το συγκριμένο κεφάλαιο σκοπεύει να ρίξει φως στο Blockchain ή ακόμη την τεχνολογία κατανεμημένου καθολικού και το γεγονός για το ποιος/α δημιουργήθηκε, ο τρόπος που εξελίχθηκε από καμία φίλη σου στα σημαντικά βιβλία εξελίχθηκε από μια απλή λευκή βίβλο σε μια πλήρη τεχνολογία εμπορικού επιπέδου (<https://el.wikipedia.org/wiki/Blockchain>).

2.1 Εισαγωγή στοBlockchain

Με άλλα λόγια, πιο διευκρινιστικά, το Blockchain είναι ένα κατανεμημένο, αποκεντρωμένο, peer-to-peer, αμετάβλητο και ασφαλές δίκτυο υπολογιστών για την αποθήκευση πληροφοριών και τη μεταφορά ψηφιακών μέσων αξίας. Επιπλέον, το Blockchain μπορεί να θεωρηθεί ως μια βάση δεδομένων που δημιουργήθηκε από μπλοκ δεδομένων σταθερού μήκους που συνδέονται διαδοχικά, αποτελούμενα από συναλλαγές που κυμαίνονται από 1 έως N. Σε αυτήν την φάση, η αποκέντρωση στο Blockchain δείχνει ότι ολόκληρο το σύστημα δεν ανήκει σε ένα μόνο μηχάνημα, αλλά διαχειρίζεται από πολλούς υπολογιστές στο δίκτυο. Η όλη αυτή θεωρητική κατάσταση οδηγεί στην δημιουργία των «κόμβων», που λειτουργούν μέσα από ανεξάρτητα συστήματα υπολογιστών(<https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>).

Για να αναλυθεί η τεχνολογία blockchain χρειάζεται να βασίζεται σε τρεις βασικούς πυλώνες, τους οποίους οραματίστηκε για πρώτη φορά ο ανώνυμος δημιουργός του Bitcoin. Ειδικότερα, οι τρεις αυτοί πυλώνες (“What is blockchain?”, 2022) είναι:

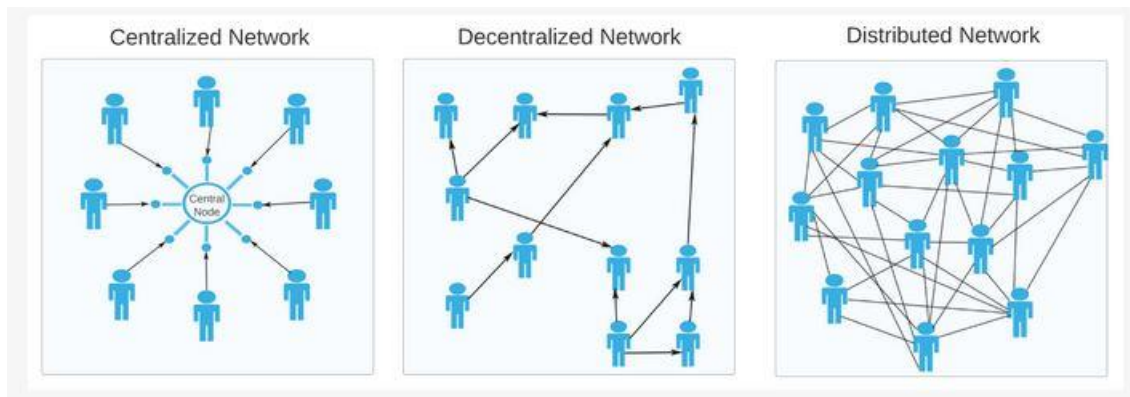
- **Δικτύωση P-2-P:**

Εδώ συγκεκριμένα, στη δικτύωση peer-to-peer, πολλά συστήματα υπολογιστών συνδέονται, έτσι ώστε να μπορούν να μοιράζονται δεδομένα και πληροφορίες μεταξύ τους. Με άλλα λόγια, στο πλαίσιο του Blockchain, το δίκτυο P-2-P έχει σχεδιαστεί για να εξαλείψει την εξάρτηση από μία μόνο κεντρική αρχή. Είναι αλήθεια ότι, το δίκτυο P-2-P μπορεί να συγκριθεί με το BitTorrent ως πραγματικό παράδειγμα.

- **Ασύμμετρη κρυπτογραφία:** Στο δεύτερο πυλώνα εντάσσονται οι υπολογιστές ή οι

κόμβοι σε ένα σύστημα Blockchain, οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους στέλνοντας κρυπτογραφημένα μηνύματα. Συνεπώς, η ασύμμετρη κρυπτογραφία ή κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική για την κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ κόμβων στο Blockchain. Επομένως, οι διαδικασίες της κρυπτογράφησης και της αποκρυπτογράφησης πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικά αλλά μαθηματικά συνδεδεμένα κρυπτογραφικά κλειδιά.

- **Cryptographic hashing:** Πρόκειται για μια μέθοδος μετατροπής οποιονδήποτε δεδομένων σε μια μοναδική συμβολοσειρά. Αυτή η μοναδική συμβολοσειρά μπορεί να θεωρηθεί ως το «δακτυλικό αποτύπωμα» αυτών των δεδομένων. Μέσα από την τεχνική του κατακερματισμού επιτρέπεται η ταχεία σύγκριση ενός μεγάλου συνόλου δεδομένων και μιας τεχνικής για την επαλήθευση της αλλοίωσης των δεδομένων. Υπάρχει ένας όρος, «Το δέντρο Merkle» είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται συχνά στο Blockchain. Αυτό βασίζεται στην ίδια τεχνική κατακερματισμού για την επαλήθευση και τη σύγκριση των δεδομένων στο δίκτυο (Leuven, Mercierlaan, n.d.; Kelvin, Macharia, 2021).



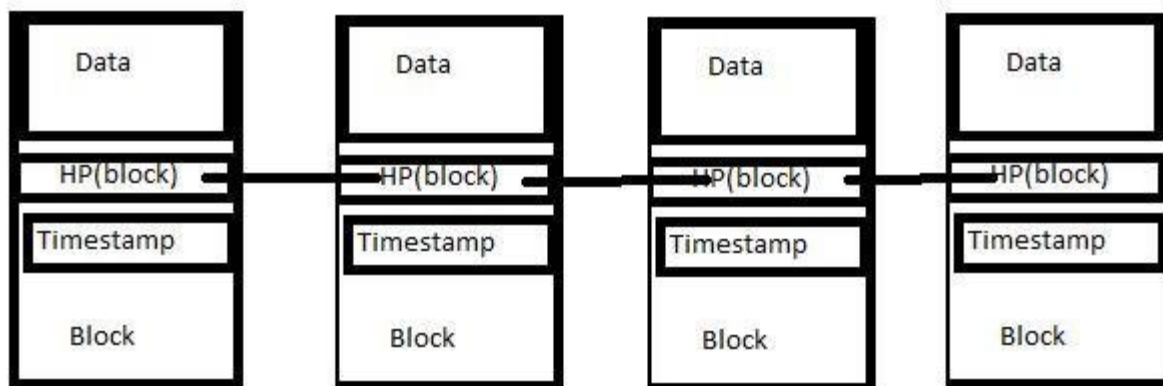
Εικόνα 1: Δομή συστημάτων Blockchain (πηγή : David Khoshavi , 2021)

Στο σημείο αυτό θα ήταν θεμιτό να αναφερθούν μερικές κοινές και δημοφιλείς περιπτώσεις τεχνολογικής χρήσης, έτσι ώστε να γίνει κατανοητή η διαφορά μεταξύ κεντρικών δικτύων και καταναμημένων συστημάτων Blockchain. Πιο αναλυτικά, ένα συμβατικό κεντρικό σύστημα είναι σαν το Dropbox ή το GoogleDrive, όπου ο καθένας μπορεί να ανεβάσει δεδομένα ή αρχεία και άλλα άτομα μπορούν να κατεβάσουν το ίδιο χρησιμοποιώντας έναν κοινόχρηστο σύνδεσμο. Αντίθετα, στην περίπτωση του Blockchain, όπου λειτουργεί σαν το BitTorrent, εδώ ο καθένας μπορεί να ανεβάσει ή να κατεβάσει αρχεία απευθείας. Έτσι, στο BitTorrent, ένα αρχείο μπορεί να μεταφερθεί απευθείας σε άλλα συστήματα, καθώς άλλα άτομα συμμετέχουν επίσης στο δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι, με τα παραδοσιακά συστήματα, η πρόσβαση σε κάτι γίνεται με όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης, με έλεγχο πρόσβασης που ορίζεται από τον διαχειριστή. Σε αντίθετη περίπτωση, το σύστημα Blockchain δεν έχει κεντρική αρχή, επομένως χρησιμοποιεί κρυπτογραφία αντί για όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης.

Στο σημείο αυτό είναι εύλογο να τεθεί επίσης το ερώτημα ποια είναι η ανάγκη για ένα αποκεντρωμένο και καταναμημένο δίκτυο, όταν έχουμε ήδη ένα καλά λειτουργικό κεντρικό σύστημα; Η απάντηση εντοπίζεται στο γεγονός ότι, τα κεντρικά συστήματα μπορεί να βοήθησαν στην κατασκευή του υπάρχοντος δικτύου, αλλά παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα. Είναι αλήθεια ότι, όλη αυτή η συζήτηση ξεκίνησε με τον τρόπο με τον οποίο το χρηματοπιστωτικό μας σύστημα έχει σχεδιαστεί για να τοποθετεί όλη την ισχύ σε ένα ενιαίο δίκτυο ή σε ένα σύστημα. Μάλιστα, ο συγκεντρωτισμός υποδηλώνει ένα σημείο κεντρικού ελέγχου, εδώ αναφέρονται τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα ή οι τράπεζες στην περίπτωση της χρηματοδότησης ή της αγοράς χρήματος. Πιο συγκεκριμένα, οι τράπεζες λειτουργούν με αυτή την έννοια εδώ και πολύ καιρό για να εκτελέσουν μεταφορές χρημάτων, διασυννοριακά εμβάσματα και άλλες χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες και θεωρείται πάντα ασφαλής και σταθερή. Βέβαια συμβαίνει το εξής οξύμωρο, ενώ τα σύγχρονα χρηματοπιστωτικά συστήματα φαίνονται πολύ ασφαλή και σταθερά, εντούτοις, επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό πολλές αρνητικές καταστάσεις όπως, από απάτη, πλαστογραφία, διπλές δαπάνες, αναξιόπιστα ζητήματα δανεισμού και πολλά άλλα ζητήματα. Όλη αυτή η κατάσταση επηρεάστηκε από τη χρηματοπιστωτική κρίση του 2008-2009, η οποία τροφοδότησε αυτή τη συζήτηση. Μάλιστα, αυτή ήταν και η εποχή που εμφανίστηκε το πρώτο ψηφιακό νόμισμα στον κόσμο, δηλαδή το Bitcoin (Yaffe-Bellany, n.d.).

2.2 Αποκωδικοποίηση Blockchain

Έτσι λοιπόν, είναι φανερό ότι, το Blockchain δεν είναι παρά μια απλή βάση δεδομένων όπου τα μπλοκ συνδέονται διαδοχικά με χρονολογική σειρά. Στην περίπτωση των νέων εγγραφών, επικυρώνεται σε όλο το δίκτυο Blockchain και προστίθεται ή αποθηκεύεται στην αλυσίδα. Συνεπώς, το πρώτο μπλοκ σε ένα δίκτυο Blockchain υποδηλώνεται ως "GenesisBlock". Είναι φανερό ότι, το μπλοκ είναι το βασικό στοιχείο ενός δικτύου Blockchain, όπου αποθηκεύονται όλες οι πληροφορίες καθολικού. Γι' αυτό το λόγο, η δομή ενός μπλοκ μπορεί να ποικίλει, αλλά γενικά, περιέχει ορισμένες βασικές ιδιότητες και είναι κοινή σε όλα τα πλαίσια Blockchain. Ειδικότερα, το μέσο μέγεθος μπλοκ στο Bitcoin είναι περίπου 1 MB για την αποθήκευση των συναλλαγών, ενώ τα 200 byte προορίζονται για πληροφορίες κεφαλίδας, όπως για παράδειγμα η χρονική σήμανση, ο κατακερματισμός του προηγούμενου μπλοκ κ.α. Όταν γίνεται λόγος για συναλλαγές, προστίθενται στο επόμενο μπλοκ, στην περίπτωση που ένα μπλοκ στο δίκτυο Bitcoin υπερβεί το μέγεθος του 1MB. Μεγάλη προσοχή χρειάζεται καθώς τα δεδομένα δεν μπορούν να τροποποιηθούν αναδρομικά εάν προστεθούν στο Blockchain (GeorgeJan, 2023).



Εικόνα 2: Blockchain ως συνδεδεμένη λίστα μπλοκ που συνδέονται με δείκτες κατακερματισμού. (πηγή : Lalitha Bhaskari , 2018)

2.3 Κατακερματισμός - Hashing

Η εννοιολόγηση του περιεχομένου της λέξης «κατακερματισμός» είναι ο μαθηματικός αλγόριθμος για τη μετατροπή οποιωνδήποτε δεδομένων εισόδου στην έξοδο σταθερού μεγέθους κρυπτογραφημένου κειμένου. Μάλιστα, είναι σχεδόν αδύνατο να αναγεννηθούν τα αρχικά δεδομένα από τα δεδομένα εξόδου. Ο κατακερματισμός λειτουργεί απλώς σαν ένα δακτυλικό αποτύπωμα οποιωνδήποτε δεδομένων εισόδου. Έτσι λοιπόν, ως βασική ιδιότητα του κατακερματισμού, ακόμη και μικρές αλλαγές στα δεδομένα εισόδου θα δημιουργήσουν διαφορετικές εξόδους. Επομένως, η έξοδος θα είναι σταθερού μήκους, ανεξάρτητα από το μέγεθος των δεδομένων εισόδου. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελεί ο αλγόριθμος SHA 256, ο οποίος θα παράγει πάντα δεδομένα εξόδου 256-bit. Το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι, ο κατακερματισμός είναι το μυστικό συστατικό που επιτρέπει στο Blockchain να αποθηκεύει εύκολα μεγάλο όγκο δεδομένων. Όμως, το Blockchain δεν ασχολείται μόνο με δεδομένα και πληροφορίες, αλλά ακόμη και με αυτοεκτελέσιμους κώδικες. Στην περίπτωση αυτήν, ο αυτοεκτελέσιμος κώδικας ονομάζεται έξυπνο συμβόλαιο. Με άλλα λόγια, ένα έξυπνο συμβόλαιο είναι ένα κανονικό πρόγραμμα με ορισμένες προκαθορισμένες συνθήκες και αναπτύσσεται μέσω του δικτύου Blockchain (Faife, 2017).

Άρα, αυτά τα έξυπνα συμβόλαια είναι σε θέση να εκτελέσουν οποιαδήποτε εργασία όταν όμως πρώτα πληρούνται συγκεκριμένοι προκαθορισμένοι όροι και προϋποθέσεις. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι, τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να συγκριθούν με τυπικές νομικές συμβάσεις, όπου ορισμένες ενέργειες πραγματοποιούνται υπό ορισμένες προϋποθέσεις (Dilmegani, 2022).

2.4 Satoshi's Bitcoin

Υπάρχει η φημολογία ότι, ένα ανώνυμο άτομο ή άτομα με το όνομα "Satoshi" είναι ο δημιουργός και εφευρέτης του αποκεντρωμένου κρυπτονομίσματος "Bitcoin". Εάν αυτό αληθεύει, τότε ο Satoshi Nakamoto σχεδίασε και ανέπτυξε το Bitcoin μετά την επίλυση του ζητήματος του προβλήματος των διπλών δαπανών για ένα αποκεντρωμένο ψηφιακό νόμισμα

και για τη δημιουργία ενός νέου περιουσιακού στοιχείου.

Αναλυτικά, το Bitcoin δημιουργήθηκε όταν ο Satoshi δημοσίευσε μια λευκή βίβλο για ένα σύστημα ηλεκτρονικών μετρητών peer-to-peer το 2008. Έτσι στις αρχές του 2009, ο Satoshi κυκλοφόρησε μια αρχική έκδοση του πηγαίου κώδικα και ξεκίνησε το Bitcoin εξορύσσοντας το μπλοκ γένεσης (FirstBlockofBlockchain) (“Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System Satoshi Nakamoto”, n.d.). Ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι το Bitcoin ήρθε στην αγορά όταν ο κόσμος αντιμετώπιζε την οικονομική κρίση του 2008. Με απλά λόγια, βλέπουμε ότι τα ηλεκτρονικά μετρητά P-2-P επιτρέπουν τη μεταφορά πληρωμών απευθείας από τον αποστολέα στον παραλήπτη χωρίς τη βοήθεια χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων, όπως είναι και λειτουργούν οι τράπεζες. Αν και το δολάριο των ΗΠΑ είναι το ισχυρότερο νόμισμα, όπως το Fiat στον κόσμο, έτσι και το Bitcoin έχει πλεονεκτήματα. Μερικά από αυτά είναι ότι δεν λειτουργεί και ελέγχεται από κάποια κεντρική αρχή και είναι ευκολότερο να αποκτηθεί σε σύγκριση με άλλα νομίσματα (“Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System Satoshi Nakamoto”, n.d.).

Βλέπουμε ότι, το Bitcoin του Satoshi αναπτύχθηκε από μια διαδικτυακή κοινότητα χομπίστες και επιστημόνων υπολογιστών για το λόγο του ότι, ήθελαν να παρέχουν ένα σταθερό, αποτελεσματικό και επαληθεύσιμο σύστημα ψηφιακών νομισμάτων εφαρμόζοντας τις διαδικασίες της κρυπτογραφίας και τη δικτύωση P-2-P. Αρχικά, οι χρήστες Bitcoin ήταν σε μεγάλο βαθμό μια κλειστή ομάδα χομπίστες υπολογιστών που προσπαθούσαν να δοκιμάσουν και να επαληθεύσουν το κρυπτονόμισμα Bitcoin, το οποίο αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας ασύμμετρη κρυπτογραφία, απόδειξη εργασίας και δικτύωση P-2-P. Όπως έχει ήδη ειπωθεί, το σύστημα Bitcoin δεν βασίζεται σε κεντρικό σύστημα ή γραφείο συμψηφισμού για την επαλήθευση των συναλλαγών. Αντίθετα, είναι φανερό ότι, το σύστημα Bitcoin βασίζεται σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο που χρησιμοποιεί ένα τεράστιο ποσό υπολογιστικής ισχύος για την επαλήθευση και την επικύρωση των συναλλαγών στο δίκτυο Bitcoin. Το τελευταίο επιτρέπει σε κάθε κόμβο να συμμετέχει στο δίκτυο να επαληθεύει και την ίδια ώρα να επικυρώνει τις συναλλαγές. Μία ακόμη ονομασία αυτών των κόμβων είναι "ανθρακωρύχοι", αφού λαμβάνουν κίνητρα μετά την επιτυχή επαλήθευση της συναλλαγής.

Επιπλέον, ένα στοιχείο που αξίζει να αναφερθεί είναι το καθολικό Blockchain, το οποίο αποθηκεύεται τοπικά σε κάθε συμμετέχοντα κόμβο που εκτελεί μια πλήρη έκδοση του λογισμικού Bitcoin. Με τη σειρά του το καθολικό blockchain καταγράφει το ιστορικό κάθε συναλλαγής που εκτελείται στο κατανεμημένο δίκτυο.

Είναι προφανές το γεγονός ότι, το δίκτυο Bitcoin θεωρείται ένα ανώνυμο σύστημα, καθώς οι χρήστες στο δίκτυο αναγνωρίζονται από ψηφιακές διευθύνσεις. Με τη σειρά τους, αυτές οι ψηφιακές διευθύνσεις (hashes των δημόσιων κλειδιών) χρησιμεύουν ως ψευδώνυμα των χρηστών στο Blockchain. Στην ουσία, η πραγματική ταυτότητα των χρηστών είναι κρυμμένη στο δίκτυο και αναγνωρίζεται μόνο από ψηφιακές διευθύνσεις, επομένως είναι γνωστό ως ανώνυμο σύστημα. Μάλιστα, οι μοναδικές ιδιότητες του δικτύου Blockchain μπορούν παράλληλα να εφαρμοστούν σε περιπτώσεις χρήσης εκτός του ψηφιακού νομίσματος.

Επομένως, οι ιδιότητες του Blockchain μπορούν να εφαρμοστούν σε πληροφορίες, δεδομένα ή ψηφιακά δικαιώματα (Ravikiran, 2023).

2.5 Κρυπτογραφία: Το σίγουρο θεμέλιο για την ψηφιακή εμπιστοσύνη

Στο σημείο αυτό είναι πρόβλημα να γίνει αναφορά στο γεγονός ότι, το Blockchain βασίζεται στις αποδεδειγμένες τεχνολογίες και τις τεχνικές που εφαρμόζονται διαφορετικά. Καταλαβαίνουμε ότι, η τεχνολογία Blockchain είναι η ενορχήστρωση της δικτύωσης P-2-P, της κρυπτογραφίας και του κρυπτογραφικού κατακερματισμού. Πιο αναλυτικά, η ψηφιακή εμπιστοσύνη είναι η διασφάλιση και η εμπιστοσύνη που έχουν οι χρήστες στην τεχνολογία και τις διαδικασίες για την εκτέλεση οποιουδήποτε τύπου συναλλαγής. Αυτό σημαίνει ότι, είναι η κρίση κινδύνου μεταξύ διαφορετικών μερών και ο ψηφιακός κόσμος που έχει να κάνει με τον έλεγχο ταυτότητας και την εξουσιοδότηση. Το συμπέρασμα είναι ότι, στο Blockchain, η ασύμμετρη κρυπτογραφία είναι η ραχοκοκαλιά της ψηφιακής εμπιστοσύνης.

Για να γίνει απόλυτα κατανοητός ο όρος «κρυπτογραφία», πρέπει αρχικά να επισημανθεί τι ακριβώς είναι, δίνοντας έναν ορισμό με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της. Χρησιμοποιώντας έναν απλό ορισμό, η "κρυπτογραφία" είναι η τέχνη της γραφής μυστικού κώδικα, η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες. Βέβαια, με την πρόοδο της τεχνολογίας των υπολογιστών, εισήχθησαν νέες τεχνικές και μορφές κρυπτογραφίας για τη δημιουργία εμπιστοσύνης μεταξύ των μερών. Κατά τη διαδικασία της ανταλλαγής δεδομένων ή πληροφοριών, απαιτείται κρυπτογραφία μόνο στην περίπτωση που τα μέρη ανταλλαγής επικοινωνούν μέσω ενός μη αξιόπιστου μέσου (του Διαδικτύου). Είναι λογικό, οι σύγχρονοι κρυπτογραφικοί αλγόριθμοι να σχεδιάζονται γύρω από μαθηματικές διαδικασίες και υποθέσεις υπολογιστικής σκληρότητας, με αποτέλεσμα άλλες μη αξιόπιστες ή άγνωστες οντότητες να μην μπορούν να σπάσουν το σύστημα ("Cryptography, Trust and Privacy: It's Complicated Ero Balsa Cornell Tech", 2022).

2.6 Πορτοφόλι κρυπτονομισμάτων - Bitcoinwallet

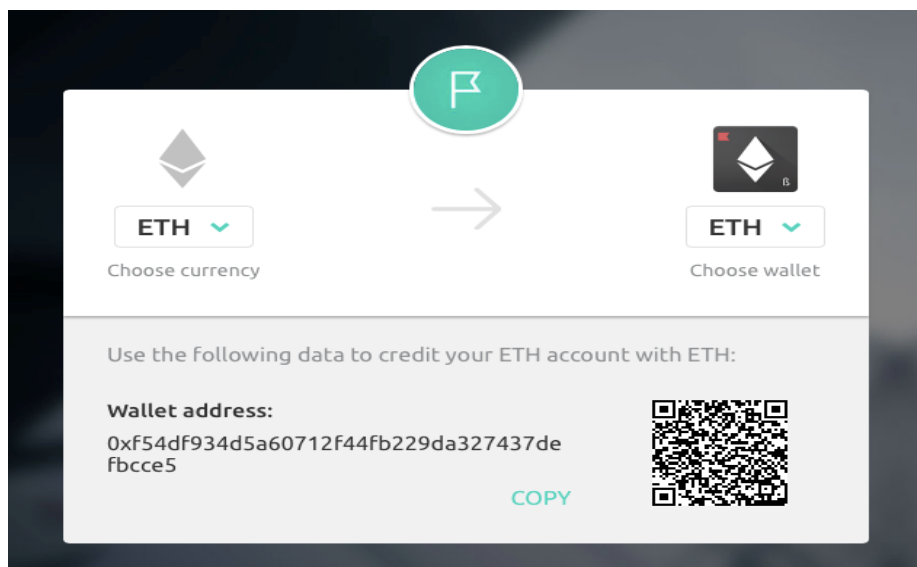
Πρέπει να τονιστεί ότι, ένα Bitcoin ή οποιοδήποτε άλλο πορτοφόλι κρυπτονομισμάτων είναι απλώς ένα πρόγραμμα λογισμικού που αποθηκεύει τα δημόσια και ιδιωτικά κλειδιά ενός ατόμου και του επιτρέπει να στέλνει και να λαμβάνει Bitcoin. Άρα, ένα πορτοφόλι bitcoin βοηθά τους χρήστες να αλληλεπιδρούν με το δίκτυο Blockchain για να ξεκινήσουν οποιαδήποτε συναλλαγή. Έτσι, όλοι οι χρήστες μπορούν να δουν το εκκρεμές υπόλοιπο κρυπτονομισμάτων τους στο πορτοφόλι.

Σε αντίθεση περίπτωση με ότι συμβαίνει με τα πορτοφόλια μετρητών ή τσέπης, τα πορτοφόλια κρυπτονομισμάτων δεν περιέχουν κανένα εικονικό νόμισμα, π.χ. το Bitcoin, καθώς όλες οι συναλλαγές Bitcoin καταγράφονται και αποθηκεύονται στο Blockchain. Έτσι λοιπόν, όταν ένα άτομο στέλνει bitcoin σε άλλο άτομο, παραιτείται από την ιδιοκτησία αυτών των bitcoin.

Ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι μπορείτε να ξοδέψετε το bitcoin στο πορτοφόλι σας εάν το ιδιωτικό κλειδί του πορτοφολιού σας ταιριάζει με τη δημόσια διεύθυνση του bitcoin που αποστέλλεται στο πορτοφόλι σας. Επομένως, βλέπουμε ότι, εάν τα δημόσια και ιδιωτικά

κλειδιά ταιριάζουν, όπως έχει ήδη αναφερθεί, το υπόλοιπο στο πορτοφόλι σας θα αυξηθεί και στη συνέχεια θα μειωθεί στο πορτοφόλι του αποστολέα. Αν γίνει μία πιο προσεκτική προσέγγιση, θα γίνει φανερό ότι, δεν κινούνται χρήματα, καθώς απλώς καταγράφονται στο Blockchain και στα πορτοφόλια. Στο σημείο αυτό αναφέρονται τα είδη των πορτοφολιών που υπάρχουν (IEEE, 2021). Αναλυτικά:

- **Πορτοφόλια λογισμικού:** Αντίθετα με αυτό που συμβαίνει, τα πορτοφόλια επιτραπέζιου υπολογιστή ή κινητού, τα πορτοφόλια λογισμικού αποθηκεύουν το ιδιωτικό κλειδί του χρήστη σε μια συσκευή υλικού, τύπου USB ή μονάδα flash. Ο τρόπος λειτουργίας των πορτοφολιών αυτών είναι παρόμοιος με τα πορτοφόλια λογισμικού, με τη μόνη διαφορά ότι οι λεπτομέρειες συναλλαγών και τα κλειδιά αποθηκεύονται εκτός σύνδεσης για να παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια. Αυτές λειτουργούν όπως ακριβώς οι ψηφιακές υπογραφές, όπου μπορεί κανείς να συνδέσει το υλικό και να εισάγει την καρφίτσα για να ξεκινήσει τη συναλλαγή αφού την επιβεβαιώσει πρώτα. Το θετικό στοιχείο είναι ότι, τα πορτοφόλια αυτά κρατούν τα bitcoins εκτός σύνδεσης και μακριά από χάκερ και κακόβουλο λογισμικό (Shimoga, Karnataka, 2017).
- **Πορτοφόλι χαρτιού:** Πρόκειται για εκτυπώσεις των δημόσιων και ιδιωτικών κλειδιών των χρηστών. Ο τρόπος κατά τη συναλλαγή των Bitcoin στο χάρτινο πορτοφόλι του χρήστη γίνεται με τη μεταφορά Bitcoin από το πορτοφόλι λογισμικού στη δημόσια διεύθυνση που εμφανίζεται στο πορτοφόλι χαρτιού. Κατά τον ίδιο τρόπο, εάν κάποιος θέλει να αποσύρει Bitcoin, απλώς μεταφέρει χρήματα από ένα πορτοφόλι χαρτιού σε ένα πορτοφόλι λογισμικού. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή με την ονομασία "σάρωση", επειδή τα Bitcoin μεταφέρονται από την online λειτουργία στο πορτοφόλι χαρτιού και αντίστροφα στην πίσω θέση πάλι.



Εικόνα 3: Πορτοφόλι Bitcoin (πηγή : <https://mpost.io/glossary/blockchain-address> ανάκτηση 20/02/2023)

2.7 Αλγόριθμοι συναίνεσης στο Blockchain

Στη φάση αυτή, αξίζει να τονιστεί ότι, το blockchain ήταν σε θέση να λύσει το ζήτημα της συναίνεσης εφαρμόζοντας μαθηματικούς αλγόριθμους γνωστούς ως αλγόριθμοι συναίνεσης. Γίνεται κατανοητό ότι, οι συναλλαγές Blockchain είναι ασφαλείς και επαληθευμένες. Αυτό δεν είναι τυχαίο, μπορεί να συμβεί καθώς το Blockchain εφαρμόζει αλγόριθμους συναίνεσης μεταξύ όλων των μετόχων (κόμβων) στο δίκτυο.

Αναμφισβήτητα, τα πρωτόκολλα συναίνεσης μπορούν να θεωρηθούν ως διαδικασία λήψης αποφάσεων για μια ομάδα. Αυτό συμβαίνει διότι, οι αλγόριθμοι συναίνεσης λειτουργούν με βάση την έννοια της πλειοψηφίας, γεγονός που δείχνει ότι, όλοι πρέπει να ακολουθήσουν μια απόφαση, εάν ένας μεγάλος αριθμός ατόμων έχει την ίδια απόφαση, ανεξάρτητα από την επιλογή ενός ατόμου. Με άλλα λόγια, οι αλγόριθμοι συναίνεσης διασφαλίζουν ότι τα δίκτυα Blockchain θα πρέπει να βρίσκονται σε κατάσταση win-win, ακόμη και αν ορισμένα άτομα δεν συμμετέχουν ή δεν ακολουθούν τη συναίνεση. Αυτός είναι ο λόγος που τα πρωτόκολλα συναίνεσης έχουν συγκεκριμένους στόχους, όπως για παράδειγμα η συμφωνία μεταξύ των συμμετεχόντων, η συνεργασία, τα ευθυγραμμισμένα οικονομικά οφέλη, τα ίσα δικαιώματα σε κάθε κόμβο και η ενεργός συμμετοχή. Φαίνεται ότι, πολλοί αλγόριθμοι συναίνεσης είναι διαθέσιμοι σήμερα και ας μην ακολουθούν όλα τα πλαίσια Blockchain τον ίδιο μηχανισμό συναίνεσης, επειδή ένας κοινός αλγόριθμος συναίνεσης μπορεί να μην δικαιολογεί τις μοναδικές απαιτήσεις κάθε πλαισίου Blockchain (Yousaf, 2018).

2.8 Τύποι Blockchain

Είναι αποδεκτή αλήθεια ότι, το blockchain έχει κερδίσει έδαφος τα τελευταία χρόνια και αρκετές βιομηχανίες και τομείς προσπαθούν να το υιοθετήσουν για να αντικαταστήσουν τα συμβατικά υπολογιστικά συστήματα. Μάλιστα, οι ίδιες οι βιομηχανίες έχουν ήδη αρχίσει να χρησιμοποιούν το Blockchain για την αποθήκευση δεδομένων, τις ταυτότητες, τα δικαιώματα ιδιοκτησίας, τις συμφωνίες, την ενέργεια, την υγειονομική περίθαλψη, την αλυσίδα εφοδιασμού και πολλά άλλα. Όμως, αυτή η ευρεία υιοθέτηση οδηγεί σε ένα βασικό ερώτημα: ποιο Blockchain είναι κατάλληλο για την κάθε περίπτωση χρήσης; Αυτή η ερώτηση με τη σειρά της οδηγεί σε συγκεκριμένη απάντηση, μέσα από τον καθορισμό της ποσότητας και της ποιότητας των δικτύων Blockchain που υπάρχουν σήμερα. Ακολουθεί η επιγραμματική παρουσίαση των διαφορετικών τύπων Blockchain.

2.9 Δημόσιο Blockchain

Αξίζει να επισημανθεί ότι, ένα δημόσιο Blockchain αποτελεί ένα δίκτυο όπου κάθε κόμβος ή ανθρακωρύχος μπορεί να συμμετάσχει στη διαδικασία συναίνεσης. Ειδικότερα, στα δημόσια Blockchains, τα καθολικά είναι ορατά σε όλους στο Διαδίκτυο και ο καθένας με αυτό τον τρόπο μπορεί να επαληθεύσει και να προσθέσει ένα μπλοκ συναλλαγών στην αλυσίδα δικτύου. Σε αυτήν την περίπτωση, το δίκτυο προστατεύεται με κρυπτογραφική επαλήθευση

αντί να κάνει χρήση ενός κεντρικού διακομιστή. Από την άλλη πλευρά, ένας ανθρακωρύχος λαμβάνει κίνητρα στην περίπτωση που μπορεί να λύσει πρώτα το παζλ. Έτσι έχουμε το Proof-of-Work και το Proof-of-Stack, τα οποία είναι δύο κοινά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στο δημόσιο Blockchain.

2.10 Ιδιωτικό Blockchain

Επιπλέον, αναφορά αξίζει να γίνει σε ένα ιδιωτικό Blockchain, το οποίο λειτουργεί ως ένα δίκτυο, όπου η γραπτή άδεια για το καθολικό διατηρείται συγκεντρωμένη σε έναν μόνο οργανισμό. Έτσι έχουμε την άδεια ανάγνωσης που μπορεί να είναι δημόσια ή περιορισμένη με βάση τις ανάγκες της επιχείρησης. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί, η διαχείριση βάσεων δεδομένων, οι εσωτερικοί έλεγχοι και η διαχείριση περιουσιακών στοιχείων που είναι εσωτερικές λειτουργίες και δεν απαιτούν εξωτερική παρέμβαση. Επιπροσθέτως, οι ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ μπορούν να παρέχουν λύσεις στους πράκτορες συμμόρφωσης για κανονισμούς. Εδώ αναφέρεται ο νόμος περί φορητότητας και λογοδοσίας της ασφάλισης υγείας (HIPAA), η καταπολέμηση της νομιμοποίησης εσόδων από παράνομες δραστηριότητες (AML) και οι νόμοι Know-Your-Customer (KYC) (Campbell, 2023).

2.11 Αδειοδοτημένο Blockchain

Πρέπει να επισημανθεί το εξής στοιχείο που αφορά μια κοινοπραξία Blockchain, η οποία είναι ένα καταναμημένο καθολικό, όπου η διαδικασία συναίνεσης ελέγχεται από ένα προεπιλεγμένο σύνολο κόμβων. Συγκεκριμένα, το δικαίωμα ανάγνωσης του Blockchain μπορεί να είναι δημόσιο ή περιορισμένο στους συμμετέχοντες. Επιπλέον, μπορεί να υπάρχουν υβριδικές διαδρομές, όπως είναι οι ριζικοί κατακερματισμοί των μπλοκ που είναι δημόσιοι μαζί με ένα API που επιτρέπει στα μέλη του κοινού να κάνουν περιορισμένο αριθμό ερωτημάτων και να λάβουν κρυπτογραφικές αποδείξεις ορισμένων τμημάτων της κατάστασης Blockchain. Αυτό λοιπόν που γίνεται κατανοητό είναι ότι αυτά τα είδη Blockchains είναι καταναμημένα καθολικά και μπορούν να θεωρηθούν μερικώς αποκεντρωμένα. Κατά την αναφορά στον όρο «κοινοπραξία» νοείται ο έλεγχος από μια κοινοπραξία μελών και μόνο ενός προκαθορισμένου συνόλου κόμβων που έχει πρόσβαση στη σύνταξη των δεδομένων ή του μπλοκ. Αναφορά αξίζει να γίνει σε δημοφιλή παραδείγματα αδειοδοτημένου Blockchain, τα οποία είναι το Ripple, το R3 και το Hyperledger. Αυτό το νέο σύστημα, το Blockchain έχει καθιερωθεί ως μια καινοτόμα τεχνολογία που θα αλλάξει τον τρόπο λειτουργίας του σύγχρονου κεντρικού συστήματος. Πρέπει όμως να γίνει πλήρως κατανοητή η διερεύνηση του εάν το Blockchain είναι κατάλληλο για μια περίπτωση χρήσης. Εντούτοις, το Blockchain μπορεί να είναι μια δαπανηρή λύση, καθώς μπορεί να απαιτεί υποδομή υψηλών προδιαγραφών και κόστος ενσωμάτωσης, οπότε οι επιχειρήσεις πρέπει να καταλάβουν μέχρι ποιο σημείο να πάρουν τη λύση Blockchain για να καλύψουν τα ζητήματα συγκεκριμένων περιπτώσεων χρήσης (Sheldon, 2019).

2.12 Οι αυτοεκτελούμενες συμβάσεις του Blockchain

Πρέπει να τονιστεί ότι, μια σύμβαση είναι ένα νομικό έγγραφο που δεσμεύει τα μέρη να

εκτελούν διάφορες εργασίες, ή διαδικασίες ακόμη και συναλλαγές υπό τους συμφωνημένους όρους που αναφέρονται στο έγγραφο. Βέβαια, στην περίπτωση αυτήν, οι συμβάσεις αυτές δεσμεύονται από το δίκαιο της χώρας. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι, υπάρχουν πολλά παραδείγματα αυτών των συμβάσεων, όπως η ασφάλιση μεταξύ των μερών, οι συμφωνίες συμμετοχής μεταξύ των εταιρειών, η πώληση και η αγορά των ακινήτων και πολλά ακόμη (Bauerle, 2018).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, ένα έξυπνο συμβόλαιο στο Blockchain ενεργεί κατά κάποιο τρόπο διαφορετικά σε σύγκριση με τα συμβατικά στατικά συμβόλαια, αλλά το κίνητρο των έξυπνων συμβολαίων είναι το ίδιο με τα συμβατικά συμβόλαια - για να ικανοποιήσει τους όρους που αναφέρονται στη σύμβαση. Αυτό φανερώνει ότι, τα έξυπνα συμβόλαια είναι απλώς προγραμματιζόμενοι κώδικες που βασίζονται σε προσαρμοσμένη λογική και αναπτύσσονται σε ένα πλαίσιο Blockchain. Για την ακρίβεια, ένα έξυπνο συμβόλαιο εκτελείται αυτόματα όταν πληρούνται προκαθορισμένοι όροι και προϋποθέσεις, με βάση τους κανόνες που έχει προγραμματιστεί να πραγματοποιήσει. Συμπληρωματικά, τα έξυπνα συμβόλαια έχουν σχεδιαστεί για να βοηθούν στη μεταφορά ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων μεταξύ λογαριασμών ως μία ατομική συναλλαγή. Επιπροσθέτως, τα έξυπνα συμβόλαια είναι ικανά να αποθηκεύουν δεδομένα και αυτά με τη σειρά τους να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή οποιωνδήποτε πληροφοριών, υπόλοιπων και καθολικών δεδομένων για την εφαρμογή της λογικής για πραγματικές περιπτώσεις χρήσης (Hughes, 2019; Hughes, 2020).

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Η εφαρμογή του Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη

Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι, η τεχνολογία Blockchain έχει τεράστιες δυνατότητες για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που αντιμετωπίζει το σύγχρονο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Με άλλα λόγια, ο τομέας της ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης αντιμετωπίζει την αυξανόμενη ζήτηση υπηρεσιών της περίθαλψης με επίκεντρο τον ασθενή και των ολοκληρωμένων υπηρεσιών περίθαλψης σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτό επιφέρει ως αποτέλεσμα, η ζήτηση αυτή να ωθεί να αναβαθμίσει την υπάρχουσα υποδομή πληροφορικής για να αντιμετωπίσει προκλήσεις που αφορούν στο τρέχον σύστημα. Ένα αναμφισβήτητο στοιχείο είναι ότι, το Blockchain επιλύει τα περισσότερα από τα ζητήματα στα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, όπως χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η διαλειτουργικότητα, η ασφάλεια των δεδομένων, οι κοινές πληροφορίες και οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες (Independently Published, 2020).

Πίνακας 1. Η προσφορά του Blockchain στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης και τις υπάρχουσες προκλήσεις.

Υπάρχοντα προβληματικά σημεία	Τι προσφέρει το Blockchain
Διάσπαρτα δεδομένα	<p>Τα ευαίσθητα δεδομένα του ασθενούς που αποθηκεύονται μέσω του κατακευματισμένου δικτύου του Blockchain και είναι προσβάσιμα από μια έγκυρη και επαληθευμένη πηγή.</p> <p>Ασφαλής κοινή χρήση δεδομένων σε όλο το δίκτυο Δημιουργείται η ψηφιακή ταυτότητα του ασθενούς</p>
Πρόσβαση στα δεδομένα του ασθενούς	<p>Άμεση εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στα ιατρικά αρχεία του ασθενούς και στα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης που είναι αποθηκευμένα στο δίκτυο Blockchain.</p> <p>Τα κοινόχρηστα δεδομένα επιτρέπουν ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο σε όλα τα δίκτυα. Όλοι οι συμμετέχοντες στο δίκτυο Blockchain μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα του ασθενούς</p>

<p>Διαλειτουργικότητα</p>	<p>Αποκεντρωμένα δίκτυα υπολογιστών σε όλες τις γεωγραφικές περιοχές Διαφορετικά δίκτυα Blockchain μπορούν να επικοινωνούν με ασφάλεια και να ανταλλάσσουν δεδομένα για την επίτευξη ενός κοινού στόχου Ενημέρωση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σε όλο το δίκτυο σε όλους τους ενδιαφερόμενους Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να παρέχουν τα σωστά δεδομένα την κατάλληλη στιγμή χωρίς να διακυβεύεται η ακεραιότητα των δεδομένων</p>
<p>Ασφάλεια δεδομένων</p>	<p>Ψηφιοποίηση της ασφάλειας των δεδομένων των συναλλαγών – η ψηφιακή ταυτότητα προστατεύει το απόρρητο των ασθενών</p>
<p>Δεδομένα που δημιουργούνται από τον ασθενή</p>	<p>Δεδομένα από φορητές συσκευές (IoT) συγκεντρωτικά για την παροχή ολιστικής φροντίδας ασθενών Ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο των δεδομένων από συσκευές IoT στο δίκτυο Blockchain</p>
<p>Σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας</p>	<p>Μειωμένο κόστος συναλλαγών και επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο ώστε να γίνει το σύστημα πιο αποτελεσματικό Το Blockchain καταργεί την εξάρτηση από μεσάζοντες και καταργεί τη χρονική υστέρηση στην πρόσβαση σε δεδομένα</p>

3.1 Γενικά

3.1.1 Χειρισμός δεδομένων στο Blockchain

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά στην ανταλλαγή δεδομένων και στη διαλειτουργικότητα που εντοπίζονται στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης, αυτός είναι ο λόγος που πρέπει να κατανοήσουμε πώς το Blockchain διατηρεί δεδομένα στο κατακευματισμένο καθολικό. Έτσι λοιπόν, τα σύγχρονα συστήματα Blockchain διατηρούν δύο τύπους δεδομένων ή πληροφοριών. Αναλυτικά υπάρχουν:

- Στοιχεία on-Chain: Στην κατηγορία αυτήν, τα στοιχεία on-Chain είναι από πραγματικές συναλλαγές Blockchain που είναι αποθηκευμένα στο δίκτυο Blockchain. Συνεπώς, επαληθεύεται και επικυρώνεται από όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο και δεν μπορεί να τροποποιηθεί μετά την αποθήκευση.
- Δεδομένα Off-Chain: Εδώ, συμβαίνει τα δεδομένα Off-Chain να αποθηκεύονται σε ξεχωριστές παραδοσιακές βάσεις δεδομένων και οι δείκτες πρόσβασής τους να παρέχονται στο δίκτυο Blockchain. Πέρα από αυτό, συναλλαγές εκτός αλυσίδας ή δεδομένα που διαπράττονται συμβαίνουν εκτός του Blockchain, όπου τα μέρη που εμπλέκονται στη συναλλαγή συμφωνούν να έχουν συναίνεση εκτός του Blockchain.

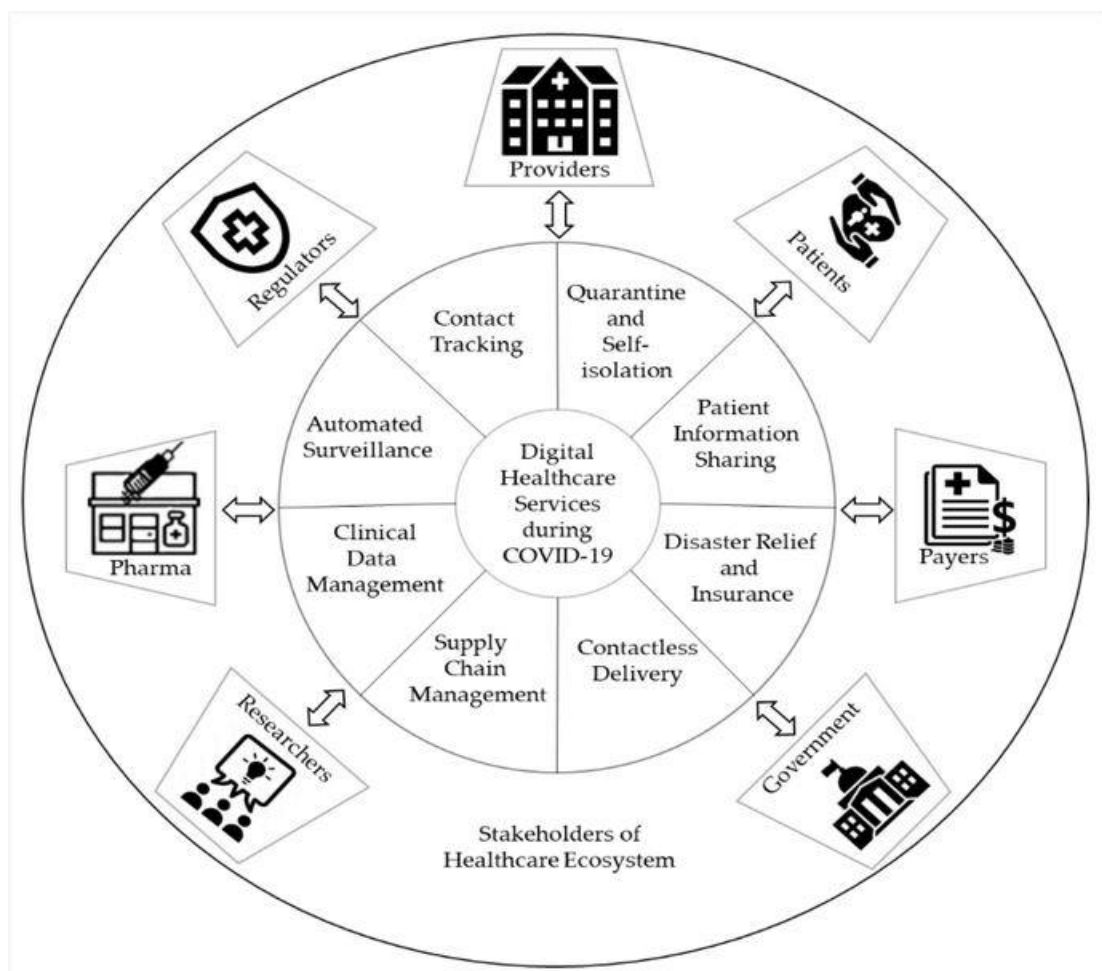
Μετά από όλα αυτά, το συμπέρασμα είναι ότι, αυτή η ιδιότητα του χειρισμού των δεδομένων εντός και εκτός αλυσίδας καθιστά τα δίκτυα Blockchain ταυτόχρονα πιο κλιμακούμενα και οικονομικά αποδοτικά. Είναι αλήθεια ότι, οι πλατφόρμες υγειονομικής περίθαλψης μπορούν επιπλέον να επιλέξουν να αποθηκεύουν δεδομένα για το Blockchain και να προστατεύονται από τις θεμελιώδεις ιδιότητες του Blockchain. Παράλληλα, μπορούν να σχεδιάσουν ένα πρωτόκολλο για να αποθηκεύσουν μεγάλα ιατρικά δεδομένα και αρχεία έξω από το δίκτυο Blockchain. Κατά συνέπεια, τα δεδομένα εκτός αλυσίδας μπορούν να προσπελαστούν μέσω κρυπτογραφημένων δεσμών και APIs από ένα δίκτυο Blockchain, το οποίο κρίνεται απαραίτητο. Συνεπώς, είναι φανερό ότι, κατά το σχεδιασμό μιας πλατφόρμας υγειονομικής περίθαλψης για κάθε περίπτωση χρήσης, είναι σημαντικό να αξιολογηθεί ποια δεδομένα θα πρέπει να αποθηκευτούν στην αλυσίδα και ποια θα πρέπει να αποθηκευτούν εκτός σύνδεσης (Independently Published, 2020).

Πίνακας 2. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των δεδομένων on-chain και off-chain, κατά την υιοθέτησή τους στο σύστημα υγείας.

	Δεδομένα εντός αλυσίδας	Δεδομένα εκτός αλυσίδας
Πεδία δεδομένων	Κάποια πεδία δεδομένων μπορούν να αποθηκευτούν σε ένα καταναμημένο δίκτυο Blockchain. Για παράδειγμα, δημογραφικά δεδομένα ασθενών.	Τα δεδομένα εκτός αλυσίδας χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση βαρέων και δαπανηρών αρχείων, καθώς ενδέχεται να αυξήσουν σημαντικά τον χρόνο επεξεργασίας. Μερικές φορές, τα κρίσιμα δεδομένα της επιχείρησης αποθηκεύονται επίσης εκτός σύνδεσης. Common examples of off-
		Κοινά παραδείγματα δεδομένων εκτός αλυσίδας είναι η αξονική και μαγνητική τομογραφία.
Πλεονεκτήματα	Τα δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν στο Blockchain και θα είναι έτοιμα για γρήγορη διάθεση. Διαλειτουργικά συστήματα. Αμετάβλητα δεδομένα.	Οποιοσδήποτε τύπος δεδομένων μπορεί να αποθηκευτεί, ανεξάρτητα από τον τύπο και το μέγεθος του αρχείου. Η επεκτασιμότητα του συστήματος Blockchain μπορεί να επιτευχθεί. Οι συναλλαγές εκτός αλυσίδας είναι γρήγορες και στιγμιαίες χωρίς τις υψηλότερες χρεώσεις των συναλλαγών εντός αλυσίδας.
Μειονεκτήματα	Δεν δημιουργήθηκε για τυποποίηση δεδομένων. Η επεκτασιμότητα του συστήματος είναι πολύπλοκη. Μπορεί να εφαρμοστεί κόστος συναλλαγής.	Δεν υπάρχει ενημέρωση και κοινή χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Λιγότερο διαλειτουργικό. Απαιτεί πρόσθετο επίπεδο ολοκλήρωσης για επικοινωνία με το σύστημα Blockchain. Δυνατότητα αποσύνθεσης πληροφοριών στο Blockchain. Ενδέχεται να απαιτείται τρίτο μέρος για επικυρώσεις.

3.2 Περιπτώσεις χρήσης του Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη

Στην ενότητα αυτή παραθέτονται μερικές από τις περιπτώσεις χρήσης υγειονομικής περίθαλψης, όπου το Blockchain διαδραματίζει ζωτικό ρόλο ή μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο.



Εικόνα 4: Οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης και ψηφιακές υπηρεσίες για την ετοιμότητα και την αντιμετώπιση πανδημιών κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19 (πηγή : Mohamed Yaseen, 2021)

3.2.1 Η ακεραιότητα των ιατρικών φακέλων

Το συγκεκριμένο πρόκειται για μια από τις περιπτώσεις χρήσης που προτιμούνται περισσότερο, όπου οι παίκτες υγειονομικής περίθαλψης έχουν ήδη αρχίσει να αναπτύσσουν πλαίσια Blockchain για τη διαχείριση ιατρικών αρχείων και δεδομένων ασθενών. Τα συγκεκριμένα ιατρικά αρχεία τείνουν να διαχωρίζονται μεταξύ πολλαπλών οντοτήτων, ιδιαίτερα στην περίπτωση όπου αυτά τα αρχεία χρησιμοποιούνται σε σιλό. Ένα ακόμη στοιχείο που διαθέτει το Blockchain είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διασφάλιση της ακεραιότητας όλων των ιατρικών αρχείων, ανεξάρτητα από το EMR ή το EHR. Συνοψίζοντας, το Blockchain

διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων, η οποία είναι ιδιαίτερα κρίσιμη για ιατρικές και νομικές πτυχές (Springer Nature Singapore, 2020).

3.2.2 Αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων

Σε αυτήν την περίπτωση -ανεξάρτητα από τον κλάδο- η αλυσίδα εφοδιασμού ήταν πάντα μια περίπλοκη, ανασφαλής, ανοργάνωτη και υψηλής δαπάνης υποβιομηχανία, αφού είναι αλήθεια ότι πρόκειται για έναν τομέα που εξαρτάται από μεσάζοντες. Είναι γνωστό ότι, η αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων λειτουργεί σε συντονισμό με τους προμηθευτές, τους κατασκευαστές, τα κέντρα αποθήκης και διανομής, τους διανομείς, τα φαρμακεία, τα νοσοκομεία, τους λιανοπωλητές και τους καταναλωτές. Επομένως, παρατηρείται ότι, η πλατφόρμα Blockchain για τη φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού έχει δυνατότητες να διευκολύνει τις πολύπλοκες διαδικασίες αυτής της αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτός είναι ο λόγος που πολλές εταιρείες χρησιμοποιούν πλατφόρμες Blockchain επιχειρηματικού επιπέδου που αναπτύχθηκαν για την αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων. Η λεπτομερής εξέταση και παρουσίαση θα ακολουθήσει σε επόμενα κεφάλαια (Springer Nature Singapore, 2020).⁵⁷

3.2.3 Τομέας ασφάλισης υγείας

Δυστυχώς, είναι γεγονός ότι, ο ασφαλιστικός κλάδος είναι πολύ υποτονικός εδώ και αιώνες λόγω των διαδικασιών και των συμμορφώσεων του με βαρύ χαρτί. Με βάση αυτό το δεδομένο, παρατηρείται ότι, αυτές οι προκλήσεις δημιουργούν κενά ευκαιριών για τον ασφαλιστικό κλάδο και το Blockchain είναι μια ελπιδοφόρα λύση, καθώς οι περισσότερες από τις προκλήσεις μπορούν να μειωθούν ή να εξαλειφθούν υιοθετώντας ασφαλιστικές διαδικασίες που βασίζονται στο Blockchain. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα έξυπνα συμβόλαια Blockchain, όπου στον διακανονισμό αξιώσεων μπορούν να μειώσουν σημαντικά τον χρόνο διακανονισμού, οδηγώντας σε υψηλή ικανοποίηση πελατών και λιγότερη απάτη. Συνεπώς, ο ρόλος του Blockchain στην ασφάλιση υγειονομικής περίθαλψης θα συζητηθεί σε επόμενες ενότητες (Springer Nature Singapore, 2020).

3.2.4 Κλινική δοκιμή και ιατρική έρευνα

Το στοιχείο που πρέπει να τονιστεί εδώ είναι ότι, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ιατρική ή κλινική έρευνα, όπου οι ερευνητές μπορούν να μελετήσουν αποτελεσματικά τον αντίκτυπο συγκεκριμένης θεραπείας μέσω ασφαλούς και επικυρωμένης πρόσβασης στα δεδομένα του ασθενούς. Επομένως, η ανταλλαγή δεδομένων κλινικών δοκιμών και η ανακάλυψη αξίας είναι μερικές από τις πολλά υποσχόμενες περιπτώσεις χρήσης του Blockchain (Springer Nature Singapore, 2020).

3.2.5 Απομακρυσμένη παρακολούθηση συσκευών IoT υγειονομικής περίθαλψης

Ιδιαίτερα σημαντικό είναι το γεγονός ότι, η απομακρυσμένη παρακολούθηση γίνεται μια τάση στην υγειονομική περίθαλψη, όπου οι συσκευές και οι αισθητήρες IoT χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των ζωτικών σημείων των ασθενών. Έτσι λοιπόν, τα δεδομένα καταγράφονται σε βάσεις δεδομένων μέσω αυτών των συσκευών IoT για καλύτερη, προληπτική και ταυτόχρονα προληπτική φροντίδα. Είναι αλήθεια ότι, το

Blockchain μπορεί να διασφαλίσει την ομαλή και ασφαλή ανταλλαγή τέτοιων δεδομένων. Με τη σειρά τους, αυτά τα δεδομένα μπορούν να κοινοποιηθούν με βάση τις επιχειρηματικές απαιτήσεις και μόνο μετά από συγκατάθεση του ασθενούς.

Έτσι λοιπόν, πρέπει να τονιστεί ότι, ορισμένες νεοσύστατες επιχειρήσεις υγειονομικής περίθαλψης έχουν αναγνωρίσει τις δυνατότητες της τεχνολογίας Blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης και προσπαθούν να αυξήσουν τη χρήση τεχνολογίας υψηλής ποιότητας στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Λόγου χάρη, εδώ εντάσσονται το Medicalchain και το TraceRx, που είναι μερικές από τις νεοσύστατες επιχειρήσεις που εργάζονται για τη χρήση της τεχνολογίας Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη. Ακόμη και στην περίπτωση της Medicalchain παρέχεται μια πλατφόρμα DLT για αποτελεσματική και διαφανή ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων και η TraceRx σχεδιάζει περιπτώσεις χρήσης για τη βιομηχανία εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι νεοσύστατες επιχειρήσεις θα παρουσιαστούν αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια (Springer Nature Singapore, 2020).

3.3 Σύστημα υγειονομικής περίθαλψης που βασίζεται σε blockchain

Ένα από τα ιδιαίτερα προσόντα αποτελεί η ικανότητα της τεχνολογίας Blockchain να εξασφαλίσει, να διαιρέσει και να μοιραστεί τα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης (ή ιατρικά δεδομένα) και να αυτοματοποιήσει τη σύνθετη διαδικασία χρησιμοποιώντας ένα έξυπνο συμβόλαιο. Αυτός είναι ο λόγος που έχει κάνει το Blockchain τον πρώτο δρομέα στην πλευρά της τεχνολογίας για την αναμόρφωση ολόκληρου του οικοσυστήματος υγειονομικής περίθαλψης. Πιο αναλυτικά, τα σύγχρονα πλαίσια υγειονομικής περίθαλψης εμπορικού επιπέδου είναι κατακερματισμένα σε διαφορετικά επίπεδα, όπως η πηγή δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης, η στοίβα blockchain, οι περιπτώσεις χρήσης υγειονομικής περίθαλψης και οι εφαρμογές οικοσυστήματος. Γίνεται κατανοητό ότι, στο πλαίσιο υγειονομικής περίθαλψης με βάση το DLT, το οποίο απεικονίζεται σε όλα τα ιατρικά και υγειονομικά δεδομένα, τα οποία συλλέγονται από διαφορετικούς διαύλους και μετατρέπονται σε κατακερματισμένα ανεπεξέργαστα δεδομένα σε πρώτο επίπεδο. Κατ' επέκταση, τα δεδομένα μπορούν να συλλεχθούν από πηγές, όπως είναι η είσοδος δεδομένων, οι συσκευές IoT, τα εργαστήρια, τα νοσοκομεία, η ασφάλιση, οι πάροχοι, κ.λπ. Αυτό λοιπόν, αποτελεί ένα από το πλεονεκτικό σημείο, όπου το πλαίσιο υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να ασχοληθεί με ένα μεγάλο όγκο δεδομένων. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι, οι σύγχρονες τεχνολογίες, όπως χαρακτηριστικά είναι η τεχνητή νοημοσύνη, η μηχανική μάθηση και τα BigData μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στον κατακερματισμό των δεδομένων πριν εισάγουν τα δεδομένα στην αλυσίδα μπλοκ.

Δεν πρέπει να παραληφθεί το γεγονός ότι, η στοίβα τεχνολογίας Blockchain λειτουργεί στην κορυφή της στοίβας δεδομένων, αυτό συμβαίνει διότι το Blockchain λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ των ακατέργαστων δεδομένων και των πλατφορμών ή των εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης. Οποιοδήποτε κι αν χρησιμοποιείται (Blockchain ή DLT) ως στρώμα θεωρείται αυτό που κάνει το οικοσύστημα

υγειονομικής περίθαλψης ταυτόχρονα ασφαλές, γρήγορο, και διαλειτουργικό. Αυτό, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, το κατάλληλο ύφασμα Blockchain, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και ένα μοντέλο συναίνεσης μπορούν να σχεδιαστούν εδώ με βάση την περίπτωση χρήσης της υγειονομικής περίθαλψης. Ακολούθως, υπάρχει η δυνατότητα, τα δεδομένα των συναλλαγών να μπορούν να γίνουν on-chain ή off-chain, σύμφωνα με τις αντίστοιχες απαιτήσεις. Είναι προφανές ότι, υπάρχουν πολλές πλατφόρμες Blockchain, όπως το Ethereum, HyperledgerFabric, Ripple, που δημιουργούν αποκεντρωμένες εφαρμογές (DAPs). Είναι αποδεδειγμένο ότι, όλα τα βασικά στοιχεία του Blockchain, όπως οι έξυπνες συμβάσεις, τα πορτοφόλια και τα ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία, βασίζονται σε αυτό το στρώμα.

Έτσι γίνεται προφανές ότι, οι εφαρμογές ή οι πλατφόρμες υγειονομικής περίθαλψης είναι χτισμένες πάνω από ένα στρώμα Blockchain με βάση την επιλεγμένη περίπτωση χρήσης. Κάνοντας λόγο για τέτοιες περιπτώσεις χρήσης, φαίνεται να είναι -ως επί το πλείστον- ασθενείς-κεντρικοί και έχουν ως στόχο την παροχή απρόσκοπτης υγειονομικής περίθαλψης και ιατρικών υπηρεσιών στον τελικό χρήστη. Ακολούθως, αυτές οι περιπτώσεις χρήσης σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιλύουν τα ζητήματα των υφιστάμενων συστημάτων, όπως η διαλειτουργικότητα και η προστασία της ιδιωτικής ζωής των δεδομένων. Από την άλλη μεριά, εκτός από τις αυτόνομες εφαρμογές, το IoT και τα φορητά συστήματα μπορούν να τοποθετηθούν σε αυτό το επίπεδο. Τέλος, στην κορυφή της ιεραρχίας βρίσκονται, όλοι οι ενδιαφερόμενοι στο οικοσύστημα της υγειονομικής περίθαλψης, οι οποίοι μπορούν να αλληλεπιδρούν με το πλαίσιο. Είναι φανερό ότι, τα ενδιαφερόμενα μέρη μπορούν να επωφεληθούν από τις υποκείμενες εφαρμογές που βασίζονται σε blockchain (DAPs). Για την ακρίβεια, αυτό το στρώμα είναι ο συνδυασμός ασθενών, παρόχων υπηρεσιών, ρυθμιστικών αρχών, υπευθύνων χάραξης πολιτικής, κ.λπ. Ωστόσο, αυτοί οι ενδιαφερόμενοι αλληλεπιδρούν με το σύστημα για διαφορετικούς σκοπούς, ασχέτως εάν αναμένεται να χρησιμοποιήσουν το σύστημα χωρίς να υπονομεύσουν την κεντρική ιδέα του οικοσυστήματος (“Blockchain for Healthcare Systems: Challenges, Privacy, and Securing of Data”, 2021).

3.3.1 Ηλεκτρονικό ιατρικό μητρώο βασισμένο στο Blockchain

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι, ένα ηλεκτρονικό ιατρικό μητρώο (EMR) μπορεί να θεωρηθεί ως μια ψηφιακή έκδοση του χάρτη ενός ασθενούς. Αυτό συμβαίνει διότι, τα EMR είναι τα δεδομένα του ασθενούς από ένα μόνο ιατρείο, που σημαίνει ότι τα ιατρικά αρχεία του ασθενούς παραμένουν στο γραφείο του γιατρού και δεν κοινοποιούνται σε άλλους επαγγελματίες του ιατρικού τομέα. Με άλλα λόγια, η EMR ενός ασθενούς είναι απίθανο να ακολουθήσει στην περίπτωση αλλαγής ιατρού. Τυπικά και επιγραμματικά, ένα EMR μπορεί να περιέχει τις ακόλουθες πληροφορίες σχετικά με τον ασθενή:

- Γενική διάγνωση
- Ζωτικά σημεία Δημογραφικά εργαστηριακά αποτελέσματα

Έχει παρατηρηθεί ότι, στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, πολλοί άνθρωποι χρησιμοποιούν την ορολογία EMR και Electronic Health Record (EHR)

εναλλακτικά, όμως, EMR και HER δεν είναι το ίδιο. Μπορεί να θεωρηθεί ότι το EMR λειτουργεί ως ένα υποσύνολο ενός συστήματος EHR. Και εδώ είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα που είναι ένα διαχρονικό ηλεκτρονικό αρχείο των μητρώων υγείας των ασθενών που παράγονται από πολλαπλά συστήματα. Έτσι λοιπόν, οι EMR σίγουρα αντικαθιστούν τα έντυπα αναλογικά ιατρικά αρχεία, αλλά δεν αποτελούν το σύγχρονο πρότυπο της τεχνολογίας πληροφοριών στον τομέα της υγείας. Επομένως, ακολουθεί μία λίστα με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά ή τις προδιαγραφές ενός τυπικού συστήματος EMR για την καλύτερη κατανόηση των EMR (Lovis, Madsen, 2020).

3.3.2 Χαρακτηριστικά ενός συστήματος ηλεκτρονικού ιατρικού μητρώου EMR

Εδώ παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά ενός συστήματος EMR:

- Διαχείριση λειτουργιών: Αναλύεται μέσα από χαρακτηριστικά διαχείρισης των λειτουργιών μιας πρακτικής.
- On-boarding: Δηλαδή η ικανότητα να καταγράφουν τους ασθενείς στο σύστημα και να αποθηκεύουν σχετικές πληροφορίες.
- Προγραμματισμός: Πρόκειται για τη διαδικασία εγκατάστασης προς σύνδεση και διαχείρισης ραντεβού του ασθενούς, συμπεριλαμβανομένων υπενθυμίσεων.
- Χρέωση: Αφορά τη δυνατότητα διαχείρισης της λειτουργίας χρέωσης και τη δυνατότητα ενοποίησης με το υπάρχον σύστημα χρέωσης.
- Εξουσιοδότηση: Σχετίζεται με την ικανότητα να παρακολουθεί κάποιος και να διαχειρίζεται τις πληροφορίες αναθεώρησης της χρήσης.
- Εκθέσεις: Με άλλα λόγια, είναι η ικανότητα να παράγει εκθέσεις σχετικές με τη διαχείριση των επιχειρήσεων.
- Διαχείριση επικοινωνίας: Αφορά την ενότητα επικοινωνίας με τους παρόχους υπηρεσιών και τους ασθενείς, όροι που αναλύονται παρακάτω:
- Επικοινωνία ασθενούς: Γίνεται λόγος για τη δυνατότητα για τον ασθενή να παρακολουθεί τις πληροφορίες υγείας του, τις εκθέσεις και να διαχειρίζεται τα ραντεβού και τις εκθέσεις, κ.λπ.
- Πάροχος υπηρεσιών: Ο όρος αυτός σχετίζεται με τη δυνατότητα να συνδέεται με άλλους παρόχους υπηρεσιών και να μοιράζεται πληροφορίες / δεδομένα / αναφορές με απώτερο στόχο να φέρει συνεργαζόμενες υπηρεσίες στο οικοσύστημα του ασθενούς.
- Συνταγή και φάρμακο διαχείριση: Αυτό σημαίνει το χειρισμό σε φάρμακα του ασθενούς.
- e-Prescribeds: Δηλαδή η γραφή της συνταγής ηλεκτρονικά και το να δοθεί από την μία πλευρά στον ασθενή και από την άλλη πλευρά στο φαρμακείο.
- Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης: Το χαρακτηριστικό αυτό σχετίζεται με την ικανότητα αυτόματης αναγνώρισης της αντίδρασης ενός φαρμάκου κατά των αλλεργιών με βάση ιατρικά αρχεία του ασθενούς.
- Black Box Warning for Drugs: Αυτό δείχνει την ικανότητα να παράγονται ειδοποιήσεις για προειδοποιήσεις μαύρου κουτιού στα συστήματα EMR, αναμένεται ακόμη να τηρούνται οι κατευθυντήριες γραμμές FDA.

- Ενσωματωμένο σύστημα υποστήριξης.
- Σύστημα αναφοράς: Παραπέμπει στην ικανότητα να τραβάει τις εκθέσεις από τα εργαστήρια που σχετίζονται με τις εργαστηριακές δοκιμές, τις εκθέσεις παθολογίας, τις εκθέσεις απεικόνισης, κ.λπ.
- Καταχώριση παραγγελίας: Γίνεται λόγος για τη δυνατότητα διαχείρισης της καταχώρισης και της εκτέλεσης εντολών.
- Υποστήριξη κλινικών αποφάσεων: Αναλύεται μέσα από την ικανότητα παροχής τεκμηριωμένης υποστήριξης αποφάσεων με ανάλυση προηγούμενων δεδομένων και ιστορικών πληροφοριών (Lovis, Madsen, 2020).

3.3.3 Προκλήσεις γύρω από το σύστημα ηλεκτρονικού ιατρικού μητρώου EMR

Είναι βασικό το στοιχείο ότι, οι υπάρχουσες πλατφόρμες/λογισμικό ψηφιακού EMR έχουν υπάρξει μάρτυρες αναβαθμίσεων στην ψηφιοποίηση δείχνοντας πρόοδο στην τεχνολογία. Ενώ από την μία πλευρά, αυτά τα συστήματα EMR λειτουργούν ομαλά και εξυπηρετούν τον σκοπό καλά, από την άλλη πλευρά τα σύγχρονα EMR έχουν κάποια ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν για να ανταποκριθούν στις προσδοκίες των ασθενών και στη ζήτηση της αγοράς. Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται μερικές από τις προκλήσεις των EMRs:

- Βασική πρόκληση είναι η υγεία των ασθενών.
- Κύριο στοιχείο αποτελεί ο χρόνος εκτός λειτουργίας συστήματος.
- Είναι φανερό ότι, δεν υπάρχουν πρότυπα δεδομένων και πληροφοριών.
- Χρειάζεται υψηλός χρόνος παροχής.
- Παρουσιάζονται προκλήσεις διαλειτουργικότητας.
- Τέλος, υπάρχουν διάσπαρτα τα δεδομένα των ασθενών.

3.3.4 Οι νομικές προκλήσεις

Το μόνο στοιχείο που είναι σίγουρο είναι ότι, από αυτές τις προκλήσεις, αν αντιμετωπιστούν απλώς ως ζητήματα σχετικά με την ευαίσθητη υγειονομική περίθαλψη και τα ιατρικά δεδομένα των ασθενών, θα οδηγήσουν στο συμπέρασμα ότι, αυτοί οι υφιστάμενοι EMR (επίσης EHR) είναι επιρρεπείς σε κυβερνοεπιθέσεις και κλοπή ψηφιακών δεδομένων. Ένα αντίστοιχης αναφοράς παράδειγμα είναι η επίθεση ransomware Wanna Cry του 2017, όπου πολλοί υπολογιστές των παρόχων υπηρεσιών υγείας είχαν πέσει θύματα χάκερ. Ας αναφερθεί ότι, επιθέσεις όπως είναι η AnthemInc και η SingHealth υπονόμισαν το ευαίσθητο ιατρικό ιστορικό του ασθενούς. Είναι γεγονός ότι, με βάση τις αναφορές από το HippaJournal, αναφέρθηκαν περίπου 5.127 περιπτώσεις παραβιάσεις δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης μεταξύ 2009 και 2022. Το αποτέλεσμα το οποίο εξάγεται είναι ότι, αυτές οι παραβιάσεις δεδομένων είχαν επέφεραν την έκθεση 268.189.693 αρχείων υγειονομικής περίθαλψης (“Healthcare Data Breach Statistics”, 2023).



Εικόνα 5: Παραβιάσεις δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης (πηγή: HealthcareDataBreachStatistics 2023 ανακτηση 03/05//2023).

Όμως, εκτός από την αντιμετώπιση των ευαίσθητων καταστάσεων των ασθενών, η διαλειτουργικότητα αποτελεί μείζονα πρόκληση για τα EMR. Έτσι λοιπόν γίνεται φανερό ότι, η βελτίωση της διαλειτουργικότητας στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης αποτελεί υψηλή προτεραιότητα για τα συστήματα διαχείρισης της υγείας, τους κλινικούς ιατρούς, τους ασθενείς και κάθε άλλο ενδιαφερόμενου μέρους.

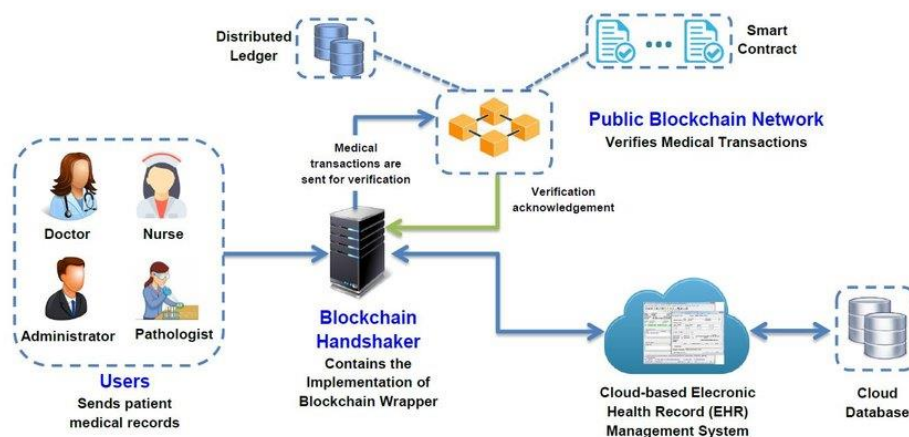
3.3.5 Συστήματα Ηλεκτρονικής εγγραφής αρχείων με τεχνολογία Blockchain

Σύμφωνα με την ανάλυση του Blockchain, μια συναλλαγή στο πλαίσιο της υγειονομικής περίθαλψης είναι πιθανόν να περιέχει τεκμηρίωση και δεδομένα των ιατρικών υπηρεσιών που παρέχονται σε έναν ασθενή. Αυτό λοιπόν σημαίνει ότι, τα έγγραφα και τα δεδομένα μπορεί να αποτελούνται από ιατρικές εκθέσεις, από εκθέσεις απεικόνισης, το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς και τα δημογραφικά δεδομένα. Είναι φανερό ότι, στα συστήματα Ηλεκτρονικής εγγραφής αρχείων που βασίζονται στο Blockchain, τα αρχεία του ασθενούς δίνονται στο Blockchain και χαρτογραφούνται με την ψηφιακή ταυτότητα του ασθενούς για μελλοντικές αναφορές και κοινή χρήση με άλλες εφαρμογές. Είναι αναμενόμενο στις προτεινόμενες λύσεις, τα ιατρικά αρχεία να αποθηκεύονται με την άδεια προβολής και τις οδηγίες ανάκτησης.

Στο πλαίσιο που βασίζεται στο Blockchain, τα ιατρικά δεδομένα και τα αρχεία των ασθενών διατηρούνται από μία πηγή. Αυτό σημαίνει ότι, κάθε φορά που ένας γιατρός ή ένας ιατρικός επαγγελματίας δημιουργεί ένα αρχείο, αυτό υποβάλλεται σε επεξεργασία με μια μηχανή ανάλυσης δεδομένων και αποθηκεύεται σε μια τοπική βάση δεδομένων. Εν συνέχεια, οι άδειες προβολής ενεργοποιούνται από τον ασθενή με βάση την κρυπτογράφηση δημόσιου κλειδιού και μέσα από αυτόν τον τρόπο τα δεδομένα εισάγονται στο δίκτυο Blockchain. Αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι, οι επιχειρηματικές απαιτήσεις ορίζουν ποια δεδομένα θα πρέπει να αποθηκεύονται εκτός αλυσίδας και στην αλυσίδα. Οι βασικές ιδιότητες της ασφάλειας, της δυνατότητας μετεγκατάστασης και της διανομής εφαρμόζονται στις αποθηκευμένες

πληροφορίες, ανεξάρτητα από τον τρόπο που χρησιμοποιούνται. Είναι λογικό ότι, τα δεδομένα που παράγονται από τις συσκευές IoT, τα wearables, τους αισθητήρες και άλλες μικροσυσκευές μπορούν ακόμη, να συμπεριληφθούν στο σύστημα για να οδηγήσουν σε μία καλύτερη λήψη των ιατρικών αποφάσεων βάσει των δεδομένων.

Αξίζει να γίνει αναφορά σε άλλα ενδιαφερόμενα μέρη του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης, τα οποία μπορούν να έχουν πρόσβαση σε ιατρικά αρχεία, χρησιμοποιώντας έξυπνες συμβάσεις με βάση το Blockchain. Επομένως, αυτές οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να παρέχουν πρόσβαση δεδομένων βάσει των όρων και των συμφωνιών που έχουν συνταχθεί στη σύμβαση. Μέσα από όλη αυτήν τη διαδικασία, οι ασθενείς έχουν πλήρη έλεγχο των ιατρικών αρχείων και πληροφοριών τους, ενώ άλλοι πάροχοι, όπως είναι οι γιατροί, μπορούν να αποκτήσουν πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες μόνο μετά την απόκτηση της απαιτούμενης άδειας (Int J Environ Res Public Health., 2022).



Εικόνα 6: Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική Συστήματος Συστημάτων Ηλεκτρονικής Διαχείρισης Αρχείων Υγείας που βασίζονται σε Blockchain (πηγή: Hangli Ge ,2021).

3.3.6 Οφέλη των συστημάτων που λειτουργούν με Blockchain

Ένα αδιαμφισβήτητο στοιχείο είναι ότι, τα συστήματα EMR, τα οποία βασίζονται σε blockchain έχουν εντυπωσιακά οφέλη, όσον αφορά την προστασία των ιατρικών δεδομένων και του ιστορικού των ασθενών. Παρουσιάζονται επιγραμματικά και ενδεικτικά μερικά από τα οφέλη αυτών των συστημάτων:

1. Οι ασθενείς γίνονται κύριοι των δεδομένων τους καθώς κατέχουν και ελέγχουν την πρόσβαση στα ιατρικά τους δεδομένα. Γι' αυτό το λόγο δεν χρειάζεται να ανησυχούν για την απώλεια αυτών των δεδομένων για μελλοντικές αναφορές και μπορούν ακόμη να τα μοιραστούν με άλλους φορείς χρησιμοποιώντας ασφαλείς συμβάσεις.
2. Τα συγκεκριμένα δεδομένα ελέγχονται από ένα δίκτυο Blockchain και καμία οντότητα δεν μπορεί να επηρεάσει ολόκληρο το δίκτυο. Αυτό δείχνει ότι, τα ιατρικά δεδομένα των ασθενών είναι διαθέσιμα όλη την ώρα, καθώς δεν υπάρχει χρόνος εκτός λειτουργίας για αυτά τα συστήματα.

3. Είναι σίγουρο ότι, τα δεδομένα είναι ασφαλή με τη χρήση κρυπτογράφησης δημόσιου κλειδιού και μπορούν να ξεκλειδωθούν μόνο με τη χρήση του μηχανισμού ιδιωτικού δημόσιου κλειδιού του Blockchain.
4. Το Blockchain παρέχει ταυτόχρονα δυνατότητες ελέγχου και μη αποποίησης ευθυνών. Εξάλλου, τα δεδομένα για το Blockchain είναι αμετάβλητα και έχουν χρονική σήμανση.
5. Είναι αλήθεια ότι, η έξυπνη σύμβαση καταργεί τις εξαρτήσεις από τους διαμεσολαβητές και επιτρέπει στους ενδιαφερόμενους φορείς της υγειονομικής περίθαλψης να αλληλεπιδρούν με ασφάλεια με τα ιατρικά αρχεία του ασθενούς, με βάση τα δικαιώματα πρόσβασης που παρέχει ο ασθενής ή ο πάροχος υπηρεσιών (Int J Environ Res Public Health, 2022).

3.4 Blockchain στα Ηλεκτρονικά Αρχεία Υγείας και το Σύστημα Πληροφοριών Υγείας

Στην ενότητα αυτήν θα παρουσιαστούν συντόμως τα Ηλεκτρονικά Αρχεία Υγείας (EHR), τα Προσωπικά Αρχεία Υγείας (PHR) και το Σύστημα Πληροφοριών Υγείας (HIS). Αποδεδειγμένα, τα τελευταία δύο χρόνια, το Blockchain έχει ανακαλύψει εκ νέου τον τρόπο με τον οποίο τα ηλεκτρονικά αρχεία υγείας των ασθενών αποθηκεύονται και μοιράζονται μεταξύ τους μέσω ενός ασφαλούς περάσματος για την ανταλλαγή πληροφοριών υγείας. Έτσι λοιπόν, το Medical Blockchain είναι ένα εκτεταμένο και αποκλειστικό σύστημα, όπου οι ασθενείς έχουν τα πλήρη προσωπικά ιατρικά τους αρχεία, έτσι η αποθήκευση και η ανταλλαγή των δεδομένων υγείας και της ιατρικής μεταξύ των μερών είναι ασφαλής και αξιόπιστη. Είναι προφανές ότι, το σύγχρονο ιατρικό blockchain έχει κάποια θεμελιώδη χαρακτηριστικά, όπως είναι η ασφάλεια αποθήκευσης, η ασφαλή ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων, η προστασία απορρήτου, η αμεταβλητότητα και η διαλειτουργικότητα.

Επιπροσθέτως, η Ανταλλαγή Πληροφοριών για την Υγεία (HealthInformation Exchange, HIE) έχει σχεδιαστεί για να διασφαλίζει ότι τα δεδομένα των ασθενών από την EHR μοιράζονται με άλλους ενδιαφερόμενους φορείς με τρόπο που χαρακτηρίζεται από ασφάλεια, από αποτελεσματικότητα και από ακρίβεια. Βέβαια, λαμβάνοντας υπόψη τις υπάρχουσες συνθήκες, υπάρχουν προκλήσεις ενσωμάτωσης γύρω από τα HIEs, και λειτουργούν ως επί το πλείστον, σε απομονωμένες πλατφόρμες. Σίγουρο είναι ότι, το Blockchain, που υποστηρίζεται από την ανταλλαγή και την εμπιστοσύνη, είναι μια λύση για τα κατακεκολλημένα συστήματα EHR, τα οποία θα μπορούσαν να επιτρέψουν τη λήψη κλινικών αποφάσεων στο οικοσύστημα υγείας, από την τηλεϊατρική έως την ασφάλιση. Είναι γεγονός ότι το σύστημα EHR είναι μία από τις προτιμώμενες περιπτώσεις χρήσης του DLT στην υγειονομική περίθαλψη περιλαμβάνοντας ακόμη εργαστηριακά συστήματα πληροφοριών, συστήματα ακτινολογίας, IoMT (Internet of Medical Things), συνδεδεμένες συσκευές, βάση δεδομένων του ασφαλιστικού φορέα.

3.4.1 Εισαγωγή στα συμβατικά συστήματα EHR

Τα υπάρχοντα συστήματα EHR είναι, ως κυρίως μοντέλα που βασίζονται σε client-server και αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν σχεσιακές βάσεις δεδομένων και

web/mobile-based front-end εφαρμογές για την εισαγωγή δεδομένων και για την πρόσβαση στα δεδομένα. Μέσα από μία χρονική ανασκόπηση, οι EHR έχουν αρχίσει να αποτελούν ένα από τα βασικά συστατικά του συστήματος πληροφοριών για την υγεία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ανταλλαγή ιατρικών δεδομένων ψηφιακά από τον ένα στον άλλο έχει γίνει συνήθης και πολλοί ιατρικοί οργανισμοί σε ολόκληρο τον κόσμο υλοποιούν δίκτυα EHR και HIE.

Πίνακας 3. Διαφορές μεταξύ EHR (ηλεκτρονικά ιατρικά αρχεία), EMR (Ηλεκτρονικά Αρχεία Υγείας) και PHR (Προσωπικά Αρχεία Υγείας) (<https://www.techtarget.com/searchhealthit/definition/electronic-health-record-EHR;> <https://prohealthware.com/el/differences-between-electronic-medical-records-emr-and-electronic-health-records-ehr/>).

Είδος	EMR	EHR	PHR
Δεδομένα	Μόνο κλινικά αρχεία	Κλινικά αρχεία και αρχεία που ελήφθησαν από άλλα ενδιαφερόμενα μέρη	Περιέχει δεδομένα EMR και EHR, μαζί με τα προσωπικά δεδομένα ενός ασθενούς
Καταναλωτής	Ένας επαγγελματίας υγείας σε ένα ιατρείο ή μια εγκατάσταση	Επαγγελματίες υγείας σε νοσοκομεία, εργαστήρια, φαρμακεία, ασφαλιστικούς φορείς, ασθενείς κ.λπ.	Μόνο ασθενείς
Τύπος εγγραφών	Ιατρικό ιστορικό, συνταγές και τρέχουσες συνθήκες υγείας	Ψηφιακά αρχεία πληροφοριών υγείας ασθενών που συλλέγονται από διαφορετικές πηγές	Πληροφορίες που εισάγονται από ασθενείς, καθώς και δεδομένα από άλλες πηγές, όπως φαρμακεία, εργαστήρια, παρόχους φροντίδας και έξυπνες συσκευές

Πρόσβαση-Έλεγχος	Μπορεί να εισαχθεί, να συλλεχθεί, να διαχειριστεί και να συμβουλευτεί ένα εξουσιοδοτημένο άτομο σε μια ενιαία εγκατάσταση υγειονομικής περίθαλψης	Πληροφορίες που δημιουργούνται, διαχειρίζονται και συμβουλευονται εξουσιοδοτημένοι κλινικοί γιατροί σε πολλά ιδρύματα υγειονομικής περίθαλψης	Μόνο με επίκεντρο τον ασθενή
------------------	---	---	------------------------------

Αυτό που αναδεικνύεται είναι ότι τα EHR είναι πλέον υπό τον έλεγχο των φορέων που είναι αρμόδιοι για τα συστήματα υγείας, συμπεριλαμβανομένων των ιατρών, των νοσοκομείων, των ασθενών, των ελεγκτών και των ασφαλιστικών φορέων. Είναι ευρέως διαδεδομένα στην ιατρική περίθαλψη και στα εργαλεία λήψης αποφάσεων για τη συνταγογράφηση φαρμάκων, αντλώντας τις ιατρικές πληροφορίες του ασθενούς. Ας μην ξεχνάμε ότι οι σύγχρονες EHR επιτρέπουν ακόμη την εικονική διαβούλευση και τις εγκαταστάσεις τύπου τηλεϊατρικής.

Φαίνεται ότι, τα σύνολα δεδομένων των EHR έχουν εξελιχθεί. Αυτό σημαίνει ότι αρχικά μόνο τα ιατρικά δεδομένα των ασθενών εισήχθησαν αρχικά στην EHR, αλλά τα ιατρικά δεδομένα από τα εργαστήρια διαδρομής, τα εργαστήρια και τα ψυχικά δεδομένα και τα δεδομένα συμπεριφοράς συμπεριλήφθηκαν επιπλέον στο σύνολο των δεδομένων EHR με την πάροδο του χρόνου. Έτσι, οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης περιλαμβάνουν επίσης δεδομένα που συλλέγονται από φορητές ή κινητές συσκευές σε EHR τώρα. Ένα στοιχείο που δίνεται είναι ότι τα δεδομένα από έξυπνα ρολόγια, έξυπνες συσκευές και IoMT εξετάζονται επίσης για εισαγωγή σε EHR, με στόχο να κάνουν ένα ολοκληρωμένο χάρτη για τον ασθενή. Το συγκεκριμένο ενημερωμένο σύνολο δεδομένων βοηθά τους παρόχους να βελτιώσουν το σχεδιασμό, τα εργαλεία λήψης αποφάσεων και φτάνουν ακόμη στο να δημιουργήσουν νέα επιχειρηματικά μοντέλα. Το μόνο σίγουρο είναι ότι, οι EHR δεν προορίζονται μόνο για νοσοκομεία και μεγάλους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης, χρησιμοποιούνται πλέον τη στιγμή αυτήν, σε κατ' οίκον περίθαλψη, κέντρα νοσηλείας, ΜΚΟ, κ.λπ.

Το στοιχείο που είναι ενδιαφέρον είναι ότι ο κλάδος υγείας βιώνει μια αλλαγή παραδείγματος στον τρόπο με τον οποίο οι ασθενείς αντιμετωπίζουν το ιατρικό τους ιστορικό. Με άλλα λόγια, οι ασθενείς της σύγχρονης εποχής είναι πιο συνειδητοποιημένοι και κυρίως όσον αφορά την υγεία, οδηγώντας σε πιο προσωπική χρήση των EHR. Για αυτόν λοιπόν τον λόγο, οι PHRs είναι τώρα συνδεδεμένοι με EHRs και χρησιμοποιούνται ευρέως. Είναι αλήθεια ότι τα δεδομένα από τις προσωπικές συσκευές υγείας, όπως μπορεί να αναφερθεί για παράδειγμα, τα ρολόγια της Apple, τα FitBits, κ.α, και οι εκτιμήσεις των ασθενών (ιατρικές ή μη ιατρικές) βοηθούν τους επαγγελματίες υγείας να συμβουλεύουν τους ασθενείς. Ας μην

παραληφθεί ότι, οι PHR παλεύουν με τον μεγάλο όγκο δεδομένων που έχουν συλλεχθεί για τη δημιουργία ενός καλύτερου εργαλείου λήψης αποφάσεων. Αυτό οδηγεί και δείχνει επίσης, μία έλλειψη συναίνεσης σχετικά με την επιτυχία τους. Μέσα από όλη αυτήν την αναφορά, φαίνονται να είναι εξαιρετικά τα στοιχεία σχετικά με τις EHR μέχρι αυτό το σημείο, Μάλιστα, οι σύγχρονες EHR μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες υγείας του παγκόσμιου πληθυσμού (Ratwani, 2017; Evans, 2016).

3.4.2 Περιορισμοί ενός συστήματος EHR

Αρχικά, πρέπει να τονιστεί ότι οι EHR έχουν θεωρηθεί εργαλείο, το οποίο παρέχει την ευκαιρία εξορθολογισμού των υπηρεσιών υγείας και ιατρικής περίθαλψης και διαγραφής όλων των ζητημάτων που προκύπτουν από τα κατακερματισμένα συστήματα ιατροφαρμακευτικής περίθαλψης. Αυτό δείχνει ότι οι ΥΕ εκτίθενται επίσης σε διάφορες κρίσιμες, εξελισσόμενες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

- *Προστασία προσωπικών δεδομένων και ασφάλεια:*
Στη σύγχρονη εποχή, οι ασθενείς ανησυχούν περισσότερο για τα ιατρικά δεδομένα τους, καθώς η υγειονομική περίθαλψη και τα ιατρικά δεδομένα τους συλλέγονται από πολλαπλούς διαύλους και αντιμετωπίζονται από πολλά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης, συμπεριλαμβανομένων των EHR, PHRs και EMRs. Οι ανησυχίες αυτές δεν είναι τυχαίες, καθώς σχετίζονται με την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων και δεν είναι μύθος. Με άλλα λόγια, το ransomware του Ryuk και η κρίση του UVMHealthNetwork είναι μόνο μερικά περιστατικά μαζικών κυβερνοεπιθέσεων τα τελευταία χρόνια. Όπως φαίνεται, ο αριθμός των επιθέσεων σε οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια. Πλέον, οποιαδήποτε παραβίαση της ασφάλειας οδηγεί σε νομικά προβλήματα και οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να δαπανήσουν ένα τεράστιο ποσό για τη διευθέτηση της διαφοράς. Σίγουρα, αποτελεί πρωταρχική ευθύνη των παρόχων να διασφαλίζουν την ασφάλεια των δεδομένων και την ιδιωτικότητα των EHR (<https://www.adsc.com/blog/top-risks-and-limitations-of-ehr-software>).
- *Διαλειτουργικότητα:* Η παράμετρος αυτή αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά σημεία πώλησης των EHR. Αυτό βοηθάει τους ιατρούς να συνεργαστούν και να έχουν άμεση πρόσβαση στα δεδομένα των ασθενών. Βεβαίως, όλα αυτά ακούγονται φοβερά, αλλά η διαλειτουργικότητα είναι χάος προς το παρόν. Αυτό σημαίνει ότι εξακολουθεί να αποτελεί τεράστια πρόκληση για τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να σχεδιάσουν ένα διαλειτουργικό σύστημα που να επιτρέπει τη μεταφορά πληροφοριών για την υγειονομική περίθαλψη μεταξύ των ενδιαφερομένων. Μέχρι τώρα, η ταυτοποίηση των ασθενών δεν είναι τυποποιημένη σε EHRs, γεγονός που συχνά καθιστά δύσκολο να ταιριάξει έναν ασθενή με τα αρχεία του (<https://www.allianz.com/en/press/news/commitment/sponsorship/161018-insurers-and-reinsurers-launch-blockchain-initiative->).

- *Σύνθετα κληροδοτημένα συστήματα:* Όπως φαίνεται πολλές ιατρικές εγκαταστάσεις και οργανισμοί εξακολουθούν να μην διαθέτουν ενημερωμένα συστήματα ή περίπλοκα κληροδοτημένα συστήματα για λειτουργίες τεχνολογίας πληροφορικής. Αυτό που πρέπει να γίνει είναι τα κληροδοτημένα συστήματα να μεταφερθούν σε συστήματα που βασίζονται σε νέφη για καλύτερη λειτουργική αποδοτικότητα και τυποποίηση, αλλά η αναβάθμιση και ο εκσυγχρονισμός του ιατρικού εξοπλισμού και των συσκευών θα χρειαστεί κάποιο χρόνο, ιδίως αν αυτό σημαίνει πλήρη αναμόρφωση (<https://www.allianz.com/en/press/news/commitment/sponsorship/161018-insurers-and-reinsurers-launch-blockchain-initiative->).
- *Προκλήσεις τυποποίησης δεδομένων:* Στην περίπτωση αυτήν, οι εφαρμογές EHR δεν είναι τυποποιημένες. Δηλαδή, δεν υπάρχουν πρότυπα του κλάδου για τη συλλογή και την αποθήκευση δεδομένων ασθενών. Επομένως, κάθε σύστημα EHR χειρίζεται διαφορετικά τα δεδομένα των ασθενών, προκαλώντας προκλήσεις διαλειτουργικότητας, λειτουργίας και συντήρησης δεδομένων για ένα συνδεδεμένο σύστημα EHR. Αυτό δείχνει ότι η πρόληψη των προβλημάτων τυποποίησης δεδομένων θα απαιτήσει αλλαγές σε ολόκληρο τον κλάδο και ανταλλαγή ιδεών (Menachemi, 2011).

Μεταφορά δεδομένων: Είναι φανερό ότι, πολλές εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης βρίσκονται ακόμη στη διαδικασία ψηφιοποίησης και είναι εφιάλτης η εξαγωγή έντυπων αρχείων σε ψηφιακά αρχεία. Μπορεί να υπάρχουν περιπτώσεις που να εισάγονται αυτοματοποιημένες διαδικασίες που να βασίζονται σε AI- και ML για την ολοκλήρωση αυτού του ψηφιακού μετασχηματισμού χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση, είναι όμως μια μεγάλη πρόκληση εφαρμογής EHR για τις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης και η προσπάθεια διπλασιάζεται αν δεν υπάρχει κατάλληλη μορφή στο προηγούμενο σύστημα. Ακόμη, ας μην παραληφθεί το γεγονός ότι, το Blockchain θα βοηθήσει στην παροχή τυποποιημένων και ποιοτικών δεδομένων για την ανάπτυξη αποτελεσματικών μοντέλων ML (Chamikara, 2019).⁷²

- *Πολύπλοκη παρακολούθηση πόρων:* Το χαρακτηριστικό αυτό δείχνει ότι η παρακολούθηση μόνιμων στοιχείων μέσω της EHR είναι μια μεγάλη ευκαιρία, καθώς το ιατρικό προσωπικό μπορεί να βρει σχεδόν οτιδήποτε χρησιμοποιώντας RFID ή Barcode. Ωστόσο, το αρνητικό σημείο είναι ότι οι ανεπαρκώς σχεδιασμένες EHR μπορούν να εμποδίσουν την εργασία των επαγγελματιών και να καταστήσουν τις EHR ευθύνη για τα νοσοκομεία (Chamikara, 2019).⁷²

3.4.3 EHR που βασίζονται σε blockchain

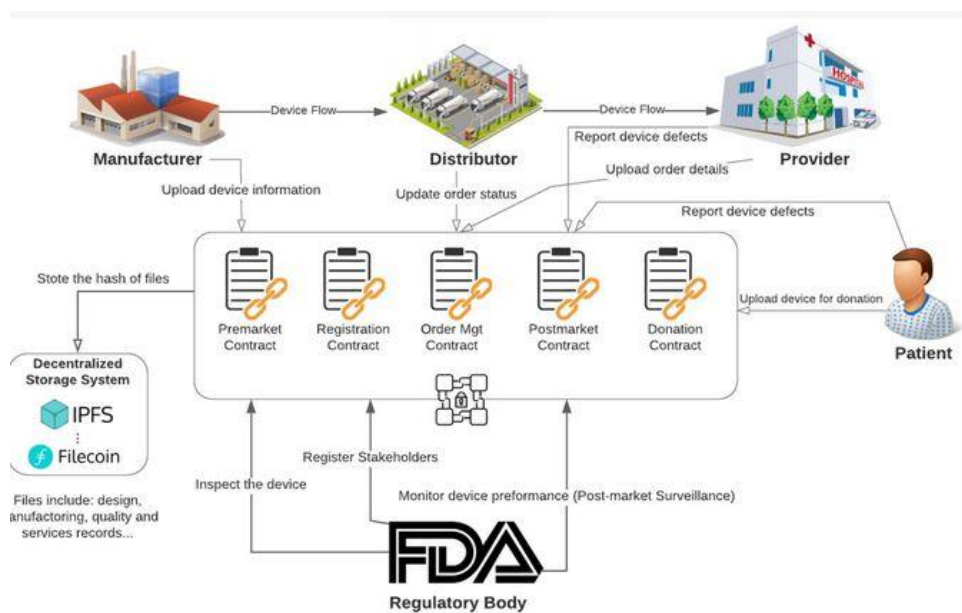
Αξίζει να τονιστεί το γεγονός ότι με την αυξημένη εξειδίκευση και την ψηφιοποίηση των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης και τη συχνή κινητικότητα των ασθενών, η πρόσβαση σε υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης σε όλο το φάσμα των ιατρικών εγκαταστάσεων για διάγνωση και θεραπεία έχει γίνει συνήθης. Αυτό σημαίνει ότι τα εμπλουτισμένα με δεδομένα EHR βοηθούν τους ιατρούς να λαμβάνουν άμεσες, ασφαλείς και αποτελεσματικές κλινικές αποφάσεις, ωστόσο, οι αναφερόμενες προκλήσεις είναι εμπόδια στο πραγματικά διαλειτουργικό και ασφαλές σύστημα EHR.

Βέβαια, οι νέες τεχνολογίες όπως AI, Cloud, ML, IoT/ IoMT (internet of Medical Things) και Blockchain μπορούν να βοηθήσουν στο σχεδιασμό ενός νέου τύπου EHR εφαρμόζοντας την βασική αρχή αυτών των τεχνολογιών (“Case ReportHealthcare Informatics Research” 2019).

Έχει αναφερθεί το στοιχείο που αφορά τα χαρακτηριστικά του Blockchain στα προηγούμενα κεφάλαια, τα οποία έχουν την πραγματική δυνατότητα να μετατρέψουν την υγειονομική περίθαλψη και να φέρουν τον ασθενή στο κέντρο του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης. Με άλλα λόγια, οι ασθενείς μπορούν να είναι οι κύριοι των ιατρικών τους δεδομένων και να αποφασίζουν για την κατανάλωση προσωπικών τους δεδομένων. Αυτό δείχνει ότι το Blockchain μπορεί να φέρει ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο για την ανταλλαγή πληροφοριών υγείας, καθιστώντας ασφαλείς και αποτελεσματικές EHR.

Οι EHR νέας εποχής με τη σειρά τους μπορούν να αναπτυχθούν πάνω από το Blockchain μόνο με την εφαρμογή τριών βασικών αρχών του Blockchain. Αυτές οι αρχές είναι:

- Δημιουργία ασφαλών, αμετάβλητων και αξιόπιστων ιατρικών εγγραφών
- Δημιουργία και σύνδεση ταυτοτήτων με παράλληλη διασφάλιση της ανωνυμίας των δεδομένων των ασθενών και άλλων συναλλακτικών δεδομένων
- Καταγραφή και διαχείριση της συναίνεσης των ασθενών για την ανταλλαγή ιατρικών και υγειονομικών δεδομένων



Εικόνα 7: Σύστημα παρακολούθησης logistics που βασίζεται σε blockchain (πηγή : Dounia Marbouh, 2022)

Αυτό σημαίνει ότι οι διατάξεις με βάση το blockchain θεωρούνται ως ένα εργαλείο για την αποτελεσματικότερη διαχείριση της διαλειτουργικότητας (τουλάχιστον στα χαρτιά). Εξάλλου πολλές EHR με βάση το Blockchain δικάζονται ή δεν έχουν εκτοξευθεί σε πλήρη δυναμικότητα, γι' αυτόν τον λόγο το Blockchain βρίσκεται υπό πίεση για να αποδείξει την ικανότητα να ξεπεραστούν οι προκλήσεις γύρω από τις παραδοσιακές

EHR. Ακολούθως, οι EHR της νέας γενιάς πρέπει να εκσυγχρονιστούν με άγνωστες ρυθμιστικές και νομικές απαιτήσεις. Είναι προφανές ότι, πολλοί οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης και νοσοκομεία πειραματίζονται με EHR και συστήματα διαχείρισης δεδομένων με βάση το Blockchain με διαφορετικά πλαίσια Blockchain (Faruk, 2022).

3.4.4 *Είδη αλυσίδων μπλοκ για δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης*

Υπάρχουν τρεις τύποι δικτύων Blockchain: Τα Δημόσια, τα Ιδιωτικά και τα Consortium Blockchain. Τα συγκεκριμένα δίκτυα Blockchain περιγράφουν τις συμπεριφορές των συμμετεχόντων κόμβων σε ένα δίκτυο για συναλλαγές και επικυρώσεις. Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι Blockchain που εφαρμόζονται στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης για διαφορετικές περιπτώσεις χρήσης:

- **Public Blockchain:** Ειδικότερα, αν ένα σύστημα υγειονομικής περίθαλψης είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε οποιοσδήποτε σε όλο τον κόσμο να μπορεί να συμμετέχει σε αυτό, εμπίπτει σε ένα δημόσιο δίκτυο. Με άλλα λόγια, τα δημόσια δίκτυα τύπου blockchain είναι χτισμένα πάνω σε πλαίσια όπως το Ethereum. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, ο τύπος Blockchain τρέχει συναινετικούς αλγορίθμους όπως το PoW/PoS, το οποίο καθιστά τη διαδικασία επικύρωσης δυσκίνητη. Επιπλέον, είναι φανερό ότι απαιτείται υψηλή ενέργεια για την εκτέλεση των επικυρώσεων. Βέβαια, δεν υπάρχουν προϋποθέσεις πρόσβασης για την ανάγνωση δεδομένων ή την πραγματοποίηση συναλλαγών, έτσι αυτοί οι τύποι blockchain αποφεύγονται στις EHRs ή οπουδήποτε αποθηκεύονται τα ευαίσθητα δεδομένα των ασθενών.
- **Private Blockchain:** Τη συγκεκριμένη κατηγορία αποτελούν κλειστά Blockchain, όπου η πρόσβαση στο σύστημα παρέχεται σε επικυρωμένους και αυθεντικούς χρήστες μέσα σε μια κλειστή ομάδα ή οργανισμό. Το σίγουρο είναι ότι απαιτείται υψηλό επίπεδο αποτελεσματικότητας στην διαδικασία επικύρωσης, καθώς ο αριθμός των συμμετεχόντων κόμβων στο σύστημα είναι περιορισμένος. Εδώ εμφανίζονται ο Monax, ο Hyper Ledger Sawteeth και ο ιδιωτικός Ethereum ως παραδείγματα ιδιωτικών Blockchain και η Synaptic Health Alliance είναι ένα παράδειγμα ιδιωτικής ή επιτρεπόμενης Blockchain. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι το πλαίσιο πολλαπλών αλυσίδων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ενός ιδιωτικού/επιτρεπόμενου blockchain.
- **Consortium Blockchain:**
Σε μια κοινοπραξία blockchain, κόμβοι από πολλούς οργανισμούς ή επιχειρήσεις κυβερνούν το δίκτυο με πολύ μεγαλύτερη ιδιωτικότητα. Συνεργάζονται για να μοιράζονται και να αλλάζουν πληροφορίες μέσω αυτής της πλατφόρμας για να διατηρούν τη ροή εργασίας, την επεκτασιμότητα και τη λογοδοσία. Ως τέτοιος τύπος blockchain, μια κοινοπραξία αντικατοπτρίζει ορισμένα χαρακτηριστικά μιας ιδιωτικής και δημόσιας αλυσίδας μπλοκ, όπως η ιδιωτικότητα και η επεκτασιμότητα. Ωστόσο, διατηρεί μια διαφορά μειώνοντας το φορτίο δικτύου όπου

συμβάλλει ένας ελεγχόμενος αριθμός κόμβων. Το σύστημα βάσης ψηφοφορίας μέσω λίγων γνωστών συμμετεχόντων είναι ένα άλλο. Όλα αυτά συνδυάζονται για να κάνουν το δίκτυο ελαφρύ και ασφαλές.

Σε αυτό το Blockchain, οι κόμβοι του Blockchain είναι γνωστοί στο δίκτυο. Εδώ παραδείγματα αποτελούν το HyperledgerFabric και το Ripple της επιτρεπόμενης αλυσίδας μπλοκ. Αναλυτικότερα, το δίκτυο Blockchain είναι πολύ πιο προσαρμοστικό για περιπτώσεις χρήσης υγειονομικής περίθαλψης. Έτσι βλέπουμε ότι κατά την επικύρωση μιας συναλλαγής σε αυτό το δίκτυο, οι επιλεγμένοι κόμβοι πρέπει να επιτύχουν συναίνεση, να δημιουργήσουν ένα νέο μπλοκ και να οριστικοποιήσουν τη διαδικασία. Επομένως, τα δημοφιλή παραδείγματα που το στηρίζουν είναι το B3i, (https://www.swissre.com/dam/jcr:d560374e-d7ba-4472-a28c-1f53f932303b/2017_09_25_B3i_blockchain_insurance.pdf; <https://www.allianz.com/en/press/news/commitment/sponsorship/161018-insurers-and-reinsurers-launch-blockchain-initiative-b3i.html>) ένα δίκτυο περίπτωσης ασφαλιστικής χρήσης και το Δίκτυο χρησιμότητας υγείας είναι ένα δημοφιές παράδειγμα ομοσπονδιακού blockchain.

3.4.5 Στοιχεία ενός συστήματος EHR που βασίζεται σε Blockchain

Αναλύοντας, ας εξεταστεί η αρχιτεκτονική ενός συστήματος EHR με βάση το Blockchain και τα συστατικά του. Εδώ παρουσιάζονται οι πιθανοί ενδιαφερόμενοι φορείς ή φορείς που συμμετέχουν στο δίκτυο:

- Ασθενής: Ειδικότερα, ένας ασθενής είναι βασικός μέτοχος στο οικοσύστημα καθώς εισάγει προσωπικά ιατρικά και υγειονομικά δεδομένα, ή δεδομένα από έξυπνες συσκευές/ΙοMT εισάγονται στις EHRs. Κατά τον ίδιο τρόπο, τα δεδομένα των ασθενών μπορούν να αντληθούν από διαφορετικά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα EHR. Με άλλα λόγια, είναι ο κύριος των δεδομένων του και μπορεί να αντλήσει πολιτικές ελέγχου πρόσβασης για την έκθεση δεδομένων σε ένα σύστημα EHR βασισμένο σε Blockchain.
- Πάροχος: Αναλυτικότερα, οι πάροχοι είναι οι καταναλωτές των δεδομένων των ασθενών, αφού αυτό που πρέπει να κάνουν είναι να αναλύουν τα ιατρικά δεδομένα και να συμβουλεύουν τον ασθενή. Στην κατηγορία αυτήν της υγειονομικής περίθαλψης θα μπορούσαν να είναι νοσοκομεία, ιατροί, γηροκομεία κ.λπ. που έχουν πρόσβαση σε EHR για να συλλέξουν δεδομένα των ασθενών. Είναι λογικό και αναμενόμενο ότι μόνο οι εξουσιοδοτημένοι από τον ασθενή πάροχοι μπορούν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα.

Έξυπνες συσκευές / ΙοMT: Στη συνεχώς αναπτυσσόμενη τεχνολογικά εποχή, τα ιατρικά και ζωτικά δεδομένα συλλέγονται επίσης από έξυπνες συσκευές και θα συλλέγονται από EHRs. Επιπροσθέτως, ας μην ξεχαστεί το γεγονός ότι οι συσκευές ΙοMT, όπως έξυπνες MRIs, εργαστήρια απεικόνισης και συσκευές ακτίνων X είναι συνδεδεμένες με EHRs και τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο εισάγονται σε συστήματα EHR (Chamikara, 2019).

Αυτό που δεν πρέπει να παραληφθεί είναι ότι, τα συστήματα Blockchain EHR εξασφαλίζουν αυτά τα δεδομένα για να πραγματοποιηθεί στην ουσία η ασφάλεια των

ιατρικών αρχείων των ασθενών.

- Σύστημα EHR: Πρόκειται για συστήματα EHR που παραπέμπουν στην υποδομή ή το λογισμικό που αποθηκεύει τα ιατρικά δεδομένα των ασθενών, έτσι ώστε να μπορούν να τα μοιραστούν με άλλους καταναλωτές (ενδιαφερόμενα μέρη) στο σύστημα με βάση την πρόσβαση που παρέχεται από τον ασθενή.
- Κόμβος: Είναι αλήθεια ότι ένας κόμβος στο δίκτυο Blockchain επικυρώνει τη συναλλαγή και στη συνέχεια η ίδια η συναλλαγή αποθηκεύεται στη βάση δεδομένων Blockchain (on-chain/ off-chain). Σχετικά με αυτούς τους κόμβους είναι επίσης υπεύθυνοι για την εκτέλεση του Smart Contract στο δίκτυο Blockchain. Επομένως, στα συστήματα EHR, οι κόμβοι μπορούν να συμμετέχουν σε οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης, νοσοκομεία, μέλη στο δίκτυο, ρυθμιστικές αρχές και διαχειριστές, κλπ.
- Κανονιστικός κόμβος: Είναι πασιφανές ότι, οι ρυθμιστικές αρχές ή οι κυβερνητικές υπηρεσίες απαιτούν ρυθμιστικό κόμβο για τον έλεγχο της συμμόρφωσης των EHR και άλλων συστημάτων. Γενικότερα το συγκεκριμένο χρησιμοποιείται για ελεγκτικούς σκοπούς.
- Blockchain: Εδώ παρατηρείται ότι το στρώμα Blockchain παρέχει δυνατότητες για την εισαγωγή δεδομένων, την ασφάλεια, τον έλεγχο πρόσβασης, τη διανομή κ.λπ. Έτσι, οι βασικές αρχές λειτουργίας του Blockchain εφαρμόζονται.

Η αρχιτεκτονική μοιάζει με τη συμβατική αρχιτεκτονική συστήματος πελάτη-διακομιστή. Είναι αλήθεια ότι, εδώ και σε άλλους τομείς, το Blockchain λειτουργεί ως ένα επιπλέον επίπεδο πάνω στην υπάρχουσα αρχιτεκτονική, επιφέροντας ως αποτέλεσμα τη λειτουργία, την ενσωμάτωση και την υλοποίηση, σε σύγκριση με την αντικατάσταση ολόκληρου του συστήματος με συστήματα βασισμένα στο Blockchain (Gutiérrez, 2020).

3.4.6 Σύγχρονα συστήματα ανταλλαγής πληροφοριών υγειονομικής περίθαλψης (HIS)

Το συμπέρασμα που έχει εξαχθεί είναι ότι τα συστήματα και οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης είναι πολύπλοκα, κατακερματισμένα και εντατικά δεδομένα, καθώς τα δεδομένα παράγονται από διάφορους φορείς υγειονομικής περίθαλψης, όπως οι ασθενείς, οι παρόχοι και τα νοσοκομεία. Όπως λοιπόν ακριβώς υποδηλώνει το όνομα, το HIE είναι μια μέθοδος μεταφοράς των δεδομένων υγείας και ιατρικής των ασθενών ηλεκτρονικά μεταξύ των ενδιαφερομένων φορέων υγειονομικής περίθαλψης. Επομένως, η διαλειτουργικότητα που συνδέεται με τα συστήματα HIE απαιτεί ηλεκτρονική σύνδεση μεταξύ συστημάτων και οργανισμών, με αποτέλεσμα τα δεδομένα των ασθενών να συνδέονται με μια εγκατάσταση για να μπορούν να συνδεθούν και με άλλα συστήματα

(<https://www.healthit.gov/topic/health-it-and-health-information-exchange-basics/health-information-exchange>).

Εξάλλου, τα υφιστάμενα συστήματα ΗΙΕ δεν διαθέτουν ενοποιημένα πρότυπα υγειονομικής περίθαλψης, ούτε ένα μη διαλειτουργικό σύστημα πληροφοριών και την πλατφόρμα ανταλλαγής δεδομένων, αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε θέματα ασφαλούς και απρόσκοπτης συλλογής, ανάλυσης και ανταλλαγής σημαντικών πληροφοριών στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Επομένως, το συμβατικό σύστημα ΗΙΕ χρησιμοποιεί διάφορους τρόπους για την ανταλλαγή πληροφοριών και για την υγειονομική περίθαλψη μεταξύ των ενδιαφερομένων. Τα στοιχεία είναι τα εξής (Hincapie, 2011) :

- Άμεση λειτουργία: Είναι αυτό που υποδηλώνει το όνομα, ο πάροχος ανταλλαγής μοιράζεται απευθείας τα ιατρικά αρχεία του ασθενούς με γνωστούς ενδιαφερόμενους. Στη συνέχεια η μεταφορά δεδομένων πραγματοποιείται με ασφαλή και κρυπτογραφημένο τρόπο. Στην περίπτωση αυτή η μέθοδο λειτουργεί καλά, με την προϋπόθεση ο πάροχος και ο καταναλωτής να είναι γνωστοί και αξιόπιστοι εταίροι και να μπορεί να βελτιώσει τον συντονισμό μεταξύ των οργανισμών ανταλλάσσοντας πληροφορίες ασθενών μέσω ενός ασφαλούς καναλιού.
- Λειτουργία βάσει ερωτημάτων: Σε αυτήν την περίπτωση, η λειτουργία και οι παροχές μπορούν να ζητήσουν πληροφορίες ενός ασθενούς από άλλους παροχές. Εδώ γίνεται κατανοητό ότι, ένα κεντρικό αποθετήριο μοιράζεται τα δεδομένα των ασθενών. Στη συνέχεια, τα ιατρικά δεδομένα συγκεντρώνονται από διαφορετικές ΕΗΡ σε αυτό το repository. Στην περίπτωση αυτή της μεθόδου υπάρχει ένας μηχανισμός για την αποτελεσματική παροχή δεδομένων μεταξύ των ΕΗΡ και για την παροχή υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης στον ασθενή.
- Ανταλλαγή με επίκεντρο τον ασθενή: Σε αυτή τη φάση συμβαίνει τα ιατρικά αρχεία να μεταφέρονται από τους παρόχους στους ασθενείς. Έτσι υπάρχει η δυνατότητα στους ασθενείς να συμμετάσχουν στη διαδικασία περίθαλψης και να διαχειρίζονται τις πληροφορίες υγειονομικής περίθαλψης. Είναι λοιπόν, φανερό ότι διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στο σύστημα ανταλλαγής υγειονομικής περίθαλψης. Η κύρια ιδιότητα αυτού του μοντέλου ενισχύει τον έλεγχο πρόσβασης στα ιατρικά και υγειονομικά δεδομένα των ασθενών.

3.4.7 Το μοντέλο λειτουργίας και οι προκλήσεις της ΗΙΕ

Τα συμπεράσματα είναι ότι τα σύγχρονα συστήματα ΗΙΕ επεξεργάζονται και ανταλλάσσουν τεράστιους όγκους δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης κάθε μέρα, και οι ασθενείς αναμένουν βελτιωμένες διαδικασίες υγειονομικής περίθαλψης και συντονισμένη και ποιοτική φροντίδα με βάση τα δεδομένα που ανταλλάσσονται. Επειδή έχουν έτσι τα πράγματα, οι ασθενείς ανησυχούν για την προστασία των προσωπικών δεδομένων και την ασφάλεια, καθώς μεγάλο μέρος των προσωπικών δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης από πολλαπλά κανάλια μοιράζονται μεταξύ πολλών ενδιαφερομένων. Υπάρχουν μάλιστα, περιπτώσεις που τα στοιχεία των ασθενών ανταλλάσσονται χωρίς τη συγκατάθεσή τους. Όμως αυτό που είναι αλήθεια είναι ότι στη σύγχρονη υγειονομική περίθαλψη, οι ασθενείς είναι ένας πρωταρχικός και σημαντικός μέτοχος του συστήματος ΗΙΕ και ένας σημαντικός παραγωγός

πληροφοριών για την υγεία μέσω διαφόρων διαύλων. Οι προαναφερθέντες προκλήσεις μπορεί να τραβήξουν μακριά έναν ασθενή από την ανταλλαγή πληροφοριών υγειονομικής περίθαλψης μέσω των συστημάτων ΗΙΕ (Vest, 2010).

Εντούτοις, οι οργανισμοί υγειονομικής περίθαλψης γνωρίζουν καλά αυτά τα δεδομένα και έχουν δοκιμάσει διαφορετικές προσεγγίσεις για την ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των φορέων υγειονομικής περίθαλψης. Στο σημείο αυτό ακολουθούν μερικές από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα σύγχρονα συστήματα ΗΙΕ:

- Ανησυχία των ασθενών για την προστασία της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας των δεδομένων στον τομέα της υγείας
- Έλλειψη ελέγχου των πρακτικών συλλογής δεδομένων
- Έλλειψη διαφάνειας σε σχέση με τον μηχανισμό και την προσέγγιση της ανταλλαγής δεδομένων
- Προκλήσεις διαλειτουργικότητας
- Περιορισμένη πρόσβαση τρίτων σε δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης
- Προκλήσεις εξαγωγής δεδομένων
- Ανεπάρκεια των προτύπων ηλεκτρονικής ανταλλαγής πληροφοριών για την υγεία
- Ασάφεια στη χαρτογράφηση των ασθενών στους ιατρικούς τους φακέλους (Vest, 2013).

3.4.8 Η εδραίωση της εμπιστοσύνης στο ΗΙΕ μέσω της τεχνολογίας Blockchain

Αναδεικνύεται ότι ο πρωταρχικός στόχος των οργανισμών υγειονομικής περίθαλψης είναι να έχουν την εμπιστοσύνη του ασθενούς στο σύστημα ανταλλαγής πληροφοριών. Μάλιστα, η εμπιστοσύνη δεν είναι κάτι που μπορεί να οικοδομηθεί αυτόματα. Αντίθετα, είναι μια μακροχρόνια σχέση ασθενούς-παρόχου. Αυτό σημαίνει ότι, η ανταλλαγή πληροφοριών υγειονομικής περίθαλψης είναι εύκολη εάν οι ασθενείς εμπιστεύονται το σύστημα ή τον οργανισμό, αλλά αυτό δεν ισχύει εάν οι ασθενείς έχουν προβλήματα εμπιστοσύνης με τον τρόπο λειτουργίας των υφιστάμενων ΗΙΕ και τον τρόπο χειρισμού των δεδομένων τους. Σε αυτήν την περίπτωση, η τεχνολογία Blockchain μπορεί να βοηθήσει τους οργανισμούς να οικοδομήσουν εμπιστοσύνη με τους ασθενείς, καθώς το ίδιο το Blockchain είναι ένα σύστημα χωρίς αλήθεια και εμπιστοσύνη. Αυτό που παρουσιάζει πολύ ενδιαφέρον είναι ότι οι διαδικασίες ανταλλαγής και αποθήκευσης πληροφοριών είναι αξιόπιστες και ασφαλείς ακόμη και αν δεν επιβάλλονται ισχυρές πολιτικές απορρήτου και συμμόρφωσης στο σύστημα που βασίζεται σε Blockchain. Εάν λειτουργήσουν με την προϋπόθεση ότι θα προωθηθούν και θα καθοδηγηθούν προς τη σωστή κατεύθυνση, ο γενικός πληθυσμός μπορεί να πιστεύει ότι τα συστήματα ΗΙΕ που βασίζονται σε blockchain μπορούν να φροντίσουν τα βασικά ζητήματα της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας, ενώ ανταλλάσσουν ευαίσθητες πληροφορίες με άλλους ενδιαφερόμενους.

Η όλη αυτή διαδικασία οφείλεται στα χαρακτηριστικά και τις τεχνολογικές δυνατότητες του Blockchain και μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη συμμετοχή των

ασθενών στο σύστημα ΗΙΕ. Είναι γενική αλήθεια ότι αποτελεί ευθύνη των εταιρών του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης να επιδοθούν στη διαδικασία δημιουργίας εμπιστοσύνης στην τεχνολογία και την ευαισθητοποίηση των ασθενών. Αν συμβεί οποιαδήποτε αναβάθμιση στο συμβατικό σύστημα ΗΙΕ ή σε ένα σύστημα ΗΙΕ που βασίζεται σε Blockchain που δημιουργείται πρέπει να περιλαμβάνει απαραίτητα τα κύρια χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Blockchain: την εμπιστευτικότητα, τη διαθεσιμότητα και την ακεραιότητα. Σε αυτό το πλαίσιο βέβαια, η ακεραιότητα των δεδομένων διασφαλίζεται στο ότι όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη διατηρούν αντίγραφα του καθολικού και ενημερώνουν το καθολικό σε πραγματικό χρόνο, με αποτέλεσμα όλοι οι συμμετέχοντες να έχουν ενημερωμένα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Με την προϋπόθεση ότι οι ασθενείς θα κατανοήσουν ότι είναι κύριοι των δικών τους ιατρικών πληροφοριών και πληροφοριών υγειονομικής περίθαλψης, δεν θα διστάσουν να συνδέσουν άλλα κανάλια για την παροχή δεδομένων για καλύτερες υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης (Filkins, 2014).

3.5 Blockchain για την έκδοση ιατρικών πιστοποιητικών

Είναι αλήθεια ότι τα ψευδή ιατρικά πιστοποιητικά αποτελούσαν πάντα πρόβλημα για τους επαγγελματίες του ιατρικού τομέα, τις εταιρείες και άλλους ενδιαφερόμενους. Το χαρακτηριστικό παράδειγμα που πρέπει να αναφερθεί είναι τα πολλά περιστατικά από γιατρούς και ιατρούς όπου τα ονόματα και οι αριθμοί των αδειών τους χρησιμοποιήθηκαν παράνομα, διαψεύδοντας δυστυχώς τη φήμη και την πρακτική τους. Ακόμη είναι γνωστό ότι, αποτελεί πρόκληση για τις εταιρείες να χειριστούν ιατρικά πιστοποιητικά που προσκομίζονται για θέματα υγείας από τους εργαζόμενους, αφού δεν υπάρχει συγκεκριμένος τρόπος να χειριστούν την επαλήθευση για κάθε έγγραφο. Αυτό οδηγεί με τη σειρά του σε οικονομική ζημία για τις εταιρείες.

Επομένως, αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, πολλοί κυβερνητικοί οργανισμοί, ρυθμιστικές αρχές, εταιρείες υγειονομικής περίθαλψης και νεοσύστατες επιχειρήσεις δημιουργούν ένα σύστημα με βάση το Blockchain για τη δημιουργία και την έκδοση ψηφιακών ιατρικών πιστοποιητικών. Με άλλα λόγια, το Blockchain λειτουργεί ως μία μοναδική πηγή αλήθειας και έχει χαρακτηριστικά, όπως η διαφάνεια και το έξυπνο συμβόλαιο. Αυτό δείχνει ότι είναι κατάλληλο για την έκδοση ψηφιακών ιατρικών πιστοποιητικών. Εξάλλου, η αναγνώριση και η διαχείριση ελέγχου ταυτότητας είναι δύο βασικά στοιχεία ενός συστήματος πιστοποιητικών που βασίζονται σε Blockchain.

Ακολούθως, πρέπει να αναφερθεί ότι, η περίπτωση χρήσης της δημιουργίας ενός πιστοποιητικού σε ένα σύστημα που βασίζεται σε Blockchain είναι η ίδια με τα συμβατικά συστήματα, με μόνο μία διαφορά ότι ο εκδότης, οι επικυρωτές και οι χρήστες επικοινωνούν μέσω της ίδιας πλατφόρμας Blockchain. Παρουσιάζονται τα ακόλουθα απλοποιημένα βήματα για να γίνει κατανοητό πώς τα ψηφιακά πιστοποιητικά μπορούν να εκδοθούν χρησιμοποιώντας Blockchain:

1. Αρχικά, ο αιτών που αναζητάει ένα ψηφιακό πιστοποιητικό, στο παράδειγμα αυτό, ο επαγγελματίας υγείας παρέχει λεπτομέρειες σύμφωνα με τους κανονισμούς που έχουν σχεδιαστεί από τους εκδότες πιστοποιητικών. Έτσι, ο αιτών μπορεί να

παράσχει αυτές τις πληροφορίες χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή front-end. Το ίδιο άτομο υποβάλλει τα ζητούμενα δεδομένα για περαιτέρω επεξεργασία.

2. Στη συνέχεια, μετά την υποβολή, τα δεδομένα εισόδου αποθηκεύονται στον διακομιστή μετά την επιβεβαίωση από τον αιτούντα. Αυτά τα δεδομένα θα αποθηκευτούν τοπικά στον διακομιστή και στο Blockchain μετά την επεξεργασία.

3. Ο εκδότης λοιπόν, αποκτά πρόσβαση στα δεδομένα του αιτούντος, δημιουργεί ψηφιακό πιστοποιητικό με έγκυρη CA και εκδίδει το ψηφιακό πιστοποιητικό στον αιτούντα. Αυτό το συγκεκριμένο πιστοποιητικό, μαζί με τα επεξεργασμένα δεδομένα, γίνεται συναλλαγή και αποθηκεύεται στο δίκτυο Blockchain. Ας μην ξεχαστεί το γεγονός ότι οι ηλεκτρονικές υπογραφές παρέχονται και διασφαλίζονται μόνο από εξουσιοδοτημένους παρόχους CA.

4. Ο αιτών μπορεί να έχει πρόσβαση στο σύστημα και να κατεβάσει το ψηφιακό πιστοποιητικό από την πλατφόρμα. Αυτό το πιστοποιητικό μπορεί να επαληθευτεί από οποιονδήποτε στο δίκτυο. Υπάρχουν διατάξεις που παρέχουν στο QRCode ή το Barcode τα ψηφιακά πιστοποιητικά, έτσι ώστε ο καθένας να μπορεί να επαληθεύσει το πιστοποιητικό μόνο με σάρωση του (Namasudra, 2022).

3.6 Η Φαρμακευτική Αλυσίδα Εφοδιασμού και η Χορήγηση του Φαρμάκου

Αρχικά, το πρώτο στοιχείο που πρέπει να διευκρινιστεί είναι ότι, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ήταν ανέκαθεν μία από τις πιο σύνθετες δομημένες διαδικασίες για κάθε επιχείρηση και οργανισμό, ανεξάρτητα από το κομμάτι της βιομηχανίας. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί λόγω της κλίμακας του κλάδου της υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό σημαίνει ότι, η αλυσίδα εφοδιασμού των βιοεπιστημών πασχίζει να εξισορροπήσει τον κίνδυνο, το υψηλό κόστος και τα ζητήματα ακεραιότητας μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών του οικοσυστήματος της υγειονομικής περίθαλψης. Αυτού του είδους η λειτουργική έλλειψη ισορροπίας μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση λόγω των εξατομικευμένων απαιτήσεων της ιατρικής από την παγκόσμια αγορά καταναλωτών. Πιο αναλυτικά, η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί τη σύνθεση των βασικών επιχειρηματικών διαδικασιών για τη δημιουργία αξίας για τους καταναλωτές και τους φορείς που συμμετέχουν στο οικοσύστημα, με την παραγωγή αγαθών και τη διαχείριση του κύκλου ζήτησης και προσφοράς (Iqbal,2017).

Σε αυτό το σημείο είναι σωστό να αναφερθεί ότι, η επιστήμη ζωής της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων έχει τρεις κύριες ροές: τη φυσική ροή, την οικονομική ροή και τη ροή πληροφοριών, δηλαδή από τους προμηθευτές στις φαρμακευτικές εταιρείες, μετά στους διανομείς και τους ενδιαφερόμενους. Οι συγκεκριμένες ροές είναι σύνθετες και στενά συνδεδεμένες και απαιτούν συνεχή παρακολούθηση και επανεξέταση των διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Θα ήταν δυνατό να ειπωθεί ότι, η αλυσίδα εφοδιασμού της φαρμακευτικής βιομηχανίας περιλαμβάνει ορισμένα στάδια που ενσωματώνουν την έρευνα, την ανάπτυξη, τη διανομή και την εφαρμογή φαρμάκων. Είναι αλήθεια ότι, η διαδικασία αυτή είναι πολύ περίπλοκη, καθώς περιλαμβάνει μια συνεχώς μεταβαλλόμενη αγορά, με ποικίλα προϊόντα, με

πολύπλοκες διαδικασίες, συνεχώς καινούργιους κανονισμούς, πολλούς διαμεσολαβητές και νέες συμπράξεις. Τα δεδομένα δείχνουν πως, τις τελευταίες δεκαετίες, παρατηρήθηκαν κενά στην αλυσίδα εφοδιασμού από διάφορους εμπειρογνώμονες εξαιτίας της μη διαφάνειας των διαδικασιών και της έλλειψης ανταλλαγής δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών. Βέβαια, οι αλλαγές σε μια διεργασία ή σε μία περιοχή μπορεί να επηρεάσουν άλλες διαδικασίες και άλλους παράγοντες, χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι διακυμάνσεις των τιμών, οι ρυθμιστικές αλλαγές σε διάφορες περιοχές και οι ανταγωνιστές.

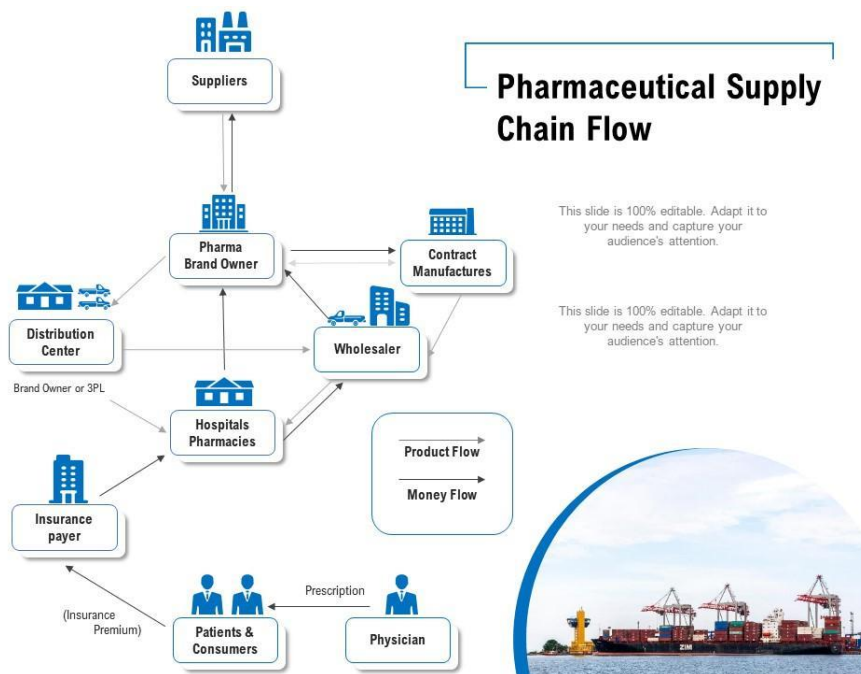
Σχετικά με τη φαρμακευτική βιομηχανία είναι φανερό ότι αντιμετωπίζει μια εποχή μετασχηματισμού, από τις λειτουργίες της αλυσίδας εφοδιασμού έως την πρόοδο της υποδομής της πληροφορικής. Αναλυτικότερα, με μια στιγμή "Eureka", γίνεται κατανοητό ότι το "Blockchain" είναι η σωστή απάντηση για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων. Θέτοντας ως δεδομένα τις εγγενείς ιδιότητες της τεχνολογίας Blockchain, με στόχο να επιτραπούν οι ασφαλείς, αμετάβλητες και σχεδόν σε πραγματικό χρόνο συναλλαγές μεταξύ των κατόχων κλειδιών, ένα μεγάλο μέρος των προσπαθειών στη φαρμακευτική βιομηχανία κατορθώνει να αξιοποιήσει τις δυνατότητές της επικεντρώνοντας στη βελτίωση της αλυσίδας προμήθειας φαρμάκων. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα παρουσιασθούν οι υφιστάμενες διαδικασίες της αλυσίδας προμήθειας φαρμάκων, οι προκλήσεις, ο αντίκτυπος των παραπονημένων φαρμάκων και ο τρόπος με τον οποίο το blockchain μπορεί να βοηθήσει τη βιομηχανία να επιλύσει αυτά τα ζητήματα (Bishara, 2006).

3.6.1 Μοντέλο λειτουργίας φαρμακευτικής αλυσίδας εφοδιασμού

Δεδομένο αποτελεί το γεγονός ότι, η βιομηχανία της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων επικεντρώνεται στη μελέτη των πρώτων υλών, των πληροφοριών και των οικονομικών προβολών, καθώς μετακινούνται κατά σειρά από τον προμηθευτή στον κατασκευαστή, στον διανομέα, στον χονδρέμπορο, στον λιανοπωλητή, στους ασθενείς ή στους τελικούς καταναλωτές. Μάλιστα, η διαχείριση της αλυσίδας προμήθειας φαρμακευτικών προϊόντων χειρίζεται τόσο οριζόντιες όσο και κάθετες επιχειρηματικές λειτουργίες. Χωρίς να λαμβάνει υπόψη και να εξαρτάται από οποιαδήποτε διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, οι οριζόντιες επιχειρηματικές λειτουργίες περιλαμβάνουν τη διαχείριση του συνόλου των λειτουργιών της εφοδιαστικής αλυσίδας, στον αντίποδα, οι κάθετες λειτουργίες περιλαμβάνουν τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας μαζί με τις επιμέρους πράξεις.

Αναλύοντας την κατάσταση παρουσιάζεται η εξής διαδικασία: αρχικά, ένας κατασκευαστής φαρμάκων παράγει και προμηθεύει το τελικό προϊόν, το οποίο είναι ιδανικό σε σύγκριση με τη ζήτηση για τα προϊόντα του από ασθενείς και λιανοπωλητές. Στη συνέχεια, αυτοί οι κατασκευαστές διαχειρίζονται την πραγματική διανομή φαρμάκων από εγκαταστάσεις σε εμπόρους χονδρικής πώλησης φαρμάκων ή απευθείας σε αλυσίδες λιανικής φαρμακευτικής, εξειδικευμένα φαρμακεία, νοσοκομειακές αλυσίδες και ορισμένα σχέδια υγείας. Οι κατασκευαστές

φαρμακευτικών προϊόντων με τη σειρά τους είναι οι φορείς με τη μεγαλύτερη επιρροή στις τιμές των προϊόντων, αξιολογώντας την αναμενόμενη ζήτηση, τον ανταγωνισμό στο εγγύς μέλλον, το κόστος μάρκετινγκ και το κόστος έρευνας και ανάπτυξης.



Εικόνα 8: Αλυσίδα ροής εφοδιασμού φαρμάκων (πηγή : <https://www.slideteam.net/pharmaceutical-supply-chain-flow.html> ανακτήθηκε 03/05/2023)

Στην πορεία της διαδικασίας εμφανίζονται οι διανομείς που αγοράζουν φαρμακευτικά προϊόντα από τους κατασκευαστές και τα διανέμουν σε λιανοπωλητές, φαρμακεία, νοσοκομεία κλπ. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι τα φαρμακεία αποτελούν σημαντικό και κοινό κρίκο μεταξύ των διανομέων και των ασθενών. Έτσι, τα φαρμακεία αγοράζουν αποθέματα φαρμάκων για ομαλή και επαρκή διανομή στον τελικό καταναλωτή (Bishara, 2006).

3.6.2 Βασικά θέματα στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούν μερικά από τα βασικά ζητήματα που αντιμετωπίζει η φαρμακευτική βιομηχανία της αλυσίδας εφοδιασμού, που κυμαίνονται από την προμήθεια, την κατασκευή και την εφοδιαστική για την κρύα αλυσίδα, προς τους κανονισμούς και τον ανταγωνισμό.

Δίνεται έμφαση στη μεταβαλλόμενη ζήτηση καταναλωτικών προϊόντων που αποτελεί βασική πρόκληση στην αλυσίδα προσφοράς φαρμακευτικών προϊόντων, καθώς η ζήτηση των ασθενών και των καταναλωτών υπάρχει πιθανότητα να διαφέρει ανάλογα με τις νέες τάσεις και τις εξελίξεις στην υγειονομική περίθαλψη.

Επιπλέον, η κακοδιαχείριση των προμηθειών είναι μια άλλη πρόκληση της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων. Έτσι λοιπόν, οποιαδήποτε καθυστέρηση στην προμήθεια πρώτων υλών μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την παραγωγή και την τελική

παράδοση. Ακόμη, τα θέματα στη διαχείριση της διανομής και της απογραφής μπορούν να επιδράσουν στην τελική διανομή και την παράδοση φαρμακευτικών προϊόντων.

Είναι προφανές ότι, η ορατότητα της αλυσίδας προμήθειας φαρμακευτικών προϊόντων είναι σημαντική για τη βιομηχανία SCM. Αυτό συμβαίνει διότι, αποτελεί πρωταρχικό στόχο των φαρμακευτικών εταιρειών για τον εντοπισμό και την ανίχνευση της έλλειψης των φαρμάκων, των παραπονημένων φαρμάκων, των ηρεμιστικών και των οπιοειδών, με σκοπό να παρέχουν φάρμακα καλής ποιότητας στους ασθενείς. Επιπλέον, ένα ακόμη στοιχείο είναι ότι, η ορατότητα στην αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να αυξήσει τα κέρδη των φαρμακευτικών εταιρειών της παραγωγής.

Η αλήθεια βέβαια είναι ότι, η φαρμακευτική βιομηχανία ασχολείται εδώ και μεγάλο χρονικό διάστημα με παραπονημένα προϊόντα και αυτό οδηγεί σε έλλειψη αποτελεσματικών διαδικασιών για τον εντοπισμό τέτοιων δραστηριοτήτων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Πράγματι, αυτή η πρόκληση χρειάζεται άμεση προσοχή καθώς η βελτίωση του SCM στα φαρμακευτικά προϊόντα μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες να ανταποκριθούν καλύτερα από τα πλαστά ή / και διπλά προϊόντα.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στο ότι, τα περισσότερα φαρμακευτικά προϊόντα είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία και κάθε αλλαγή στους περιβαλλοντικούς παράγοντες μπορεί να μολύνει ολόκληρη την παρτίδα του προϊόντος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η κρύα αλυσίδα να προσθέτει πολυπλοκότητα στη φαρμακευτική αλυσίδα τροφοδοσίας και οι εταιρείες να βρίσκουν νέους τρόπους για να διαχειριστούν τα ζητήματα αλυσίδας.

Οι κανονιστικοί παράγοντες και οι πολιτικές συμμόρφωσης είναι βασικοί παράγοντες και αποτελούν πρόκληση για την αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων, αφού πρέπει να διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και ανά ήπειρο. Συνεπώς αποτελεί επιτακτική ανάγκη, η φαρμακευτική βιομηχανία να επιβλέπει τους κανονισμούς και τις πολιτικές συμμόρφωσης σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού σε διάφορες περιοχές για τυχόν ύποπτες οικονομικές και υλικές απώλειες.

Ακολούθως, αυτό που πρέπει να τονιστεί είναι ότι, ο συντονισμός της εφοδιαστικής είναι πολύ σημαντικός όσον αφορά την αποστολή και τη διανομή και αποτελεί ένα διαφορετικό επίπεδο απειλής για την αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακείων. Μπορεί να περιλαμβάνει πολλαπλούς ενδιαφερόμενους φορείς ή διαδικασίες, ακόμη και αν αναφερόμαστε για ένα μόνο φάρμακο ή ιατρικό προϊόν. Αυτός είναι ο λόγος που θεωρείται σημαντικό να διασφαλιστεί ο αποτελεσματικός συντονισμός μεταξύ αυτών των εταίρων.

Ένα ακόμη στοιχείο που αναφέρεται αφορά την αποικοδόμηση των φαρμάκων, καθώς κινούνται κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτρέπεται η διάθεση μη τυποποιημένων προϊόντων στους ασθενείς.

Εν κατακλείδι, η πρόοδος της υποδομής στον τομέα της τεχνολογίας των πληροφοριών αποτελεί μία από τις πιο κρίσιμες προκλήσεις για τον κλάδο της

αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων, καθώς πολλά ενδιαφερόμενα μέρη χρησιμοποιούν παρωχημένα συστήματα που είναι πολύπλοκα στο για να ενημερωθούν ή στο να αντικατασταθούν. Αξίζει να επισημανθεί ότι, η αλλαγή των παλιών συστημάτων θα μπορούσε να οδηγήσει σε πολλαπλά λειτουργικά ζητήματα, εντούτοις, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι τεχνολογίες όπως RFID, Cloud, IoMT, και Blockchain μπορεί να μειώσουν τα κενά SCM (λειτουργική και διαδικασίες) και να έχουν τη δύναμη να βελτιώσουν ολόκληρο το σύστημα.

Πράγματι, οι πελάτες των βιομηχανιών τροφίμων και φαρμάκων αναμένουν πάντα ότι τα προϊόντα θα σταλούν σε αυτούς με μια νεότερη ημερομηνία λήξης ή καλύτερα πριν από την ημερομηνία. Επομένως, θεωρείται ζήτημα ζωτικής σημασίας για τις φαρμακευτικές βιομηχανίες να αποφύγουν την αποστολή σύντομων προϊόντων στους πελάτες (Rayan, 2021).

3.6.3 *Μεταβαλλόμενο τοπίο της αλυσίδας προμήθειας φαρμακευτικών προϊόντων*

Ένα ιδιαίτερο στοιχείο αποτελούν οι αναδυόμενες τεχνολογίες στην τεχνολογία πληροφορικής, το υλικό και τις λειτουργίες που έχουν τη δυνατότητα να ανυψώσουν τη λειτουργία και τη διαχείριση της φαρμακευτικής κατασκευής και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μάλιστα, πολλές νέες τεχνολογίες μπορούν να φέρουν την ποιότητα στη διαδικασία παραγωγής και μερικές μπορούν παράλληλα να ενισχύσουν τη συνεργασία μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών για την επίτευξη περιθωρίων κέρδους.

Αναφορά αξίζει να γίνει, σε μια ψηφιακή πλατφόρμα που περιέχει τα δεδομένα των σειριακών αριθμών και τα δεδομένα από πηγές, όπως είναι τα συστήματα ERP, συσκευές IoT, RFID και αισθητήρες. Δίνεται έτσι η δυνατότητα να μετατρέψει την υπάρχουσα αλυσίδα προμήθειας φαρμάκων. Επιπλέον, μια πιθανή τεχνολογία είναι η τεχνητή νοημοσύνη η οποία μπορεί να επιτρέψει στις επιχειρήσεις να αναλύσουν τα δεδομένα και να εντοπίσουν νέα πρότυπα στα επιχειρηματικά μοντέλα. Κατά τον ίδιο τρόπο λειτουργούν, οι υποδομές νέφους, οι οποίες μπορούν να φέρουν βιωσιμότητα και επεκτασιμότητα στο δίκτυο, κάτι που απουσιάζει από τα κληροδοτημένα συστήματα. Επιπροσθέτως, το Blockchain μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο τύπο ασφαλούς, αμετάβλητου, διαφανούς και πραγματικού χρόνου δικτύου για την καλύτερη παρακολούθηση, την κοινή χρήση δεδομένων και τις γενικές λειτουργίες. Εδώ τονίζονται μερικοί από τους βασικούς τομείς βελτίωσης μιας περίπλοκης αλυσίδας προμήθειας φαρμακευτικών προϊόντων. Σε άλλες περιπτώσεις μπορεί να λεχθεί ότι αποτελούν ευκαιρίες στην αλυσίδα εφοδιασμού.

- **Χειρισμός πρώτων υλών:** Εδώ εντοπίζονται τεχνολογίες όπως RFID, IoT, και οι βασισμένες στον αισθητήρα μέθοδοι που μπορούν να βοηθήσουν τους κατασκευαστές να εντοπίσουν, να χειριστούν την πρώτη ύλη/υλικό με αποτελεσματικό τρόπο. Παρόμοιες τεχνολογίες μπορεί να είναι χρήσιμες στην παρακολούθηση ψυχρής αλυσίδας.
- **APIfication:** Ο όρος «APIfication» είναι ορολογία που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία APIs από επιχειρήσεις, οργανισμούς και μονάδες επεξεργασίας για να εκθέσει ή να μοιράσει τα δεδομένα μεταξύ των ενδιαφερομένων. Με

αυτόν τον τρόπο καθιστά τις πληροφορίες πολύ πιο προσβάσιμες και προωθεί τη γρήγορη δράση σχετικά με τα δεδομένα εισόδου. Μάλιστα, τα API μπορούν να βοηθήσουν στις γραμμές παραγωγής/συναρμολόγησης και μπορούν να θέσουν τα θεμέλια για τη συνεχή κατασκευή. Τέλος, τα API μπορούν να χειριστούν αποδοτικά τεχνολογίες δυναμικής προέλευσης δεδομένων και μικρο-επεξεργασίας.

- **Ψηφιοποίηση του καναλιού διανομής:** Η αλήθεια είναι ότι, η ψηφιοποίηση των καναλιών διανομής μπορεί να φέρει αποτελεσματικότητα και διαφάνεια στο σύστημα. Στοιχεία αναγκαία αποτελούν η προγραμματισμένη δομή διανομής και η τεχνολογική δυνατότητα. Το σίγουρο είναι ότι, οι νέες διεπαφές ασθενών και οι ηλεκτρονικές συνταγογραφήσεις (δεδομένα POS για τον σχεδιασμό της εφοδιαστικής αλυσίδας) θα προσθέσουν αξία στην εφοδιαστική αλυσίδα και τη λήψη αποφάσεων.
- **Κληροδοτημένα συστήματα:** Είναι φανερό ότι, η αναβάθμιση των κληροδοτημένων συστημάτων με στόχο να είναι πιο προσαρμόσιμα στις υποδομές που βασίζονται στο νέφος θα πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα για τους ενδιαφερόμενους φορείς της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων, έτσι ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος βλάβης του συστήματος. Με άλλα λόγια, η υποδομή που βασίζεται στο cloud μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερη δυνατότητα κλιμάκωσης και προσαρμοστικότητα στο σύστημα. Με βάση αυτό, η αναβάθμιση ή η αντικατάσταση ενός κληροδοτημένου συστήματος είναι πάντα ένα δύσκολο έργο.
- **Συνεργατικές υπηρεσίες:** Αναμφίβολα, η συνεργασία μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών παραγόντων είναι επιθυμητή μέσω της τεχνολογίας, λαμβάνοντας υπόψη τις υπηρεσίες, τους ανθρώπους, τις δεξιότητες και τα συστήματα πληροφοριών.
- **Υιοθέτηση τεχνολογιών αιχμής:** Είναι προφανές ότι, η προσαρμογή τεχνολογιών αιχμής, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν το Blockchain, το AI/ML και το IoMT μπορεί να επιφέρει ένα εντελώς νέο είδος ψηφιοποίησης στη συνολική αλυσίδα του εφοδιασμού. Ειδικότερα, η TN/ML μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες να επεξεργαστούν δεδομένα με καλύτερους τρόπους, να αναλύσουν τα κενά της διαδικασίας και της λειτουργίας και να φέρει ένα μαθηματικό μοντέλο για τη λήψη αποφάσεων.

Επιπλέον, ένα ακόμη στοιχείο είναι η αλυσίδα Blockchain, μέσω των εγγενών ιδιοτήτων της ασφάλειας, της αμεταβλητότητας και της διανομής, που έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα νέο τύπο δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας που είναι δυνατόν να εξασφαλίσει τη διαφάνεια και τον αποτελεσματικό χειρισμό των διαδικασιών, λόγω της αποτελεσματικής διαχείρισης δεδομένων. Έτσι, ένα έξυπνο συμβόλαιο που βασίζεται στο Blockchain μπορεί να αφαιρέσει τους ενδιάμεσους και τις χειροκίνητες διαδικασίες στην αλυσίδα εφοδιασμού και να μειώσει το προϊόν (Jaberidoost, Jaberidoost et al, 2013).

3.6.4 Εφαρμογή Blockchain στη φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού

Όπως πολύ σωστά ορίζεται, το Blockchain είναι ένα κατακευματισμένο δίκτυο συνδεδεμένων υπολογιστών που μοιράζονται ένα κοινό καθολικό συναλλαγών και την ανάγκη για μια κεντρική αρχή. Εδώ λοιπόν, κάθε κόμβος του δικτύου διατηρεί ένα τοπικό αντίγραφο του καθολικού και κάθε μικρή αλλαγή του μεταδίδεται σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο. Συνεπώς, λόγω των ιδιοτήτων του, το Blockchain μπορεί να φέρει τη σύγχρονη ασφάλεια του κυβερνοχώρου στην υπάρχουσα αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων. Είναι φανερό λοιπόν ότι, σε ένα σύστημα εφοδιαστικής αλυσίδας που λειτουργεί με Blockchain, αν κάποιος προσπαθήσει να τροποποιήσει ή να εξαλείψει δεδομένα, τότε θα απορριφθεί από το σύστημα. Με τη σειρά του, αυτό θα αυξήσει την εμπιστοσύνη στο σύστημα, το οποίο είναι η βασική πρόκληση της βιομηχανίας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το βοηθητικό στοιχείο της διαδικασίας εντοπίζεται στο γεγονός ότι, το Blockchain το καθιστά βολικό για την παρακολούθηση των διαδρομών παραγωγής και διανομής προϊόντων, καθώς μπορεί να διατηρήσει ολόκληρο το ταξίδι των προϊόντων σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, συμπεριλαμβανομένης της αλλαγής στην ιδιοκτησία.

Επομένως, σε ένα δίκτυο αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων με έδρα το Blockchain, ένα προϊόν καταγράφεται στο δίκτυο όταν δημιουργείται. Επομένως, μόλις αυτό το προϊόν καταχωρηθεί στο δίκτυο, μετατρέπεται σε μη ανταλλάξιμο ψηφιακό περιουσιακό στοιχείο και μπορεί να μεταφερθεί σε άλλους ενδιαφερόμενους. Στην περίπτωση της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων, τα ιδιωτικά δεδομένα των ασθενών ή άλλων ενδιαφερομένων μερών τηρούνται μυστικά από προεπιλογή, καθώς το όλο σύστημα λειτουργεί με κρυπτογράφηση δημόσιου κλειδιού. Ακολούθως, η αυτόματη εκτέλεση της έξυπνης σύμβασης του Blockchain δίνει τη δυνατότητα να προστεθεί περισσότερη νοημοσύνη στο σύστημα για να απομακρύνει διαμεσολαβητές, όπως π.χ. διαμεσολαβητές υπηρεσιών και παρόχους υπηρεσιών ανταλλαγής δεδομένων από την εφοδιαστική αλυσίδα (Sylim, Liu, Marcelo, Fontelo, n.d.).

3.6.5 Η αξία του Blockchain στη φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται η προστιθέμενη αξία στην παραδοσιακή φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού που μπορεί να δημιουργήσει το blockchain:

- **Εμπιστοσύνη και διαφάνεια:** Με το δεδομένο αυτό, κάθε ενδιαφερόμενος της αλυσίδας προμήθειας φαρμάκων, συμπεριλαμβανομένου του παρασκευαστή και των ασθενών, θα είναι σε θέση να εντοπίζεται και να εντοπίζει το προϊόν σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτό προσθέτει με τη σειρά του εμπιστοσύνη στο σύστημα, παρόλο που και το ίδιο το Blockchain είναι ένα αξιόπιστο και αδίστακτο σύστημα. Είναι άξιο ενδιαφέροντος το γεγονός ότι οι ασθενείς μπορούν να δουν ολόκληρο τον κύκλο ζωής του τελικού προϊόντος μέσω μιας διεπαφής και μπορούν να ελέγξουν αν το προϊόν είναι νόμιμο.
- **Trackandtrace:** Σύμφωνα με το στάδιο αυτό, μόλις ξεκινήσει η κατασκευή ενός προϊόντος και τα γεγονότα καταγράφονται στο blockchain, ο καθένας

στο δίκτυο μπορεί να εντοπίσει το προϊόν σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένης της ιδιοκτησίας του προϊόντος όταν το προϊόν αλλάζει χέρι.

- **Ορατότητα και ιδιωτικότητα:** Τα δεδομένα αυτά στοιχεία λειτουργούν αντιθετικά, πρόκειται για μια αντίθεση, που σημαίνει ότι ένα σύστημα μπορεί να χειριστεί τόσο την ορατότητα όσο και την ιδιωτικότητα σε ένα δίκτυο, αλλά αυτό να αποτελεί μια βιώσιμη επιλογή στο Blockchain. Το σίγουρο είναι ότι, το Blockchain μπορεί να χειριστεί τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα σε όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς και να εγγυηθεί την πρωτοτυπία του, διατηρώντας παράλληλα τα ιδιωτικά δεδομένα μιας οντότητας ή ενός ασθενούς και χωρίς έχει φτάσει στο σημείο να τα διακυβεύει. Αυτού του είδους η ικανότητα προέρχεται από την έννοια της κρυπτογράφησης του δημόσιου κλειδιού. Το παράδειγμα που μπορεί να λεχθεί, σχετίζεται με ένα προϊόν που μπορεί να επαληθευτεί στο δίκτυο, χωρίς να εκτεθούν οι τεχνικές κατασκευής του προϊόντος.
- **Ασφάλεια:** Σχετικά με το δεδομένο αυτό, είναι προφανές ότι το Blockchain λειτουργεί με ασφάλεια και καθολικότητα, καθώς είναι ένα αμετάβλητο σύστημα. Συνεπώς, τα δεδομένα που εισάγονται στο δίκτυο δεν μπορούν να τροποποιηθούν και να διαγραφούν. Επιπλέον, οι φαρμακευτικές εταιρείες, μαζί με τους προμηθευτές τεχνολογίας, μπορούν να δημιουργήσουν ένα επιτρεπόμενο Blockchain δίκτυο για τη διασφάλιση καλύτερης ασφάλειας.
- **Δημιουργία μοντέλων βάσεων δεδομένων:** Πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι, κάθε πληροφορία σχετικά με το προϊόν περνά από διαφορετικά στάδια, για παράδειγμα, E&A, την παραγωγή, τις κλινικές δοκιμές και τη διανομή, αποθηκεύονται στο Blockchain. Τα συγκεκριμένα δεδομένα έχουν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν μέσω τεχνικών AI/ML για να δημιουργήσουν ένα πιο αποτελεσματικό μαθηματικό μοντέλο για εκτιμήσεις κινδύνου, για τις μελλοντικές δοκιμές και για τις καινοτομίες. Μάλιστα, το Blockchain μπορεί να παρέχει γνήσια και αυθεντικά δεδομένα, τα οποία είναι χρήσιμα για την ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών μοντέλων AI/ML.
- **Ενσωμάτωση υποδομής:** Είναι φανερό ότι, το blockchain διευκολύνεται στο να ενσωματωθεί σε οποιαδήποτε κληροδοτημένα συστήματα, υποδομή νέφους με οποιουδήποτε αισθητήρες, συσκευές IoT και άλλες πιθανές έξυπνες συσκευές. Προς αυτήν την κατεύθυνση ενισχύει και η συνδεσιμότητα API με όλα τα πλαίσια Blockchain που είναι διαθέσιμη και μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου δικτύου Blockchain.
- **Αναδυόμενη αγορά:** Αναμφίβολα, η ροή κεφαλαίων αποτελούσε ανέκαθεν ζήτημα για μικρές φαρμακευτικές επιχειρήσεις. Έτσι γίνεται κατανοητό ότι, οι μεγάλοι παράγοντες της αγοράς τείνουν να αναζητούν μικρότερες περιόδους πίστωσης, καθιστώντας τους μικρούς παίκτες πιο ευάλωτους σε οικονομικό κίνδυνο. Στοιχεία όπως, η παρακολούθηση και ο εντοπισμός του προϊόντος στο σύστημα Blockchain μπορούν να διευκολύνουν την πρόσβαση των μικρών παικτών στην πίστωση με εύκολο τρόπο, καθώς και να μειώσουν το συνολικό χρόνο εργασιών (Tseng, 2018).

3.6.6 Έξυπνες συμβάσεις (smartcontracts) στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων

Πράγματι, η έξυπνη σύμβαση στο Blockchain είναι βασικό χαρακτηριστικό, εφόσον παρέχει έναν διαφανή, αυτοματοποιημένο τρόπο ανταλλαγής δεδομένων, περιουσιακών στοιχείων, συμβάσεων κ.λπ., χωρίς την ανάγκη ενός διαμεσολαβητή. Τα έξυπνα συμβόλαια δεν είναι παρά σύνολα εκτελέσιμου κώδικα που μπορεί να εκτελεί αυτόματα συγκεκριμένες συμβατικές υποχρεώσεις. Αναλυτικότερα, εκτελείται όταν ικανοποιείται οποιοσδήποτε συγκεκριμένος όρος, όπως προκαθορίζεται στη σύμβαση. Η διαδικασία λειτουργεί κατά αμφίδρομο τρόπο αφού αυτές οι έξυπνες συμβάσεις διαχειρίζονται και συντηρούνται στο δίκτυο Blockchain, και οι ιδιότητες του Blockchain ισχύουν και για τις έξυπνες συμβάσεις.

Τα Blockchain και τα έξυπνα συμβόλαια είναι το επόμενο BigThink για τη φαρμακευτική αλυσίδα εφοδιασμού. Τα δεδομένα από μελέτη της παγκόσμιας φαρμακευτικής βιομηχανίας έχουν υπολογίσει ότι οι ανεπάρκειες της εφοδιαστικής αλυσίδας και η χειρωνακτική λειτουργία μπορούν να κοστίσουν έως και το 25% του συνολικού κόστους λειτουργίας μιας εταιρείας. Το αποτέλεσμα είναι οι έξυπνες συμβάσεις να μπορούν να μειώσουν δραστικά τις λειτουργικές δαπάνες, διεκπεραιώνοντας αυτοματοποιημένες διοικητικές, συμβατικές διαδικασίες και μη αυτόματες λειτουργίες (<https://www.simplilearn.com/tutorials/blockchain-tutorial/what-is-smart-contract>).

Μέσα από μία άλλη οπτική γωνία, τα Blockchain με βάση τα ψηφιακά νομίσματα μπορούν να μεταφερθούν οπουδήποτε στον κόσμο σε πραγματικό χρόνο. Αυτού του είδους η ικανότητα μπορεί να επιφέρει τεράστιες βελτιώσεις στο χειρισμό των ψηφιακών πόρων. Αυτό οδηγεί σε μία σημαντική κίνηση, όπου οι κατασκευαστές, οι εταιρείες και άλλοι ενδιαφερόμενοι μπορούν να πληρώνονται ταχύτερα, ενώ τα νοσοκομεία και οι ασθενείς μπορούν να πληρώνουν λιγότερα για τις ιατρικές προμήθειες τους.

Αυτό που αναδεικνύεται είναι ότι, οι φαρμακευτικές αλυσίδες εφοδιασμού αποτελούν μια κερδοφόρα κατάσταση για όλους, και πολλές εταιρείες τώρα πειραματίζονται με έξυπνες συμβάσεις Blockchain. Πρέπει να σημειωθεί ότι, οι έξυπνες συμβάσεις αναπτύσσονται αντιμετωπίζοντας το αυξανόμενο κόστος και την πολυπλοκότητα των συμμορφώσεων και των κανονισμών της χρηματοδότησης του εμπορίου. Στο σημείο αυτό θα παρουσιασθούν μερικές από τις νέες τάσεις ή τις βέλτιστες πρακτικές που η έξυπνη σύμβαση μπορεί να φέρει στην υπάρχουσα λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας στα φαρμακευτικά προϊόντα:

- Αρχικά, πρέπει να διευκρινιστεί ότι, σε ένα σύστημα που βασίζεται στο Blockchain, οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να επιτρέψουν σε έναν λιανοπωλητή να τοποθετήσει κεφάλαια σε έναν λογαριασμό μεσεγγύησης βάσει έξυπνων συμβάσεων εκ των προτέρων και να απελευθερώσει αυτόματα τα κεφάλαια στο παραλαμβάνον μέρος αμέσως μόλις η εταιρεία ενεργοποιήσει μια έξυπνη σύμβαση για την παραλαβή των αποστολών. Αντίθετα, σε ένα παραδοσιακό σύστημα, οι κατασκευαστές μπορεί να

χρειαστεί να περιμένουν πολύ για το κεφάλαιο μετά την παράδοση της αποστολής.

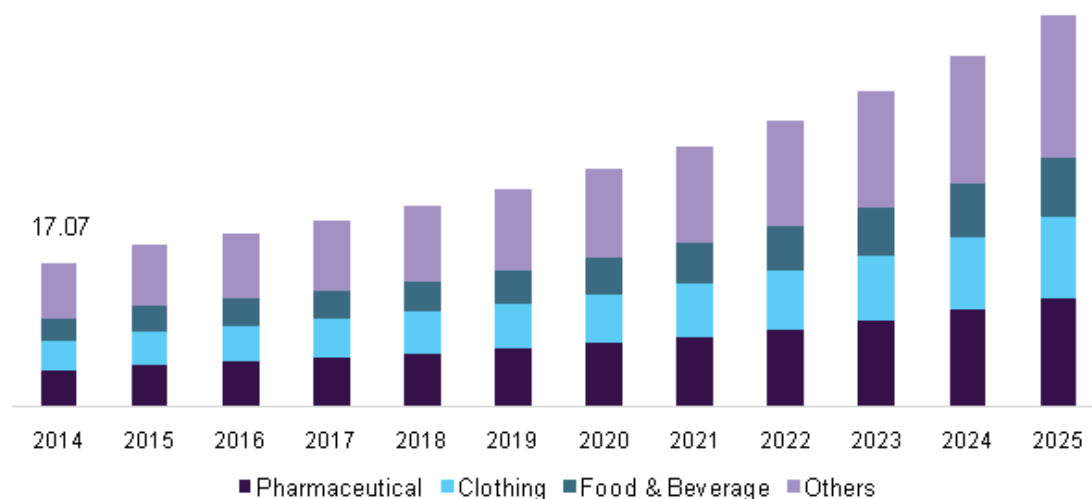
- Στο επόμενο βήμα, αυτό που αναφέρεται είναι ότι, οι χονδρέμποροι φαρμάκων ή οι διανομείς ενεργοποιούν μια έξυπνη σύμβαση και καλούν τη λειτουργία για την ενημέρωση της κατάστασης της απόδειξης αποστολής. Στη συνέχεια, με τη σειρά της η έξυπνη σύμβαση απελευθερώνει την πληρωμή στη ναυτιλιακή εταιρεία από τον λογαριασμό μεσεγγύησης. Αυτού του είδους οι πληρωμές σε πραγματικό χρόνο μπορούν να αποφέρουν οικονομικά οφέλη σε εταιρείες που λειτουργούν με χαμηλά περιθώρια κέρδους. Επιπλέον, φαίνεται ότι, οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να διευκολύνουν τα διεθνή εμβάσματα.
- Ένα ακόμη στοιχείο είναι ότι, οι έξυπνες συμβάσεις τύπου blockchain μειώνουν το διοικητικό κόστος καταργώντας διαμεσολαβητές και τρίτους παρόχους υπηρεσιών και αυξάνοντας την αποδοτικότητα. Υπάρχουν μελέτες που βασίζονται στα πρότυπα της βιομηχανίας και αποδεικνύουν ότι οι λειτουργικές και διοικητικές δαπάνες της αλυσίδας εφοδιασμού συμβάλλουν στο 7% έως 8% του τελικού προϊόντος. Επομένως, το κόστος του τελικού προϊόντος μπορεί να μειωθεί, αν η έξυπνη σύμβαση μπορεί να μειώσει το διοικητικό κόστος, όπως το χειρισμό του τιμολογίου, τις πληρωμές, κ.λπ.
- Υπάρχει ακόμη η δυνατότητα, να θέσουμε προϋποθέσεις σε ένα έξυπνο συμβόλαιο για να ειδοποιήσει μόλις οι προμήθειες τελειώσουν, με βάση τα δεδομένα εισόδου και πόσα προϊόντα διανέμονται. Είναι προφανές ότι σε κάθε φάρμακο μπορεί να αποδοθεί ένας μοναδικός αριθμός, ο οποίος να είναι σε θέση να χρησιμοποιηθεί από τους παρόχους (νοσοκομεία, φαρμακεία, κ.λπ.) για την ψηφιοποίηση του αποθέματος τους και για την παρακολούθηση των επιπέδων των αποθεμάτων. Για παράδειγμα, μόλις ένα απόθεμα τρέξει χαμηλά για μια έξυπνη σύμβαση ναρκωτικών, αυτό, στέλνει μια εντολή αγοράς στον διανομέα σε μια προκαθορισμένη τιμή με βάση τη συμφωνία. Συνεπώς, όχι μόνο μπορεί η έξυπνη σύμβαση να θέσει μια νέα παραγγελία, αλλά κυρίως μπορεί να κάνει αυτόματες πληρωμές στον κατασκευαστή ή τον χονδρέμπορο, ανάλογα με την κατάσταση. Αυτό φαίνεται ότι επιφέρει χαμηλότερο κόστος για το νοσοκομείο, καθώς πλέον μπορεί να προσλάβει λιγότερο διοικητικό προσωπικό (Chinnasamy, 2023).

3.6.7 Αλυσίδα μπλοκ στην ανιχνευσιμότητα των φαρμάκων

Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να γίνει στα παραποιημένα προϊόντα και στα ψευδή φάρμακα που αποτελούσαν ανέκαθεν μια ενόχληση και ένα σύνθετο ζήτημα για τον κλάδο της υγείας. Είναι αλήθεια λοιπόν ότι, ο ρυθμός με τον οποίο τα πλαστά προϊόντα και τα φάρμακα επιπλέον στην καταναλωτική αγορά λειτουργεί ως πονοκέφαλος για τους ενδιαφερόμενους φορείς του τομέα της υγείας. Δυστυχώς, τα παραποιημένα προϊόντα δεν αποτελούν μόνο κίνδυνο για την υγεία του πληθυσμού, αλλά ταυτόχρονα και οικονομικό κίνδυνο για τον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό σημαίνει ότι, η ανιχνευσιμότητα των φαρμάκων αποτελεί πρωταρχικό στόχο για τους ειδικούς της βιομηχανίας. Απαραίτητο είναι το να

σχεδιαστεί ένα σύστημα ασφαλείας για την ανιχνευσιμότητα των φαρμάκων, με αποτέλεσμα να ξεπεραστεί το ζήτημα της παραποίησης. Μέσα από αυτήν την κίνηση, αυξάνεται η εμπιστοσύνη στο σύστημα, αφού κατορθώνουν να παρακολουθήσουν την περιοδική διαδρομή του προϊόντος. Μάλιστα, οι ασθενείς και οι άλλοι ενδιαφερόμενοι μπορούν εύκολα να ανιχνεύσουν την τοποθεσία του φαρμάκου στην αλυσίδα εφοδιασμού του φαρμάκου και να επαληθεύσουν τη νομιμότητά του μέσω ενός ασφαλούς συστήματος ανίχνευσης ναρκωτικών (Liu, 2021).

Δεν είναι λίγες οι μελέτες και οι έρευνες αγοράς, με βάση πάντα το εκτιμώμενο μέγεθος της αγοράς, που δείχνουν ότι η παγκόσμια αγορά φαρμάκων αξίζει περίπου 200 δισεκατομμύρια δολάρια και αναμένεται να αυξηθεί κατά 20% κάθε χρόνο. Ένα ακόμη στοιχείο που ενισχύει αυτή την άποψη είναι ότι, περίπου 13 νέα φάρμακα δεν κυκλοφορούν στην αγορά κάθε χρόνο, γεγονός που οδηγεί σε αυτές τις οικονομικές απώλειες. Συνεπώς, τα παραποιημένα φάρμακα έχουν μερίδιο αγοράς λόγω της πολυπλοκότητας της αλυσίδας εφοδιασμού και του σύνθετου μοντέλου εργασίας του κλάδου. Αυτό επιφέρει ως συνέπεια, αυτά τα πλαστά προϊόντα να μπορούν εύκολα να περάσουν χωρίς ίχνος πληροφοριών και τεκμηρίωσης, οπότε η παρακολούθηση, ο αποτελεσματικός έλεγχος και η παρακολούθηση των προϊόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού υγειονομικής περίθαλψης να είναι θεμελιώδεις για την καταπολέμηση των πλαστών φαρμάκων (https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/life-sciences/life-sciences-pdfs/ey-pharma-supply-chains-of-the-future-final.pdf).



Εικόνα 9: Έσοδα της αγοράς των ΗΠΑ 2014-2025 σε εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ (πηγή : <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/medical-cameras-market> ανακτήθηκε 08/04/2023)

Με τον όρο «ιχνηλασιμότητα» εννοείται η ικανότητα ενός συστήματος/μιας πλατφόρμας να έχει πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με το προϊόν καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Αυτού του είδους τα προϊόντα μπορούν να

παρακολουθούνται μέσω ενός καταγεγραμμένου μοναδικού αναγνωριστικού. Ακόμη, τα ανιχνεύσιμα αντικείμενα σε οποιαδήποτε αλυσίδα εφοδιασμού αναφέρονται μερικές φορές ως Ανιχνεύσιμη Μονάδα Πόρων (TRU), και ο όρος αυτός θα χρησιμοποιείται εναλλακτικά κατά τη διάρκεια αυτής της ενότητας. Εδώ κρίνεται σκόπιμο να αναφερθούν οι τρεις στόχοι που παρουσιάζει ο φαρμακευτικός εντοπισμός:

- Παρακολούθηση της πορείας του προϊόντος: Στον αρχικό αυτόν στόχο κατορθώνεται η παρακολούθηση της πορείας του προϊόντος σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένων των φορέων, των ενδιαφερόμενων μερών και των διανομέων. Αυτό επιφέρει βοήθεια στην παροχή ενός στερεού μοντέλου ελέγχου για το προϊόν.
- Για την παρακολούθηση της διαδρομής των χρηματοοικονομικών συναλλαγών: Ο συγκεκριμένος στόχος βοηθά στην παρακολούθηση της διαδρομής του ελέγχου γύρω από τις χρηματοπιστωτικές συναλλαγές σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού για να αυξηθεί η διαφάνεια εντός του συστήματος.
- Για την παρακολούθηση της θέσης σε πραγματικό χρόνο του προϊόντος: Ειδικότερα, αυτό βοηθά στην παρακολούθηση της υπάρχουσας θέσης του προϊόντος και καθορίζει αν οι κανονισμοί και τα πρότυπα είναι ευθυγραμμισμένα. Έτσι, ωθεί τους ενδιαφερόμενους να αποκτήσουν μια ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο σχετικά με το προϊόν.

Έχοντας ως βάση της προηγούμενες αναφορές, εξάγεται το συμπέρασμα ότι ένα σύστημα που βασίζεται στο Blockchain πρέπει να έχει πρόσβαση στις πληροφορίες που σχετίζονται με το προϊόν στην αλυσίδα εφοδιασμού, χρησιμοποιώντας τη διαδικασία αναγνώρισης για την αναγνώριση του προϊόντος από το θημωνίο. Εξάλλου, τα δομικά στοιχεία των συστημάτων ιχνηλασιμότητας που βασίζονται σε blockchain σχεδιάζονται με βάση την τεχνική για την ταυτοποίηση των προϊόντων, την τεκμηρίωση της σύνδεσης μεταξύ των προϊόντων και τη διαδικασία καταγραφής των χαρακτηριστικών του προϊόντος (SyLim, Liu, Marcelo, Fontelo, 2018).

3.7 Ψηφιακά ιατρικά πιστοποιητικά και Προδιαγραφές

Μέσα από όλη αυτή τη διαδικασία έρχονται στο προσκήνιο δύο βασικά χαρακτηριστικά του κλάδου υγείας, ανεξάρτητα από οποιονδήποτε τομέα: η "Ιδιοκτησία" και η "Αυθεντικότητα". Λειτουργεί ακριβώς όπως ο χειρισμός ιατρικών αρχείων, η φαρμακοτεχνική παροχή αλυσίδα, η εύρυθμη λειτουργία ασφάλισης, κ.λπ. Επιπλέον, τα ιατρικά πιστοποιητικά και η συνταγή είναι ένας τομέας, όπου τα Blockchain μπορεί να έχουν έναν αντίκτυπο. Αυτό δεν αποτελεί ένα νέο θέμα συζήτησης, καθώς πολλά ινστιτούτα και οργανισμοί εργάζονται για την παροχή λύσεων με στόχο την έκδοση ψηφιακών πιστοποιητικών μέσω του Blockchain. Ένα ακόμη στοιχείο είναι ότι αυτή η πλατφόρμα παρέχει μηχανισμούς επικύρωσης, κατά συνέπεια ο καθένας να μπορεί να επαληθεύει την αυθεντικότητα των ψηφιακών πιστοποιητικών και υπογραφών.

Αναμφισβήτητο γεγονός είναι ότι, τα πιστοποιητικά οποιουδήποτε τύπου

(εκπαιδευτικά, ιατρικά, κυβερνητικά κ.λπ.) και οι απομαγνητοφωνήσεις περιλαμβάνουν εμπιστευτικές πληροφορίες για ένα άτομο και δεν θα πρέπει να είναι προσβάσιμα από άγνωστο άτομο ή οντότητα. Αντιθέτως, οι ιατρικές συνταγές και τα πιστοποιητικά αποτελούν αντικείμενο ευρείας κατάχρησης και χρήσης, είτε από τον ιδιοκτήτη είτε από τρίτο. Ο κύριος λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι οι έντυπες συνταγές και τα πιστοποιητικά εξακολουθούν να ισχύουν στην πράξη. Παρόλο που πολλές εταιρείες έχουν αρχίσει να εκδίδουν ψηφιακά πιστοποιητικά και πολλά νοσοκομεία έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν λογισμικό ηλεκτρονικής συνταγογράφησης, αυτή η πρακτική δεν είναι επαρκής, καθώς δεν υπάρχουν τα απαιτούμενα πρότυπα ασφάλειας.

Μέσα σε όλη αυτήν την κατάσταση, υπάρχουν κυβερνητικοί φορείς σε όλο τον κόσμο που προβαίνουν σε ιδεοληψίες σχετικά με τη χρήση του Blockchain στην έκδοση ψηφιακών πιστοποιητικών. Ακολούθως, η κυβερνητική και ρυθμιστική πίεση οδηγεί πολλές βιομηχανίες, όπως για παράδειγμα η εκπαίδευση, η ιατρική, η κυβέρνηση, η εφοδιαστική αλυσίδα και ο δανεισμός, να εργαστούν για τη στοίβα Blockchain για την έκδοση τέτοιων πιστοποιητικών, ψηφιακά και με ασφαλή τρόπο, έχοντας κατά νου ότι αυτά τα πιστοποιητικά θα πρέπει να επικυρωθούν σε πραγματικό χρόνο και εννοείται ότι δεν πρέπει να χάσουν την ακεραιότητά τους. Πράγματι, η τεχνολογία Blockchain χρησιμοποιείται για να μειώσει τη συχνότητα πλαστογραφησεων πιστοποιητικών και να διασφαλίσει ότι η ασφάλεια, η εγκυρότητα και η εμπιστευτικότητα των πιστοποιητικών αποφοίτησης θα βελτιωθούν. Η τεχνολογική αλλαγή προτύπου αναπτύσσεται στις επερχόμενες ενότητες (“How important are Digital Certificates for eHealth and the Internet of Medical Things?”, n.d.).

3.7.1 Blockchain για την έκδοση ψηφιακών πιστοποιητικών

Είναι γεγονός ότι από τεχνική και ηθική άποψη, τα ψευδή ιατρικά πιστοποιητικά αποτελούν πρόκληση που κατατρέπει τους οργανισμούς και τα ιδρύματα. Αυτό που συμβαίνει είναι ότι πολλά ψευδεπίγραφα ιατρικά πιστοποιητικά κυκλοφορούν παγκοσμίως. Αυτή η τακτική κοστίζει στις επιχειρήσεις εκατομμύρια δολάρια μερικές φορές. Πάντως σε γενικές γραμμές, η πρακτική αυτή ξεκινά με τους εργαζόμενους που υποβάλλουν ψευδή ιατρικά πιστοποιητικά για να αντλήσουν οικονομικά οφέλη από τους εργοδότες. Κατά τον ίδιο τρόπο, παρεμποδίζεται η άσκηση του ιατρικού επαγγέλματος και τη φήμη του ιατρού, καθώς τα ψευδή πιστοποιητικά μπορεί να περιλαμβάνουν το όνομα και τον αριθμό αδείας άσκησης του επαγγέλματός του.

Αυτό που αποδεικνύεται είναι ότι, τα πλαστά ιατρικά πιστοποιητικά επηρεάζουν τις επιχειρήσεις σε ό,τι αφορά στην απώλεια χρημάτων, ενώ και άλλες βιομηχανίες αντιμετωπίζουν την ίδια πρόκληση. Ας αναφερθεί ένα παράδειγμα του κλάδου της ασφάλισης υγείας, όπου πλαστά ή παραποιημένα έγγραφα χρησιμοποιούνται για ισχυρισμούς υγείας/επιστροφές από τον ασφαλιστή. Είναι μια άμεση οικονομική απώλεια για τις ασφαλιστικές εταιρίες. Λαμβάνοντας υπόψη λοιπόν την ασφάλιση

υγείας, η απάτη που διαπράττεται από τον πελάτη, τον πράκτορα ή τον πάροχο μπορεί να γίνει μεμονωμένα.

3.7.2 Εφαρμογή στα Ιατρικά πιστοποιητικά

Αυτό που μπορεί να ειπωθεί γενικά είναι ότι ένα ιατρικό πιστοποιητικό είναι ένα επίσημο έγγραφο που εκδίδεται σε ένα άτομο για χρήση ιατρικών υπηρεσιών από έναν πάροχο ή έναν πιστοποιημένο γιατρό (ή οποιοδήποτε σχετικό γιατρό). Ειδικότερα, αυτό το πιστοποιητικό υπογράφεται συνήθως από τον ιατρικό επαγγελματία και έχει τον αντίστοιχο αριθμό άδειας. Διαπιστώνεται ότι, αυτά τα πιστοποιητικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλαπλούς σκοπούς, έχοντας ως κύρια χρήση την αξίωση χρημάτων από τον ασφαλιστή ή την υποβολή στον εργοδότη για διοικητικούς σκοπούς, όπως η χρήση ιατρικών φύλλων. Μέσα από την πρόοδο της τεχνολογίας, η εμφάνιση της ψηφιοποίησης στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης έχει οδηγήσει στην ύπαρξη ψηφιακών πιστοποιητικών. Μάλιστα πολλοί είναι οι πάροχοι που έχουν αρχίσει να εκδίδουν ψηφιακά ιατρικά πιστοποιητικά. Επιπλέον, μια διάσταση που έχει προστεθεί στα ψηφιακά πιστοποιητικά είναι η ψηφιακή υπογραφή που εκδίδει μια αρχή πιστοποίησης σε ένα άτομο ή, όπως αναφέρεται εδώ, σε γιατρούς και επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου (<https://capsuletech.com/blog/digital-certificates-help-protect-healthcare-data-from-cyberattack>).

Είναι φανερό ότι, οι ψηφιακές υπογραφές χρησιμοποιούνται εδώ και αρκετό καιρό και αυτό το μοντέλο επαλήθευσης έχει λειτουργήσει καλά. Αυτό που συμβαίνει είναι ότι, τα πιστοποιητικά αυτά περιλαμβάνουν παράλληλα τις πληροφορίες για τον ασθενή, την περίληψη θεραπείας, τη συνταγή, και άλλες πληροφορίες. Μάλιστα, υπογράφονται από τον γιατρό ή την γιατρό χρησιμοποιώντας το εκδοθέν πιστοποιητικό ψηφιακής υπογραφής (DSC). Έτσι, οποιοσδήποτε λαμβάνει το έγγραφο ή το πιστοποιητικό μπορεί να επαληθεύσει το DSC. Από την μεριά του το DSC επικυρώνεται μέσω του κεντρικού χώρου αποθήκευσης και η απόκριση αποστέλλεται πίσω στον παραλήπτη. Φαίνεται λοιπόν ότι, το DSC έχει γεφυρώσει το χάσμα επικοινωνίας μεταξύ ιδιωτών, επιχειρήσεων και ιδρυμάτων. Πράγματι, τα DSC χρησιμοποιούν κρυπτογράφηση και αλγόριθμους για την επεξεργασία και την επαλήθευση της ψηφιακής υπογραφής. Αυτές οι ψηφιακές υπογραφές με τη σειρά τους, είναι ισοδύναμες με τις ιδιόχειρες υπογραφές κάποιου, αλλά έχουν μεγαλύτερη ασφάλεια με τη χρήση μαθηματικών αλγορίθμων. Αλήθεια αποτελεί το γεγονός ότι, οι ψηφιακές υπογραφές δημιουργούνται για την επίλυση του προβλήματος της παραποίησης της ψηφιακής επικοινωνίας, καθώς παρέχουν διαβεβαιώσεις για την προέλευση του εγγράφου, την ταυτότητα του συντάκτη του και τη συναίνεση μετά από ενημέρωση του υπογράφοντος. Αυτό που συμβαίνει στις περισσότερες χώρες, είναι ότι έχουν το ίδιο νομικό καθεστώς με τις ιδιόχειρες υπογραφές. Παρόλο που οι ψηφιακές υπογραφές φαίνεται να είναι η καλύτερη εναλλακτική λύση για τις διαδικασίες χειροκίνητης επαλήθευσης, υπάρχουν προβλήματα σχετικά με τη διαδικασία έγκρισης και επαλήθευσης στο DSC (Hörbst, 2015).

3.7.3 *Αλυσίδα μπλοκ για την έκδοση ιατρικού πιστοποιητικού*

Όπως είναι φανερό, οι ψηφιακές υπογραφές έχουν καταστεί πρότυπο σε πολλούς οργανισμούς και ιδρύματα και έχουν θεωρηθεί ως βασικό στοιχείο της στρατηγικής ασφάλειας. Μάλιστα, οι οργανισμοί εξαρτώνται από αυτά τα πιστοποιητικά και τους σύνθετους αλγόριθμους για να παρέχουν αυθεντικότητα του πιστοποιητικού και των δεδομένων για την προστασία από απάτες. Ενώ τα ψηφιακά πιστοποιητικά και οι υπογραφές χρησιμοποιούνται εδώ και μερικά χρόνια, εντούτοις τα ζητήματα της απάτης και της πλαστογραφίας δεν έχουν επιλυθεί πλήρως. Επιπλέον, φαίνεται ότι, τα ψηφιακά πιστοποιητικά δεν έχουν υιοθετηθεί σε πλήρη εξέλιξη από οργανισμούς σε ολόκληρο τον κόσμο, ιδιαίτερα σε αναπτυσσόμενες χώρες όπου τα έντυπα πιστοποιητικά εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται.

Επιπλέον, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιότητες του Blockchain, είναι πλέον προφανές ότι το Blockchain μπορεί να προσθέσει ένα επίπεδο ασφάλειας κατά την έκδοση ιατρικών πιστοποιητικών και υπογραφών. Του δίνεται η δυνατότητα να επιτρέψει πολλαπλές υπογραφές, αναφορές χρονικών σημάνσεων και δημιουργία δακτυλικών αποτυπωμάτων και να διανείμει όλες αυτές τις πληροφορίες σε ένα Blockchain-κατανεμημένο δίκτυο. Μια ενδιαφέρουσα πτυχή της χρήσης του Blockchain που πρέπει να επισημανθεί είναι ότι η εξάρτηση μιας αρχής πιστοποίησης μπορεί να εξαιρεθεί καθώς το ίδιο το Blockchain παρέχει ασύμμετρη ή κρυπτογράφηση δημόσιου κλειδιού, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως οι ψηφιακές υπογραφές μιας αρχής υπογραφής και μπορεί να επαληθευτεί εύκολα με τη χρήση του δικτύου Blockchain χωρίς την ανάγκη τρίτου. Το Blockchain με αυτόν τον τρόπο προσθέτει τη μεγαλύτερη αξία στην έννοια της απόδειξης της εργασίας - οι συναλλαγές δεν μπορούν να επεξεργαστούν ή να αφαιρεθούν, γεγονός που εξασφαλίζει σε μεγάλο βαθμό τις συναλλαγές και τις τεχνολογίες υπογραφής. Εν συνεχεία, από την μία μεριά, το άτομο (ασθενής), ο πάροχος (γιατρός) και ο ασφαλιστής λειτουργούν ως οι βασικοί ενδιαφερόμενοι στο συνδεδεμένο σύστημα που βασίζεται στο Blockchain. Από την άλλη πλευρά, οι εργοδότες (εταιρείες) δεν χρειάζεται να αποτελούν μέρος του ίδιου συστήματος, καθώς οι εταιρείες αυτές πρέπει απλώς να επαληθεύουν τα πιστοποιητικά που υποβάλλει ο ιδιώτης. Άρα, αυτές οι εταιρείες μπορούν να έχουν πρόσβαση στο σύστημα, απλά και μόνο κάνοντας χρήση της δημόσιας διεύθυνσης του ατόμου, χωρίς να επιβιβαστούν στην πλατφόρμα. Αυτή η υλοποίηση και η ροή εργασιών μπορεί να λειτουργήσει ως θέμα συζήτησης, αλλά οι υποκείμενες σκέψεις θα είναι συγκεκριμένες (Shuyi pu, 2023).

3.7.4 *Αρχιτεκτονική αυτού του συστήματος*

Για να υπάρξει μία ελάφρυνση του φόρτου εργασίας των οργανισμών και των ασφαλιστών για την έκδοση και την επαλήθευση των ψηφιακών ιατρικών πιστοποιητικών, θα πρέπει να υπάρξει μια αρχιτεκτονική που θα βασίζεται στην κορυφή ενός υφιστάμενου συστήματος EHR. Με άλλα λόγια, όλα τα αρχεία, συμπεριλαμβανομένων των ιατρικών και υγειονομικών αρχείων ενός ασθενούς, περνούν από το Blockchain και αποθηκεύονται στο διανεμημένο καθολικό. Έτσι, οι πληροφορίες ενός ασθενούς μπορούν να αποτελούνται από κάθε αλληλεπίδραση με

τον πάροχο και το χορηγούμενο ιατρικό πιστοποιητικό. Με τη σειρά τους όλα αυτά τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν σε πραγματικό χρόνο για έλεγχο και παρακολούθηση. Είναι λογικό, οι ιδιοκτησίες και τα δικαιώματα πρόσβασης των αρχείων να είναι σημαντικά κομμάτια μεταδεδομένων που προστίθενται στην αλυσίδα εκτός από τα κούτσουρα. Μέσα από αυτόν τον τρόπο, το ιστορικό όλων των προσβάσεων είναι αποθηκευμένο στο Blockchain που παρέχει μια πλήρη εικόνα όλων των γεγονότων που έχουν συμβεί σε κάθε εγγραφή και έτσι, εγγυάται την ακεραιότητα των δεδομένων και αποτρέπει την κακή χρήση των εγγραφών χρήστη.

Με βάση όλα όσα ειπώθηκαν για την έκδοση ψηφιακών ιατρικών πιστοποιητικών μέσω δικτύου τύπου blockchain, η υποκείμενη αρχιτεκτονική του συστήματος αποτελείται από τρία κύρια συστατικά:

- Blockchain δίκτυο: Στην περίπτωση αυτή, η προαναφερθείσα λειτουργικότητα της έκδοσης του ψηφιακού ιατρικού πιστοποιητικού μπορεί να οικοδομηθεί πάνω σε μια έτοιμη λύση, όπως το σύστημα EHR/HIS που βασίζεται στο Blockchain, για να παρέχει μια πλήρη εικόνα της αλληλεπίδρασης του ασθενούς με τον πάροχο ή τον γιατρό. Σε αυτήν τη φάση, εξετάζεται η χρήση του υφιστάμενου συστήματος EHR/ HIS που βασίζεται στο Blockchain για να παρέχεται επίσης η λειτουργικότητα της έκδοσης του ψηφιακού πιστοποιητικού μέσω του έξυπνου συμβολαίου. Έχει διατυπωθεί ότι το Blockchain τρέχει σε πολλαπλούς κόμβους, άρα είναι στην πραγματικότητα ένα ασφαλές σύστημα και δεν μπορεί να παραβιαστεί.

Αυτού του είδους η πρόταση θα λειτουργήσει σαν ένα μοντέλο κοινοπραξίας, εφόσον πολλοί ενδιαφερόμενοι στον τομέα της υγείας πρέπει να συμμετάσχουν σε μια κοινή πλατφόρμα.

- Frontendinterface (web/mobile/tablet): εδώ γίνεται λόγος για τις συνδέσεις αλληλεπίδρασης από την άποψη του χρήστη, είτε πρόκειται για έναν ασθενή, πάροχο, ή ασφαλιστική εταιρεία, καθώς δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας για το τι συμβαίνει στο παρασκήνιο. Επομένως, η καταχώριση όλων των δεδομένων γίνεται μέσω αυτής της πρώτης εφαρμογής, οπότε μετά την παροχή των ιατρικών υπηρεσιών στον ασθενή, ο γιατρός ή η αρμόδια αρχή εισάγει τις λεπτομέρειες που απαιτούνται για τη δημιουργία ενός πιστοποιητικού στο σύστημα υποστήριξης και υποβάλλει τις λεπτομέρειες. Με άλλα λόγια, η έξυπνη σύμβαση προετοιμάζει ένα πιστοποιητικό, υπογράφει το έγγραφο ψηφιακά και το εκδίδει στον ασθενή. Ο ασθενής, με τη σειρά του, μπορεί να κατεβάσει το πιστοποιητικό από τον ασθενή στην πύλη. Δεν είναι τυχαίο ότι, όλα τα γεγονότα της έκδοσης πιστοποιητικών καταγράφονται επίσης στο σύστημα EHR με βάση το Blockchain για μελλοντικές αναφορές.
- Webservices - Διαδικτυακές υπηρεσίες: Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οι Διαδικτυακές υπηρεσίες (APIs) απαιτούνται για να εκθέσουν τις λειτουργίες του συστήματος στους άλλους ενδιαφερόμενους. Έτσι λοιπόν, όταν ένα άτομο ή ένας ασθενής υποβάλλει ένα ιατρικό πιστοποιητικό στον εργοδότη ή τον

ασφαλιστή, οι φορείς αυτοί χρησιμοποιούν τα APIs για να ελέγξουν την αυθεντικότητα του ιατρικού πιστοποιητικού σε μια πλατφόρμα Blockchain. Αυτή η διαδικτυακή υπηρεσία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιονδήποτε έχει αρχείο πιστοποιητικού, δηλαδή από τους ίδιους τους κατόχους πιστοποιητικών και όλα τα τρίτα πρόσωπα και τους οργανισμούς στους οποίους οι κάτοχοι πιστοποιητικών υποβάλλουν το ψηφιακό πιστοποιητικό τους. Μάλιστα, κατόπιν αιτήματος, το Blockchain ελέγχει την τιμή κατακερματισμού του πιστοποιητικού και ανταποκρίνεται στον αιτούντα με πληροφορίες σχετικά με την αυθεντικότητα του πιστοποιητικού (Tellew, Tsung-Ting Kuo, Jamia, 2022; Razzaq; Mohsan; Ghayyur; Al-Kahtani; Alkahtani; Mostafa, 2022).

3.7.5 Κυβερνητικοί φορείς και ψηφιακά πιστοποιητικά

Όπως είναι αναμενόμενο, οι κυβερνητικοί φορείς και τα ιδρύματα σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν ιατρικά πιστοποιητικά και άλλα πιστοποιητικά υγειονομικής περίθαλψης ευρέως για τη διαχείριση διοικητικών διαδικασιών, τη διεξαγωγή προγραμμάτων υγειονομικής περίθαλψης, τη λήψη κυβερνητικών επιδοτήσεων, κ.λπ. Με τη σειρά τους, οι κυβερνητικοί φορείς ανά την υφήλιο είτε χρησιμοποιούν έντυπα πιστοποιητικά ή ψηφιακά ηλεκτρονικά πιστοποιητικά για την επικύρωση πληροφοριών των πολιτών και ιατρικών δεδομένων για διοικητικές διαδικασίες όπως η έκδοση κάρτας υγείας ή η συμπερίληψη του ατόμου στο κρατικό ασφαλιστικό συμβόλαιο.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί μία από τις ευρωπαϊκές χώρες της Βαλτικής, η Εσθονία, εδώ κυριαρχεί η υιοθέτηση του Blockchain σχεδόν σε όλους τους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης. Πράγματι, η εσθονική κυβέρνηση συνεργάστηκε με εταιρείες τεχνολογίας για την ανάπτυξη των προϊόντων της που βασίζονται στο Blockchain και αφορούν την υγειονομική περίθαλψη, την ηλεκτρονική διακυβέρνηση και τις χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες. Αναλυτικότερα, έχει αναπτύξει μια πλατφόρμα που ονομάζεται Keyless Signature Infrastructure (KSI) (https://m.guardtime.com/files/KSI_data_sheet_201509.pdf) για να εξασφαλίσει τα ψηφιακά δεδομένα που συλλέγονται από την κυβέρνηση και τα ιατρικά αρχεία των Εσθονών πολιτών, οι ίδιοι διαχειρίζονται μέσω της τεχνολογίας του KSI. Έτσι, αξιοποιώντας την τεχνολογία DLT, η KSI η οποία παράγει μια τιμή κατακερματισμού που αντιπροσωπεύει μεγαλύτερο όγκο δεδομένων. Ακολουθώντας, αυτή η τιμή κατακερματισμού λειτουργεί ως μοναδική αναφορά στο σύνολο δεδομένων. Το ίδιο το KSI επιτρέπει στους αξιωματούχους να παρακολουθούν τις αλλαγές εντός των βάσεων δεδομένων. Με άλλα λόγια, ποιος αλλάζει μια εγγραφή, ποιες αλλαγές εφαρμόζονται και πότε γίνονται. Επομένως, οποιαδήποτε μη εξουσιοδοτημένη παραποίηση των αρχείων μπορεί να εντοπιστεί και να αποτραπεί.

Η δράση στην οποία επιδίδεται η Εσθονία για να διατηρήσει τα δεδομένα υγείας ασφαλή, αμετάβλητα και διαθέσιμα στους πολίτες σε πραγματικό χρόνο, αφορά την έκδοση ηλεκτρονικών ταυτοτήτων μέσω της πλατφόρμας Blockchain για τη

διασφάλιση της ακεραιότητας των πληροφοριών και την προστασία των δεδομένων από εσωτερικές απειλές και κυβερνοαπειλές. Μέσα αυτής της διαδικασίας η πλαστογραφία γίνεται εύκολα ανιχνεύσιμη και βοηθά στην αποφυγή ζημιών σε δεδομένα υγείας ενός ατόμου. Μία ακόμη εύστοχη κίνηση της κυβέρνησης της Εσθονίας αποτελεί η ενσωμάτωση επίσης του συστήματος για την έκδοση ηλεκτρονικών ιατρικών πιστοποιητικών στους πολίτες μέσω της πλατφόρμας Blockchain (<https://e-estonia.com/solutions/cyber-security/ksi-blockchain/>; Ojo, 2017).

Στα ίδια πρότυπα αλλαγών, η κυβέρνηση της Σιγκαπούρης έχει αναπτύξει μια πλατφόρμα με βάση το blockchain που θα επιτρέπει στους εργοδότες να επαληθεύουν τα εκπαιδευτικά προσόντα των εργαζομένων και των υποψηφίων για εργασία, οι οποίοι έχουν αποφοιτήσει από τοπικά πανεπιστήμια, πολυτεχνεία και άλλα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Συγκεκριμένα, η προαναφερθείσα πλατφόρμα ονομάζεται «OpenCerts», όπου τα άτομα λαμβάνουν ψηφιακά πιστοποιητικά με μοναδική κρυπτογραφική απόδειξη ενσωματωμένη για ασφαλή επαλήθευση (<https://www.opencerts.io/faq>).

Τα άτομα από τη δική τους πλευρά, δεν χρειάζεται να αποκτήσουν αντίγραφα των βεβαιώσεων εκπαίδευσης, κατάρτισης κ.λπ. που έχουν εκδοθεί από τα αντίστοιχα ιδρύματα. Μέσα από αυτόν τον τρόπο τα ψηφιακά πιστοποιητικά μπορούν να επαληθευτούν από τους εργοδότες απευθείας μέσω της πλατφόρμας OpenCerts, η οποία θα ελέγχει τα δεδομένα του πιστοποιητικού βάσει του κώδικά του στην Blockchain για την εγκυρότητα και για να ανιχνεύσει οποιαδήποτε σημάδια αλλοίωσης. Επομένως, αυτή η αυτόματη επαλήθευση θα απλοποιήσει και θα μειώσει τις διοικητικές διαδικασίες και τη φυσική γραφειοκρατία για τους εργοδότες.

Μια ακόμη πολύ έξυπνη κίνηση στην οποία προέβησαν η Κρατική Υπηρεσία Τεχνολογίας της Σιγκαπούρης (GovTech) σε απόλυτη συνεργασία με το Υπουργείο Υγείας (MOH) είναι μια λύση βασισμένη στο Blockchain με το όνομα «HealthCerts». Για να γίνει πιο κατανοητό, πρόκειται για μια συγχώνευση κρυπτογραφικών αποτυπωμάτων, της τεχνολογίας blockchain, της προστασίας της ιδιωτικής ζωής και της απόδειξης ταυτότητας. Όλα αυτά είναι ένα σύνολο ψηφιακών προτύπων ανοικτού κώδικα που χρησιμοποιούνται για την έκδοση ψηφιακών πιστοποιητικών αποτελεσμάτων δοκιμών COVID-19. Μέσα από αυτό το σύστημα θα διευκολυνθεί και θα επιταχυνθεί η εκκαθάριση των ταξιδιωτών στα σημεία ελέγχου της μετανάστευσης, τόσο σε τοπικό, όσο και σε διεθνές επίπεδο. Με άλλα λόγια, σε αυτό το σύστημα, τα άτομα θα περάσουν από τη δοκιμή COVID-19 πριν ταξιδέψουν σε οποιαδήποτε άλλη χώρα και θα τους εκδοθεί ηλεκτρονικό πιστοποιητικό που θα περιέχει τον κωδικό QR μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Μάλιστα, αυτό το ηλεκτρονικό πιστοποιητικό μπορεί να ελεγχθεί σε οποιοδήποτε μετρητή μετανάστευσης σε παγκόσμιο επίπεδο, το οποίο επιτρέπει στο άτομο να εισέλθει στην αντίστοιχη χώρα.

Αυτές ήταν μόνο μερικές από τις κυβερνητικές πρωτοβουλίες που έχουν

πραγματοποιηθεί σε ορισμένες χώρες. Υπάρχουν βέβαια και άλλες ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες που υιοθετούν το blockchain για την παροχή λύσεων γύρω από την υγειονομική περίθαλψη. Το γεγονός ότι, εκδίδονται ηλεκτρονικά ιατρικού περιεχομένου πιστοποιητικά σε μεμονωμένα άτομα βοηθά τους κυβερνητικούς φορείς να επιβεβαιώσουν το έγγραφο σε πραγματικό χρόνο για τις διοικητικές διαδικασίες και να ξεκινήσουν διάφορα κυβερνητικά προγράμματα σχετικά με την υγειονομική περίθαλψη (CIIS 2020).

3.8 Blockchain και ηλεκτρονική η άυλη συνταγογράφηση

Ένα ιδιαίτερο στοιχείο που είναι σημαντικό κατά τη συζήτηση του οικοσυστήματος υγειονομικής περίθαλψης, είναι οι συνταγές που αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των ιατρικών και υγειονομικών υπηρεσιών βοηθώντας τους ασθενείς να αγοράζουν τα φάρμακα που τους έχουν συνταγογραφηθεί από το φαρμακείο. Υπάρχει η πιθανότητα η ροή εργασιών έκδοσης συνταγών να αλλάζει από ένα τυπικό σύστημα που βασίζεται σε χαρτί σε λογισμικό, αλλά πάντα το μοντέλο συνταγών που βασίζεται σε χαρτί εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σε πολλά μέρη. Επομένως, η υιοθέτηση της ηλεκτρονικής συνταγογράφησης επιλύει ζητήματα γύρω από το χάρτινο σύστημα, όπως είναι η κατεστραμμένη και χαμένη συνταγή, η χορήγηση λανθασμένης ιατρικής συνταγής λόγω κακής γραφής, κ.α. Μολονότι, το μοντέλο ηλεκτρονικής συνταγογράφησης χρησιμοποιείται, αντιμετωπίζει όμως προκλήσεις, όπως είναι τα ζητήματα διαλειτουργικότητας μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών, η κλοπή δεδομένων, ο κατακερματισμός κ.α.

Το σύστημα πρωτοβάθμιας φροντίδας υγείας της Ελλάδας για παράδειγμα, παρέχει τη δυνατότητα της άυλης συνταγογράφησης φαρμάκων από τον ιατρό. Αναλυτικότερα, τα στοιχεία της συνταγής που συνταγογράφησε ο ιατρός λαμβάνονται μέσω μηνύματος στο κινητό τηλέφωνο (sms) ή/και στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (email) που δηλώνεται και όχι σε μορφή φυσικού εντύπου (τυπωμένης συνταγής). Το πλεονέκτημα είναι ότι για την εκτέλεση της ηλεκτρονικής συνταγής από τον φαρμακοποιό δεν απαιτείται η προσκόμιση του φυσικού εντύπου της συνταγής φαρμάκων του ιατρού με την υπογραφή και τη σφραγίδα του. Ο φαρμακοποιός μπορεί να αναζητήσει για να εκτελέσει τη συνταγή με τον αριθμό της (barcode συνταγής), τον οποίο γνωρίζει ο ασθενής, καθώς τον έχει λάβει με μήνυμα στο κινητό τηλέφωνο (sms) ή/και στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (email) που έχει δηλώσει. Στην περίπτωση απώλειας του sms ή/και του email με τον αριθμό της συνταγής (barcode συνταγής), ο φαρμακοποιός μπορεί να αναζητήσει τη συνταγή με βάση τονΑΜΚΑ. Θα αποσταλεί κωδικός επιβεβαίωσης στο κινητό τηλέφωνο ή/και στο email, ο οποίος θα πρέπει να γνωστοποιηθεί στον φαρμακοποιό. Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις, όταν εκτελεστεί η συνταγή από τον φαρμακοποιό, ο πολίτης λαμβάνει ενημερωτικό μήνυμα στο κινητό τηλέφωνο ή/και στοηλεκτρονικόταχυδρομείοhttps://eclass.ekdd.gr/esdda/modules/document/file.php/KST_BEID_PDYY134/eHEALTH%20Text.pdf.

3.8.1 Βασικές προκλήσεις των υφιστάμενων συστημάτων συνταγογράφησης

Στην συνέχεια θα αναφερθούν ορισμένες από τις βασικές προκλήσεις του υφιστάμενου μοντέλου συνταγογράφησης σε χαρτί ή ψηφιοποιημένο:

- **Θέματα διαλειτουργικότητας:** Αυτό που πρέπει να τονιστεί είναι ότι, δεν υπάρχουν εξορθολογισμένοι διάυλοι επικοινωνίας μεταξύ των ενδιαφερομένων. Παράλληλα, τα δεδομένα δεν μοιράζονται μεταξύ των παρόχων υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης ή δεν υπάρχουν 360° απόψεις των δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης των ασθενών.
- **Έλλειψη τυποποίησης δεδομένων:** Είναι αλήθεια ότι, δεν υπάρχουν πρότυπα δεδομένων κατά την έκδοση συνταγών. Ακόμη, το υπάρχον μοντέλο πρέπει να αντιμετωπίσει την ασυνέπεια και τον κατακερματισμό των δεδομένων, έτσι ώστε οι πάροχοι να υπάρχει περίπτωση να μην έχουν τα ίδια δεδομένα με τον ασθενή.
- **Προκλήσεις ασφαλείας:** Ένα σημαντικό στοιχείο είναι ότι, τα υπάρχοντα συστήματα είτε είναι συγκεντρωτικά, είτε οι συνταγές εκδίδονται σε χαρτί, ο ρόλος τους είναι να προσελκύουν θέματα απορρήτου και ασφάλειας. Από την άλλη πλευρά όμως, τα υφιστάμενα συστήματα λογισμικού για την έκδοση ηλεκτρονικών συνταγών είναι επιρρεπή σε κυβερνοεπιθέσεις και σε κλοπή δεδομένων.
- **Λαθρεμπόριο φαρμάκων:** Δυστυχώς, δεν υπάρχουν συγκεκριμένα μέτρα για τον εντοπισμό και την ανίχνευση των φαρμάκων που πωλούνται, άρα υπάρχουν πιθανότητες τα φάρμακα και τα ιατρικά προϊόντα να διοχετευθούν στο παράνομο εμπόριο μέσω μεταπώλησης.

3.8.2 Συστήματα ηλεκτρονικής συνταγογράφησης με βάση το blockchain

Το στοιχείο που πρέπει να τονιστεί εδώ είναι ότι, το Blockchain είναι μία από τις νέες τεχνολογίες που έχουν αποκτήσει προσοχή σε όλο τον κόσμο κατά την τελευταία δεκαετία, αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει επίσης στο να επαναφέρει τη διαδικασία της ηλεκτρονικής συνταγογράφησης. Γίνεται κατανοητό ότι, το Blockchain βοηθά στη δημιουργία ενός νέου συστήματος ηλεκτρονικής συνταγογράφησης λαμβάνοντας υπόψη τις εγγενείς ιδιότητες της ασφάλειας, της αμεταβλητότητας, των συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο, της αποκεντρωμένης διανομής και της έξυπνης σύμβασης. Με βάση την ανάλυση και τις αναφορές που έχουν προηγηθεί, μπορεί κανείς να δημιουργήσει μια νέα ενότητα του συστήματος ηλεκτρονικής συνταγογράφησης πάνω στην υπάρχουσα πλατφόρμα HIS που βασίζεται στο Blockchain, όπου παρέχεται επίσης πρόσβαση σε EHR/EMRs, ή ακόμη και να δημιουργήσει μια εντελώς νέα πλατφόρμα για την έκδοση ηλεκτρονικών συνταγογραφήσεων στους ασθενείς.

Πρέπει να τονιστεί ότι ο πρωταρχικός στόχος της άντλησης του Blockchain στην έκδοση των ηλεκτρονικών συνταγών είναι η απλοποίηση των διαδικασιών συνταγογράφησης εξαλείφοντας τον χρόνο αναμονής και τις δόλιες δραστηριότητες μειώνοντας το ανθρώπινο σφάλμα και αυξάνοντας τη διαφάνεια και την εμπιστοσύνη στο σύστημα (Seaberg RW, Seaberg TR, Seaberg DC, 2021).

Για την ακρίβεια, κατά τη ροή εργασίας υψηλού επιπέδου, οι ασθενείς, οι πάροχοι και τα φαρμακεία συνδέονται μέσω μιας κοινής πλατφόρμας υγειονομικής περίθαλψης με

βάση το Blockchain και μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το υποκείμενο σύστημα μέσω των διασυνδέσεων περιβάλλοντος που παρέχονται. Στη συνέχεια, ο γιατρός ετοιμάζει μια συνταγή μέσω του frontend μετά την ιατρική συμβουλή ή θεραπεία και το σύστημα καταγράφει τη συνταγή μέσω έξυπνου συμβολαίου. Συνεπώς, η έξυπνη σύμβαση υπογράφει κατά τον ίδιο τρόπο, δηλαδή ψηφιακά την ηλεκτρονική συνταγογράφηση και στη συνέχεια ενημερώνει το αντίστοιχο φαρμακείο σχετικά με την εισερχόμενη ηλεκτρονική συνταγογράφηση με βάση τις άδειες που παρέχονται από τον γιατρό και τον ασθενή. Το φαρμακείο από τη δική του πλευρά έχει πρόσβαση στη συνταγή και συλλέγει το συνταγογραφούμενο φάρμακο από τον κατάλογο απογραφής. Ο φαρμακοποιός είναι υπεύθυνος να σαρώνει κάθε φάρμακο πριν το διαθέσει για να καταγράψει τις πληροφορίες πώλησης-αγοράς στην αλυσίδα Blockchain για σκοπούς παρακολούθησης και ελέγχου. Επομένως γίνεται κατανοητό ότι, η έξυπνη σύμβαση περιλαμβάνει γενικά την οργάνωση της ικανοποίησης από τα φάρμακα μεταξύ των γιατρών και των καταστημάτων με φάρμακα. Χάρη σε αυτό, οι γιατροί ξοδεύουν λιγότερο χρόνο εξηγώντας τις αιτήσεις για φάρμακα ή γενικά μιλώντας με τα καταστήματα φαρμάκων μετά από την επίσκεψη ενός ασθενούς (Schlatt, Sedlmeir, Traue, Völter, 2021).

3.8.3 Αντιμετώπιση του λαθρεμπορίου φαρμάκων

Πέραν από όλα όσα έχουν παρουσιασθεί και αναλυθεί, οι ηλεκτρονικές συνταγές και το Blockchain μπορούν να χειριστούν το παράνομο εμπόριο και τη μεταπώληση ναρκωτικών. Για την ακρίβεια, ο μηχανισμός QR που βασίζεται στον κώδικα θα τεθεί στο σύστημα κατά τη διανομή του φαρμάκου. Με αυτόν τον τρόπο, ο φαρμακοποιός μπορεί απλά να σαρώσει τον κωδικό QR, ενώ διανέμει τα φάρμακα και στη συνέχεια να υποβάλει τις πληροφορίες. Με τη σειρά του το Blockchain θα σώσει τις πληροφορίες σχετικά με το φάρμακο και το πρόσωπο που αγόρασε τα φάρμακα από το φαρμακείο, επιτρέποντας τον εντοπισμό των φαρμάκων.

Συμπληρωματικά, ο ασθενής μπορεί να ελέγξει την αυθεντικότητα των φαρμάκων σαρώνοντας τον κωδικό QR του φαρμάκου. Αυτό σημαίνει ότι, τα άτομα δεν μπορούν να μεταπωλήσουν τα φάρμακα στην ανοικτή αγορά. Στην περίπτωση που ο αγοραστής σαρώσει τον κωδικό QR από την ετικέτα, μπορεί να γίνει οπισθοδρόμηση και μπορεί να δημιουργηθεί μια προειδοποίηση από το δίκτυο Blockchain (Haq, 2018). Σε αυτόν τον τομέα της ιχνιλάτησης τον Απρίλιο του 2020, η IBM ανακοίνωσε ένα δίκτυο με δυνατότητα blockchain - IBM Rapid Supplier Connect - για τη σύνδεση κυβερνήσεων και οργανισμών υγειονομικής περίθαλψης με μη παραδοσιακούς προμηθευτές εξοπλισμού, συσκευών και προμηθειών για την καταπολέμηση του COVID-19 (IBM, 2020).

3.9 Εμβολιασμός και Blockchain

Όλα αυτά τα δεδομένα οδηγούν στη διαπίστωση ότι, το Blockchain μπορεί να φέρει επανάσταση στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης, στα υπάρχοντα προγράμματα υγειονομικής περίθαλψης και στα πιλοτικά προγράμματα. Αναφέρθηκαν επίσης, ορισμένες από τις περιπτώσεις πρακτικής χρήσης του Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη. Εννοείται πως το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην

εκτέλεση του εμβολιασμού και άλλων πολιτικών υγειονομικής περίθαλψης. Παρόλα αυτά, για να επιτευχθούν οι στόχοι πολιτικής, θα πρέπει να αναπτυχθούν έξυπνες συμβάσεις και λύσεις που θα βασίζονται στο Blockchain σε συνδυασμό πάντα με άλλες τεχνολογίες και ένα ισχυρό Σύστημα Πληροφοριών για την Υγεία (HIS) και την υποδομή των δεδομένων. Ειδικότερα, είναι φανερό ότι, σε συγχρονισμό, αυτά παρέχουν τη βέλτιστη λύση για την κάλυψη των αναγκών πληροφόρησης για την υγεία. Έτσι λοιπόν, οι έξυπνες συμβάσεις τύπου blockchain μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επιβολή και την εκτέλεση εμβολιασμού και άλλων πολιτικών που σχετίζονται με την υγειονομική περίθαλψη χωρίς οποιαδήποτε χειρωνακτική παρέμβαση. Αναλυτικότερα, για να συνοψίσει την έξυπνη σύμβαση, το Blockchain μπορεί να συλλέξει αρχεία μιας επιβεβλημένης πολιτικής, όπως λ.χ. όρους πολιτικής, τιμολόγια και άλλες σχετικές πληροφορίες και να εκτελεί τον κανόνα μέσω μιας έξυπνης σύμβασης που βασίζεται σε προκαθορισμένους κανόνες επιχειρήσεων ή διακυβέρνησης με διαφανή, αμετάβλητο και μη αμφισβητήσιμο τρόπο. Έχοντας ως χαρακτηριστική περίπτωση την πρόσφατη έξαρση της νόσου COVID-19 θα κατανοηθεί πλήρως ο ρόλος των έξυπνων συμβάσεων στην εκτέλεση της πολιτικής. Ειδικότερα, διάφορες χώρες είχαν διαφορετικές ταξιδιωτικές συμβουλές, πολιτικές εμβολιασμού και κανονισμούς σχετικά με τις δόσεις εμβολίων κατά της νόσου Covid-19. Μέσα σε όλη αυτήν την κατάσταση, ο χειροκίνητος έλεγχος όλων αυτών των περιοχών είναι εφικτός, αλλά με κόστος πάρα πολλές χειροκίνητες εξαρτήσεις, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου δεν σχεδιάστηκε τυποποιημένο πλαίσιο για την καταπολέμηση της αιφνίδιας έξαρσης της νόσου Covid. Γίνεται κατανοητό ότι, οι έξυπνες συμβάσεις που βασίζονται σε blockchain μπορούν σίγουρα να βοηθήσουν στην επιβολή τέτοιων κατευθυντήριων γραμμών, πολιτικών και κανονισμών χωρίς να απαιτούν παρέμβαση από ανθρώπους. Ας ληφθεί υπόψη το εξής παράδειγμα, αν ένα άτομο στην Ευρώπη είχε λοίμωξη από Covid-19 και ταξιδεύει στις ΗΠΑ μετά την ανάρρωση, η έξυπνη σύμβαση μπορεί να αντλήσει τα ιατρικά του αρχεία από EHR/EMR και να συμβουλευσει τις αρχές αναφοράς στις ΗΠΑ για το επόμενο σημείο δράσης ή να ενημερώσει το άτομο, αν του επιτρέπεται να ταξιδέψει στις ΗΠΑ (Toubiana, Macdonald, Rajananda, Lokvenec, Kingsley, Romero-Brufau, 2022).

3.9.1 Προσέγγιση βασισμένη σε blockchain για τις διαδικασίες εμβολιασμού

Επικρατεί η κοινώς διαδεδομένη γνώμη ότι η ιχνηλασιμότητα του εμβολίου αποτελεί πρόκληση σε σχέση με ένα συμβατικό μοντέλο καθώς χρησιμοποιείται ένας μοναδικός τυχαίος αριθμός, γνωστός ως επισήμανση, για τον εντοπισμό και την ανίχνευση του ιού εμβολίου. Αυτό επιφέρει ως αποτέλεσμα, ο έλεγχος της ανιχνευσιμότητας του εμβολίου να είναι περιορισμένος. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελούν, οι ρυθμιστικές αρχές που επιθυμούν να ελέγξουν τη διαδικασία ανοσοποίησης για μια περιοχή, όπου ενδέχεται να δυσκολευτούν να βρουν ποιος εμβολιάζεται, ειδικά αν μιλάμε για χαμηλό εισόδημα ή πληθυσμό κάτω από το όριο της φτώχειας. Το ίδιο δύσκολο είναι να ελεγχθεί αν έχουν ακολουθηθεί όλες οι πολιτικές και οι κανονισμοί από την κατασκευή έως τη διανομή καθώς δεν είναι μέρος ενός κεντρικού συστήματος. Αυτό δεν είναι τυχαίο, συμβαίνει επειδή τα

δεδομένα λαμβάνονται από διαφορετικά κανάλια και πηγές που είναι απομονωμένες. Συνέπειες όλων αυτών είναι οι μεγάλες μονάδες ανοσοποίησης να πραγματοποιούνται χωρίς κεντρικό πλαίσιο εργασίας αντιμετωπίζοντας δυσκολίες σχετικά με τον υπολογισμό των δεδομένων, τις παραβιάσεις δεδομένων, τις απειλές ασφαλείας και την εκχώρηση εμβολίων. Ένα ακόμη στοιχείο είναι ότι, το σύστημα απαιτείται να παρέχει ένα πλαίσιο για το συντονισμό μεταξύ των κατασκευαστών, των διανομέων, των διανομέων και των ρυθμιστικών αρχών. Επιπρόσθετα δεν πρέπει να παραλείπεται το γεγονός ότι, η απουσία ή η έλλειψη δηλωμένων αρχείων προκαλεί εμπόδια στο πρόγραμμα εμβολιασμού (Zhao, Ma, 2022).

Το ιδιαίτερο στοιχείο είναι ότι, κάθε πρόγραμμα εμβολιασμού, ανεξάρτητα από την περιοχή, εξαρτάται από τις ακόλουθες διαστάσεις για να εξασφαλίσει αποτελεσματικές πολιτικές και κατευθυντήριες γραμμές εμβολιασμού. Στο σημείο αυτό αναφέρονται οι πραγματικές προκλήσεις από αυτές τις διαστάσεις γύρω από το πρόγραμμα εμβολιασμού:

- Έρευνα και ανάπτυξη
- Έρευνα σχετικά με τα εμβόλια με βάση προκαθορισμένες μεθόδους και διαδικασίες
- Καταχώριση του εμβολίου και αίτηση χορήγησης διπλώματος ευρεσιτεχνίας
- Αποτελέσματα δοκιμών πριν την παραγωγή
- Άδεια παραγωγής από εξουσιοδοτημένη ρυθμιστική αρχή
- Υποβολή εκθέσεων όπως έχει σχεδιαστεί από ρυθμιστικούς φορείς
- Μαζική παραγωγή
- Προμήθεια πρώτων υλών
- Μαζική παραγωγή
- Ψηφιακή ταυτότητα των αποστολών εμβολίων
- Αλυσίδα εφοδιασμού και διαχείριση της ψυχρής αλυσίδας
- Παρακολούθηση και ανταπόκριση σε πραγματικό χρόνο για δυσμενείς επιπτώσεις
- Κατανομή
- Ανάλυση και διαχείριση της ζήτησης και της προσφοράς
- Διασυνοριακή προσφορά
- Κανονισμοί για την εφοδιαστική αλυσίδα και την ψυκτική αλυσίδα
- Οικονομία
- Βιώσιμα προγράμματα ανοσοποίησης
- Τιμές/διαφημίσεις
- Νομικό και κανονιστικό πλαίσιο για τη δίκαιη ανταλλαγή των εμβολίων
- Έργα υποδομής
- Τοπική υποδομή για αποτελεσματική διανομή, διαχείριση και έλεγχο
- Προμήθεια εμβολίων και συσκευών ανοσοποίησης
- Στρατηγική προώθησης και εμπορίας
- Περιοδική ανταλλαγή δεδομένων σχετικά με τα εμβόλια

Μπορεί να διαπιστωθεί ότι πολλαπλά κενά είναι δυνατά, ενώ γίνεται λόγος για

προγράμματα ανοσοποίησης αν δεν υπάρχει ένα ολοκληρωμένο και διαλειτουργικό ψηφιακό πλαίσιο. Με βάση τις αναφορές στα προηγούμενα κεφάλαια, μέσω της τεχνολογίας Blockchain μαζί με τα δεδομένα AI/ML και Big, είναι δυνατό να αναπτυχθεί ένα καταναμημένο πλαίσιο για την παραγωγή και την επίβλεψη εμβολίων. Αυτά τα πλαίσια Blockchain μπορούν να βοηθήσουν στην επιβολή πολιτικών και κανονισμών χωρίς να έχουν χειροκίνητες διαδικασίες. Τα κράτη και οι χώρες δεν έχουν ενιαίους κανονισμούς, συμμόρφωση, στρατηγικές και σχέδια εφαρμογής διανομής εμβολίων.

Είναι προφανές ότι, περιλαμβάνονται όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη που συμμετέχουν στη διαδικασία, από έναν κυβερνητικό φορέα σε κατασκευαστή και άτομο, και ο τρόπος που αλληλεπιδρούν με ένα σύστημα που βασίζεται στο Blockchain για να ολοκληρώσει έναν κύκλο εμβολιασμού. Όντως, οι οντότητες και τα άτομα σε αυτήν την προτεινόμενη ροή έχουν καθορισμένους ρόλους, αυτό οδηγεί στο να έχουν συγκεκριμένους ρόλους και ευθύνες, ενώ ταυτόχρονα αλληλεπιδρούν με το δίκτυο Blockchain. Με πιο απλά λόγια, το σύστημα Blockchain αποφασίζει σχετικά με την προβολή των ασφαλών και ιδιωτικών δεδομένων σε αυτούς τους ενδιαφερόμενους βάσει της συναίνεσης που παρέχεται γύρω από τα προσωπικά δεδομένα. Ακολουθώντας την έξυπνη σύμβαση διασφαλίζει ότι όλοι οι ενδιαφερόμενοι στο σύστημα ακολουθούν τις συμφωνηθείσες πολιτικές και κανονισμούς. Είναι σημαντικό να αναφερθούν οι ρόλοι και οι αρμοδιότητες που ανατίθενται σε κάθε ενδιαφερόμενο στο προτεινόμενο σύστημα:

- Ρυθμιστικό σώμα: Πρόκειται για ένα σκέλος της κυβέρνησης, το οποίο εξασφαλίζει την ομαλή προμήθεια, την επιβολή της πολιτικής, τη διεξαγωγή και τον έλεγχο των δίσκων εμβολιασμού. Σε θεωρητικό πλαίσιο, επιτρέπεται η πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα που εισάγονται στο blockchain και απαιτούνται για το πρόγραμμα εμβολιασμού.
- Κατασκευαστής: Ο φορέας αυτός είναι υπεύθυνος για τη μαζική παραγωγή των εμβολίων. Συγκεκριμένα, πραγματοποιεί την αρχική έρευνα και ανάπτυξη στα εμβόλια και προμηθεύεται όλα τα προαπαιτούμενα πριν από την παρασκευή του εμβολίου.
- Διανομείς: Είναι υπεύθυνοι στο να διατηρούν τη ροή των εμβολίων και τα προμηθεύουν όπου απαιτείται.
- Κέντρο εμβολιασμού: Εδώ πρόκειται για ένα τοπικό ιατρικό ή άλλο μέρος που έχει επιτραπεί από την κυβέρνηση να εμβολιάσει τον τοπικό πληθυσμό. Ειδικότερα, τα κέντρα αυτά λαμβάνουν πολλά εμβόλια από τους διανομείς και στη συνέχεια τα διαθέτουν. Είναι καλό να ενημερώσουν τα αποθέματα στο σύστημα Blockchain για τη διαχείριση της ζήτησης και της προσφοράς.
- Εξουσιοδοτημένο προσωπικό: Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το κέντρο εμβολιασμού εξουσιοδοτεί το εσωτερικό προσωπικό να ολοκληρώσει τον εμβολιασμό. Έτσι λοιπόν, το προσωπικό μπορεί να τραβήξει τα αρχεία υγείας ενός ατόμου από το σύστημα Blockchain πριν από τον εμβολιασμό και να τους εμβολιάσει ανάλογα.
- Άτομο: Πρόκειται για το ένα άτομο που λαμβάνει τη δόση του εμβολίου.

Όπως φαίνεται στην προτεινόμενη ροή, το σύστημα Blockchain θα λειτουργήσει ως μια ενιαία πηγή και όλα τα δεδομένα και οι πληροφορίες που ρέουν μεταξύ των ενδιαφερομένων θα αποθηκευτούν και θα επεξεργαστούν από το Blockchain. Μάλιστα, όλες οι πληροφορίες που αποθηκεύονται στο Blockchain θα είναι αμετάβλητες και ασφαλείς. Όλη αυτή η ανασκόπηση οδηγεί στο ότι, τα ακόλουθα δεδομένα τεκμαίρονται ότι αποθηκεύονται στο Blockchain:

- Καταχώριση και ταυτοποίηση εμβολίου: Αναλυτικότερα, κάθε εμβόλιο που έχει λάβει άδεια κυκλοφορίας και έχει καταχωριστεί πρέπει να ανανεώνεται στο δίκτυο για αυθεντική ταυτοποίηση.
- Παραγωγή και παρακολούθηση εμβολίων: Συγκεκριμένα, το blockchain μπορεί να χειριστεί τις λειτουργίες παραγωγής εμβολίων και να παρακολουθήσει τα διάφορα στάδια της παραγωγής, συμπεριλαμβανομένης της αλυσίδας εφοδιασμού και της ψυκτικής αλυσίδας.
- Χαρακτηριστικά εμβολίων: Τα χαρακτηριστικά των εμβολίων, για παράδειγμα ο αριθμός παρτίδας, η ημερομηνία λήξης, ο ανατεθειμένος διανομέας, οι πληροφορίες παρακολούθησης, κ.λπ. μπορούν να αποθηκευτούν στο Δίκτυο αλυσίδας μπλοκ.
- Πληροφορίες για τον ασθενή: Στην περίπτωση αυτή, το σύστημα Blockchain μπορεί να τραβήξει τα αρχεία υγειονομικής περίθαλψης των ατόμων από τη συνδεδεμένη EHR/EMR με βάση τη συγκατάθεση και να επεξεργαστεί αυτές τις πληροφορίες για την ταυτοποίηση του ατόμου κατά την κίνηση του εμβολιασμού.
- Κέντρο Υγείας: Εδώ μπορεί να ενταχθεί το αναγνωριστικό του κέντρου εμβολιασμού, οι πληροφορίες απογραφής, τα στοιχεία του εξουσιοδοτημένου προσωπικού, τα άτομα που χορηγούνται, κ.λπ. μπορούν λοιπόν να είναι οι δείκτες δεδομένων που θα εγχυθούν στο blockchain.
- Εξουσιοδοτημένο προσωπικό: Ειδικότερα περιλαμβάνονται η ταυτοποίηση του προσωπικού, το άτομο που εμβολιάστηκε από το προσωπικό και οι πληροφορίες εμβολιασμού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το σύστημα Blockchain.
- Έξυπνα συμβόλαια: Αυτή η φάση αφορά μία κρυφή ενότητα που εξασφαλίζει ότι οι πολιτικές και οι κανονισμοί είχαν ακολουθηθεί δίκαια καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός εμβολιασμού. Έτσι λοιπόν οι έξυπνες συμβάσεις επιβάλλουν ρύθμιση μέσω αυτοματοποιημένων σεναρίων και δεν χρειάζονται χειροκίνητη παρέμβαση.
- Ψηφιακά πιστοποιητικά: Είναι γεγονός ότι, το σύστημα Blockchain μπορεί να εκδώσει ένα ψηφιακό πιστοποιητικό για το άτομο μετά τον εμβολιασμό και το ίδιο διατηρείται στο Blockchain. Πράγματι, τα ψηφιακά πιστοποιητικά μπορούν να εκδοθούν από πιστοποιημένη αρχή, καθώς οι εν λόγω φορείς θα επιβιβαστούν στην πλατφόρμα για την έκδοση ψηφιακών πιστοποιητικών.

Επομένως, για να γίνει πιο κατανοητό, οι αναφερόμενοι δείκτες δεδομένων στο δίκτυο Blockchain μπορούν να επεξεργαστούν από έναν αναλυτικό μηχανισμό βασισμένο σε AI/ML στο πλαίσιο για να παρέχουν μια οξεία υποεκτίμηση του

προγράμματος ανοσοποίησης, εδώ αναφέρονται παραδείγματα όπως τα άτομα που εμβολιάστηκαν, η ηλικιακή ομάδα, η δημογραφία, η γεωγραφία, οι προηγούμενες συνθήκες, οι προτιμήσεις, κ.λπ., για να κάνουν τους μελλοντικούς εμβολιασμούς πιο αποτελεσματικούς και αποδοτικούς. Κατά τον ίδιο τρόπο, μπορούν να δημιουργηθούν πλατφόρμες με βάση το Blockchain για την επιβολή πολιτικών και κανονισμών για την υγειονομική περίθαλψη και τον εμβολιασμό (Koyama; Tran; Fujimoto; Bao, 2023).

3.9.2 Έξυπνη προληπτική υγειονομική περίθαλψη βάσει ασφαλιστικών συμβολαίων

Είναι αλήθεια ότι, σε τέτοια συστήματα υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται στο Blockchain, οι καταναλωτές μπορούν να ενθαρρυνθούν για την προσαρμογή υγιεινότερων τρόπων ζωής, σύμφωνα με τα προγράμματα που παρέχονται από τα προγράμματα ευεξίας που σχεδιάζουν οι ασφαλιστικές εταιρείες. Επιπροσθέτως, μπορούν να δοθούν κίνητρα για τη σύνδεση των έξυπνων συσκευών IoT τους (φορητή, συσκευές περίθαλψης ασθενών, κ.λπ.) με την πλατφόρμα, με αποτέλεσμα οι ασφαλιστές να μπορούν να τραβήξουν τα δεδομένα του καταναλωτή για να εκτιμήσουν τον κίνδυνο γύρω από την πολιτική υγειονομικής περίθαλψης. Οι ανταμοιβές μπορούν να πιστωθούν με όρους «Μάρκες» που εκδίδονται από το Blockchain και αυτές οι μάρκες μπορούν να δαπανηθούν στο πλαίσιο της αγοράς των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης στο οικοσύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Αυτό λειτουργεί κατά τρόπο ανάλογο δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι η συμμετοχή των καταναλωτών, τόσο μεγαλύτερη είναι η αξία των κερδισμένων μαρκών (<https://hedera.com/learning/smart-contracts/smart-contracts-healthcare>).

Συνεπώς, τα έξυπνα συμβόλαια που βασίζονται σε blockchain μπορούν να υλοποιηθούν για την ανάπτυξη ενός συστήματος για τις ασφαλιστικές εταιρείες, με αποτέλεσμα να αντλήσουν δεδομένα από τα συνδεδεμένα EHR/EMRs μετά από τη συγκέντρωση της συγκατάθεσης των καταναλωτών και οι κινητήρες που βασίζονται σε AI/ML μπορούν να βοηθήσουν για την αξιολόγηση των κινδύνων και των ασφαλιστρών (Yu, Sun, Wu, Kuo, 2020).

Ανακεφαλαιώνοντας, τα προγράμματα ή οι μονάδες πρόληψης μπορούν να σχεδιαστούν με καλά οργανωμένο τρόπο, με την προϋπόθεση ότι οι ασφαλιστές έχουν πρόσβαση σε συνήθειες τρόπου ζωής, πληροφορίες και ιατρικό ιστορικό. Σίγουρα, οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να εξορθολογίσουν και να αυτοματοποιήσουν τέτοιες διαδικασίες, οι οποίες περιλαμβάνουν μοντέλα ανταλλαγής δεδομένων, όρους πολιτικής και εκτιμήσεις κόστους, αυτοματοποιημένες πληρωμές με ανταμοιβές ή κίνητρα. Ο τρόπος κατά τον οποίο το υφιστάμενο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης αντιμετωπίζει τις προκλήσεις είναι αρκετά κρίσιμος για την ευημερία των ασθενών και την οικονομική βιωσιμότητα του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης, συμπεριλαμβανομένων των ασφαλιστικών εταιρειών. Επομένως, το Blockchain χαρακτηρίζεται ως ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό, ενώ ταυτόχρονα και παράλληλα προσφέρει πλήρη διαφάνεια και ισχυρή ασφάλεια δεδομένων. Αυτό το γεγονός, μπορεί να δώσει στους ασθενείς περισσότερο έλεγχο της εμπειρίας τους και των προσωπικών ιατρικών πληροφοριών,

βελτιώνοντας την πρόληψη και μειώνοντας το τεράστιο κόστος της σημερινής υγειονομικής περίθαλψης (Ghosh; Chakraborty; Hasan; Rashid; Siddique, 2023).

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, αυτή η διπλωματική άγγιξε τους θεμελιώδεις τομείς του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης και τις προκλήσεις τους. Έγινε πλήρης αναφορά στην τεχνολογία Blockchain και την εφαρμογή της στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, από την ασφάλιση, τη διαχείριση αρχείων έως την αλυσίδα εφοδιασμού. Επιπλέον, υπογραμμίστηκε ότι η χρήση του Blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντιμετώπιση των ζητημάτων ασφάλειας και χειρισμού δεδομένων στο υπάρχον σύστημα και διαπιστώθηκε η αξία αυτής της νέας τεχνολογίας στην αλυσίδα εφοδιασμού και παρακολούθησης των ιατρικών προϊόντων. Κυρίως σήμερα, οι εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης παραμένουν ένας από τους στόχους των κυβερνοεγκλημάτων και ο ρυθμός των κυβερνοεπιθέσεων στα νοσοκομεία αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19. Η ενσωματωμένη κρυπτογράφηση και άλλα χαρακτηριστικά ασφαλείας που παρέχει η τεχνολογία του Blockchain στην υγειονομική περίθαλψη, υπόσχονται να κάνουν πιο ασφαλή τα δίκτυα υπολογιστών και τα συστήματα πληροφοριών των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης. Οι ασθενείς έτσι θα διατηρούν τον έλεγχο του τρόπου διαχείρισης και διανομής των δεδομένων τους μεταξύ των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης, των ασφαλιστικών εταιρειών και άλλων ενδιαφερόμενων μερών στον ευαίσθητο κλάδο της υγείας.

Η κατακεκομμένη αρχιτεκτονική, η ενσωματωμένη ασφάλεια και η αποκεντρωμένη αποθήκευση του Blockchain το καθιστούν κατάλληλο για τη διαχείριση και την παρακολούθηση της κίνησης φαρμάκων και των ιατρικών προμηθειών. Είναι εύκολο να επιβεβαιωθεί η προέλευση των φαρμάκων επειδή, όλες οι συναλλαγές καταγράφονται μέσω των εφαρμογών που βασίζονται στο Blockchain και όλοι οι κόμβοι διατηρούν κάθε αρχείο της οποιαδήποτε συναλλαγής. Αυτό βοηθά για παραδειγμα στον εντοπισμό των ιατρικών προϊόντων αλλά και των πλαστών φαρμάκων. Οι ελλείψεις βασικού ιατρικού εξοπλισμού, προμηθειών και φαρμάκων κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19 ανέδειξαν τα προβλήματα του κλάδου των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης. Παρά τάντα, τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης καλούνται να αποκτήσουν ιατρικό εξοπλισμό και προμήθειες εν' μέσω υψηλής ζήτησης και πανδημιών. Έτσι βλέπουμε ότι το Blockchain είναι μια υποψήφια τεχνολογία για τη διασφάλιση της αξιοπιστίας των προμηθευτών και την παρακολούθηση της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η τεχνολογία Blockchain είναι ένα μεγάλο εργαλείο για την καινοτομία σε πολλά επίπεδα. Η ευρεία υιοθέτηση του Blockchain γενικότερα στην υγειονομική περίθαλψη θα δώσει στους ασθενείς περισσότερο έλεγχο των δεδομένων τους, θα βελτιώσει την ακρίβεια και την ασφάλεια, θα κάνει τις υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης πιο προσιτές και θα μειώσει το κόστος υγειονομικής περίθαλψης. Η μετά-COVID-19 εποχή θα εγκαινιάσει καινοτόμες προσεγγίσεις σε όλες τις πτυχές της παροχής υγειονομικής περίθαλψης, πολλές από τις οποίες θα ωφεληθούν έχοντας ως βάση τους καινοτόμες τεχνολογικές ιδέες.

Ένα άλλο στοιχείο που είναι κρίσιμο είναι και το κόστος ανάπτυξης και εφαρμογής τέτοιων τεχνολογιών, όπως το Blockchain, το οποίο αποτελεί βασικό παράγοντα για τους όλους τους οργανισμούς που το υιοθετούν. Στοιχεία από την Εσθονία, όπου η τεχνολογία Blockchain έχει αναπτυχθεί στο εθνικό σύστημα

υγείας, υποδηλώνουν ότι το κόστος, όσον αφορά την τεχνική ανάπτυξη και εφαρμογή, είναι μικρό. Μόλις αναπτυχθεί η βασική αρχιτεκτονική, ενδέχεται να προστεθούν πρόσθετες εφαρμογές με χαμηλότερο κόστος.

Το Blockchain όμως δεν αποτελεί μια τεχνολογική πανάκεια. Έχει ακόμα αρκετά προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν πριν γίνει εφαρμοστέο σε πολλούς κλάδους της υγείας. Για παράδειγμα δεν εξαλείφει τα δύσκολα εμπόδια που υπάρχουν στον ψηφιακό μετασχηματισμό του τομέα της υγείας, όπως η έλλειψη διαλειτουργικότητας δεδομένων, και δεν αντικαθιστά την ανάγκη για συνολική διαχείριση των δεδομένων υγείας. Επίσης το αμετάβλητο του Blockchains μπορεί να είναι δίκικο μαχαίρι. Τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε μια αλυσίδα μπλοκ, που σχετίζεται με το αρχείο υγείας ενός ατόμου, δεν μπορούν να διαγραφούν. Ενώ οι πληροφορίες που αποθηκεύονται εκτός αλυσίδας μπορούν να διαγραφούν, η εγγραφή ότι οι πληροφορίες υπήρχαν προηγουμένως δεν μπορεί να αφαιρεθεί από την αλυσίδα. Αυτές οι πληροφορίες μπορεί να είναι δυνητικά ευαίσθητες και τίθεται νομικό ερώτημα εάν τα μεταδεδομένα υπολογίζονται ως προσωπικά δεδομένα υγείας. Η τεχνολογία Blockchain έχει επίσης για παράδειγμα το ατού των έξυπνων συμβάσεων. Αυτή η εφαρμογή αποδεικνύει ότι η τεχνολογία Blockchain έχει πολύ περισσότερες δυνατότητες από την απλή μεταφορά ψηφιακών νομισμάτων. Και εδώ βεβαία δεν είναι όλα ροδίνα. Πρέπει πρώτα να διασφαλιστεί η απόλυτη ακεραιότητα του Blockchain σε τετοιες διαδικασίες.

Το Blockchain έχει τη δυνατότητα να αναθεωρήσει τις παραδοσιακές διαδικασίες σε τομείς της υγειονομικής περίθαλψης και μπορεί έτσι να προσφέρει ένα νέο είδος πλαισίου υγειονομικής περίθαλψης, σε κάθε τομέα της υγείας, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με άλλες νέες τεχνολογίες αιχμής όπως AI / ML, Cloud computing και Big Data. Βλέπουμε ότι ο τομέας της υγειονομικής περίθαλψης κινείται προς την ψηφιοποίηση, αλλά είδαμε ότι εξακολουθούν να υπάρχουν κενά που πρέπει να αντιμετωπιστούν για την ομαλή και αποτελεσματική αυτοματοποίηση των διαδικασιών και των λειτουργιών της υγειονομικής περίθαλψης. Με τις επερχόμενες τεχνολογίες όπως η τεχνητή νοημοσύνη, τα μεγάλα δεδομένα, η μηχανική μάθηση, το cloud computing και το Blockchain, ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης περνάει επίσης σε μια νέα εποχή.

Ετσι λοιπον μπορεί να ειπωθεί ότι η τεχνολογία Blockchain είναι ένα μεγάλο εργαλείο για την κοινωνική καινοτομία και πρόοδο όχι μόνο για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας στον κλάδο της υγείας. Παρόλη όμως την τεχνολογική πρόοδο και την εφαρμογή της στην καθημερινή ζωή και σε κρίσιμους τομείς, όπως η υγεία, είναι απαραίτητο για την κοινωνία να αποδεχτεί ότι αυτού του είδους οι τεχνολογικοί μετασχηματισμοί είναι αναπόφευκτοι και να διεξάγει φόρουμ και ανοικτές συζητήσεις για τη μείωση του φόβου της “νέας τεχνολογίας” και των παρενεργειών της. Η τεχνολογία εξελίσσεται διαρκώς, τα πεδία εφαρμογής της διευρύνονται και οι όλοι οι φορείς της κοινωνίας που εμπλέκονται αναζητούν δυνατότητες υλοποίησης του Blockchain, προσδοκώντας τα οφέλη της διαφάνειας, της προόδου και της ασφάλειας.

5 Βιβλιογραφία– Αναφορές

ΕΘΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ

URL https://eclass.ekdd.gr/esdda/modules/document/file.php/KST_BEID_PDYY134/eH

[EALTH%20Text.pdf](#) (online 20/02/2023)

“*Computational Intelligence in Information Systems*”, (2021),

“*How important are Digital Certificates for eHealth and the Internet of Medical*

Things?”. URL [https://utimaco.com/current-topics/blog/importance-of-digital-](https://utimaco.com/current-topics/blog/importance-of-digital-certificates-ehealth-iomt)

[certificates-ehealth-iomt](#) (online 10/04/2023)

“*The benefits of blockchain for digital certificates: A multiple case study analysis*

“A Blockchain-based Approach for Drug Traceability in Healthcare Supply Chain

Digital Health, Medical Articles”.

“*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System Satoshi Nakamoto*”

“*Blockchain for Healthcare Systems: Challenges, Privacy, and Securing of*

Data”, (2021). Ηνωμένες Πολιτείες: CRC Press.

“*Blockchain Technology for Electronic Health Records Int*” *J Environ Res Public*

Health. 2022 Dec; 19(23): 15577. Published online 2022 Nov 24.

“*Blockchain Technology in Healthcare*”, (2020). (n.p.): Independently Published.

“*Blockchain technology in the pharmaceutical industry: a systematic review*”, Peer J

Comput Sci.; 8: e840. Published online 2022 Mar 11. doi: 10.7717/peerj-cs.840

“*Case Report Healthcare Informatics Research*” (2019). Published online: 31 January

2019 URL <https://synapse.koreamed.org/articles/1115984> (online 20/02/2023)

“*Cryptocurrency Wallet: A Review*”, (15 January 2021), Publisher: IEEE URL

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9315193> (online 20/02/2023)

“Cryptography, Trust and Privacy: It’s Complicated Ero Balsa Cornell Tech”,

(2022) URL

https://nissenbaum.tech.cornell.edu/papers/Cryptography_Trust_Privacy_Complicate_d.pdf (online 20/02/2023)

“Do electronic medical records improve quality of care?”, (2015 Oct), *Can Fam Physician.*; 61(10): 846–847.

“Five Critical Challenges Facing Pharma Supply Chains”, (March 30, 2022).

Διαθέσιμο στο <https://www.supplychainbrain.com/articles/34798-five-critical-challenges-facing-pharma-supply-chains> (ανάκτηση 20/02/2023)

“Front Pharmacol”., 2017 8: 14.

“Healthcare Data Breach Statistics”, (2023), the hipaa journal /

“Healthcare Data Breach Statistics”, (January 2023).

“Interoperability in Healthcare: A Patient-First Framework”. URL

<https://www.dataideology.com/interoperability-healthcare-patient-first-framework/>
(online 20/02/2023)

“OECD” January 2023.

“The management of medical records in the context of service delivery in the public sector in KwaZulu-Natal, South Africa: the case of Ngwelezana hospital”

“What is blockchain?”, (December 5, 2022) | Article URL

<https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-blockchain>
(online 20/02/2023)

Abegboyega Ojo, Springer (2017), *“Blockchain as a Next Generation Government Information, Infrastructure: A Review of Initiatives in D5 Countries”*.

Bader Aldughayfiq and Srinivas Sampalli, (10 Feb 2021), *“Digital Health in*

Physicians' and Pharmacists' Office: A Comparative Study of e-Prescription Systems Architecture and Digital Security in Eight Countries Published Online.

Barbara Filkins ,(2014), “*Medical Data Sharing: Establishing Trust in Health Information Exchange*”. URL <https://sansorg.egnyte.com/dl/TKU7Pvm9wQ> (online 20/02/2023)

Basel,. (2020 Jun), *Healthcare*; 8(2): 133. Published online 2020 May 13.
doi: 10.3390/healthcare8020133.

Bauerle, N., (2018), “*What is the Difference between Public and Permissioned Blockchains?*”

Benedict George, (Jan 3, 2023), “*The Genesis Block: The First Bitcoin Block*” URL <https://www.coindesk.com/tech/2023/01/03/the-genesis-block-the-first-bitcoin-block/> (online 20/02/2023)

BhavanaMathur, SumitGupta, Makhan LalMeena, G.S.Dangayach, (11 April 2018),“*Healthcare supply chain management: literature review and some issues*”,

Carr M. (2010), “*The Small- and Medium-sized Enterprises Office (SME Office) at the European Medicines Agency*”, *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 53, 20–23. 10.1007/s00103-009-0989-z.

Cem Dilmegani, (June 10, 2022), “*Bitcoin Smart Contracts in 2023: Challenges & Solutions*”. URL <https://research.aimultiple.com/bitcoin-smart-contracts/> (online 20/02/2023)

Christine Campbell, (March 2023), “*What are the 4 different types of blockchain technology?*”. URL <https://www.techtarget.com/searchcio/feature/What-are-the-4-different-types-of-blockchain-technology> (online 20/02/2023)

Colicchio TK, Cimino JJ, Del Fiol G., (2019) “*Unintended consequences of*

nationwide electronic health record adoption: challenges and opportunities in the post-meaningful use era”, J Med Internet Res.;21(6):e13313.

Corin Faife, (Feb 19, 2017), “*Bitcoin Hash Functions Explained*”. URL <https://www.coindesk.com/markets/2017/02/19/bitcoin-hash-functions-explained/> (online 20/02/2023)

Dash et al., (2019), “*Big data in healthcare: management, analysis and future prospects*”, J Big Data 6:54.

David Yaffe-Bellany, (n.d.), “*Has bitcoin benefited from the banking crisis? Not in the way its fans hoped*”, New York Times.

decentralized healthcare training certificate management system using blockchain and smart contracts”.

Deloitte, (August 15, 2013), “*Consulting LLP*”.

Document 32021R0522 Regulation (EU) 2021/522 of the European Parliament and of the Council of 24 March 2021 establishing a Programme for the Union’s action in the field of health (‘EU4Health Programme’) for the period 2021-2027, and repealing Regulation (EU) No 282/2014 (Text with EEA relevance).

DOI:10.7553/83-2-1679

Doron Arzan (2023), “*Navigating the Challenges of Visibility in the Pharmaceuticals Supply Chain*”.

Douglas S. Bell, (2004), “*A Conceptual Framework for Evaluating Outpatient Electronic Prescribing Systems Based on Their Functional Capabilities*”, J Am Med Inform Assoc.

Evi Susanti Tasri (11 Aug 2020), “*Improving clinical records: their role in decision-making and healthcare management – COVID-19 perspectives*”.

Fabric S R Bryato v1, A A Borodino v1 (2019), *“Blockchain technology in the pharmaceutical supply chain: researching a business model based on Hyperledger”*.

Ghosh, P.K.; Chakraborty,A.; Hasan, M.; Rashid, K.; Siddique, (2023),
“A.H. Blockchain Application in Healthcare Systems: A Review”.
Systems, 11, 38.

Gopidasan, Balaji,; Amanullah, Shabbir; Adebowale, Akin, (2022), *“Electronic Medical Records – A Review of Cost-Effectiveness, Efficiency, Quality of Care, and Usability”*, Journal of Psychiatry Spectrum 1(2):p 76-79, Jul–Dec 2022.

Heather Hughes, (2019), *“Blockchain and the Future of Secured Transactions Law”*.

Heather Hughes, (2020), *“American University Washington College of Law From the Selected Works”*.

Hincapie, (2011), *“The Impact of Health Information Exchange on Health Outcomes”*, Appl Clin Inform.

Ijazul Haq (2018), *“Blockchain Technology in Pharmaceutical Industry to Prevent Counterfeit Drugs”*, International School of Software Wuhan University Wuhan, China, international Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 180 – No.25.

J Maxillofac Oral Surg. (2011 Sep;) 10(3): 199–202.

Jeffrey Tellew, Tsung-Ting Kuo, Jamia Open, (2022), *“CertificateChain:*

Joshua R Vest (May 2010), *“Health information exchange: persistent challenges and new strategies”*, Journal of the American Medical Informatics Association, Volume 17, Issue 3.

Joshua R. Vest, (2013), *“Challenges, Alternatives, and Paths to Sustainability for Health Information Exchange Efforts”*. URL

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-013-9987-7> (online 20/02/2023)

Journal of Advances in Management Research ISSN: 0972-7981.

K.U.Leuven K. Mercierlaan “*CRYPTOGRAPHIC HASH FUNCTIONS:AN OVERVIEW*”, Bart Preneel1ESAT-COSIC Laboratory, 94, B-3001 Leuven, Belgium

Kelvin W. Macharia, (May 2021), “*Cryptographic Hash Functions*”.

Khristich, S. (2021), “17 Major Healthcare Technology Trends of 2022”.

Koyama, A.; Tran, V.C.;Fujimoto, M.; Bao, V.N.Q.; Tran, (2023), “*T.H.A Decentralized COVID-19 Vaccine*”

Tracking System Using Blockchain Technology. *Cryptography*, 7, 13.

Kruse CS, Beane A., (2018) “*Health information technology continues to show positive effect on medical outcomes: systematic review*”, *J Med Internet Res.*;20(2):e41.

L. Stoicu-Tivadar, A. Hörbst, (2015), “*Digital Healthcare Empowering Europeans Proceedings of MIE*”, IOS Press.

Lovis, C., Cort Madsen, I. (2020), “*Digital Personalized Health and Medicine: Proceedings of MIE 2020*”, IOS Press.

Mark D. Sheldon, (2019), “*A Primer for Information Technology General Control Considerations on a Private and Permissioned Blockchain*.”

Martin Johannes Liba (2020), Case Study: “*Blockchain and E-prescription Process Master’s Thesis Tartu*”.

Md Jobair Hossain Faruk (n.d.), “*Towards Blockchain-Based Secure Data Management for Remote Patient Monitoring*”.

Mir Javid Iqbal, (2017), “*Medicines Management in Hospitals: A Supply Chain Perspective*”, *Sys Rev Pharm* ;8(1):80-85

Mona Jaberidoost, Jaberidoost et al. (2013), “*Pharmaceutical supply chain risks: a systematic review*”, DARU Journal of Pharmaceutical Sciences.

Morgan, D. and C. James (2022), “*Investing in health systems to protect society and boost the economy: Priority investments and order-of-magnitude cost estimates*”, OECD Health Working Papers, No. 144, OECD Publishing, Paris.

Muhammad Murtaza Yousaf, (December 2018), “*Consensus Algorithms in Blockchain: Comparative Analysis, Challenges and Opportunities*”, Publisher: IEEE

Nazik Zakari,¹Muna Al-Razgan,²Amani Alsaadi,²Haya Alshareef,²Heba Alsaigh,²Lamia Alashaikh,²Mala Alharbi,²Rana Alomar,² and Seham Alotaibi² ,(2022),

Nir Menachemi, (2011 May 11), “*Benefits and drawbacks of electronic health record systems*”. Published online URL
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3270933/> (online 20/02/2023)

Omar Gutiérrez, (2020), “*HealthyBlock: Blockchain-Based IT Architecture for Electronic Medical Records Resilient to Connectivity Failures*”. URL
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7579627/> (online 20/02/2023)

P. Chinnasamy, (2023), “*Smart Contract-Enabled Secure Sharing of Health Data for a Mobile Cloud-Based E-Health System*”, Appl. Sci., 13(6), 3970; Proceedings of the Computational Intelligence in Information Systems Conference (CIIS 2020).

R. S. Evans, (2016 May 20), “*Electronic Health Records: Then, Now, and in the Future*”. Published online. URL
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5171496/> (online 20/02/2023)

Rafik H. Bishara, Ph.D (2006), “*Cold Chain Management – An Essential Component of the Global Pharmaceutical Supply Chain, American Pharmaceutical Review*”.

Raj Ratwani, (2017 Aug), “*Electronic Health Records and Improved Patient Care:*

Opportunities for Applied".

Ravikiran A, (May 8, 2023), "What is Blockchain Technology? How Does Blockchain Work?". URL <https://www.simplilearn.com/tutorials/blockchain-tutorial/blockchain-technology> (online 20/02/2023)

Rayan Costantino, (2021), "The U.S. medicine chest: Understanding the U.S. pharmaceutical supply chain and the role of the pharmacist", Journal of the American Pharmacists Association.

Razzaq, A.; Mohsan, S.A.H.; Ghayyur, S.A.K.; Al-Kahtani, N.; Alkahtani, H.K.; Mostafa, S.M. (2022), "Blockchain in Healthcare: A Decentralized Platform for Digital Health Passport of COVID-19". Based on Vaccination and Immunity Certificates. Healthcare, 10, 2453.

Ryan Dadmun, "What is the Healthcare Supply Chain?". Posted at 22:02h in Disease Outbreaks, Supply Chain.

Santiago, S. (2015), "Medical Records Management and Procedures". (n.p.): CreateSpace Independent Publishing Platform.

Scott Schaftlein (Jul 2021), "Is e-commerce the prescription for the future of pharmacies?", EY US Delivery Excellence Lead 20.

Seaberg RW, Seaberg TR, Seaberg DC, (2021 Oct 22), "Use of Blockchain Technology for Electronic Prescriptions. Blockchain Healthc Today";4. doi: 10.30953/bhty.v4.183. PMID: 36777487; PMCID: PMC9907402.

Shimoga, Karnataka, (2017), "A Relative Study on Bitcoin Mining Prashant Ankalkoti 1 & Santhosh S G 2, Department of MCA", J N N College Of Engineering,.

Shirley Santiago, (2015), "Medical Records Management" (n.p.).

Skolnik, N. S., (2010). Electronic Medical Records: "A Practical Guide for Primary

Care”. Ολλανδία: Humana Press.

Smith T.T., (January 2023), “*Examining Data Privacy Breaches in Healthcare*”.

Springer Nature Singapore, (2020), “*Applications of Blockchain in Healthcare*” .

Springer Subrata Acharya, (December 2020), “*RxBlock: Towards the design of a distributed immutable electronic prescription system*”. URL

https://www.researchgate.net/publication/343561465_RxBlock_Towards_the_design_of_a_distributed_immutable_electronic_prescription_system (online 20/02/2023)

Suyel Namasudra, (04 January 2022), “*Blockchain-Based Medical Certificate Generation and Verification for IoT-Based Healthcare Systems*”, Publisher: IEEE

Sylim P, Liu F, Marcelo A,Fontelo P, (2018), “*Blockchain Technology for Detecting Falsified and Substandard Drugs in Distribution: Pharmaceutical Supply Chain Intervention*” , “*Blockchain Technology for Detecting Falsified and Substandard Drugs in Distribution: Pharmaceutical Supply Chain Intervention*” , JMIR Res Protoc;7(9):e10163 doi: 10.2196/10163 URL

<https://www.researchprotocols.org/2018/9/e10163/> (online 20/02/2023)

[Technology in Society](#)’ (February 2023), Volume 72, 102176 shuyi pu100

Toubiana R, Macdonald M, Rajananda S, Lokvenec T, Kingsley TC, Romero-Brufau S. (2022 Jul 8), “*Blockchain for Electronic Vaccine Certificates: More Cons Than Pros? Front Big*”;5:833196. doi: 10.3389/fdata.2022.833196. PMID: 35875593; PMCID: PMC9304987.

URL <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> 02/2023 (online 20/02/2023)

“*The management of medical records in the context of service delivery in the public sector in KwaZulu-Natal, South Africa: the case of Ngwelezana hospital*” (February 2018), South African Journal of Libraries and Information Science 83(2)

URL <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8632190> (online 20/02/2023)

Vincent Schlatt, Johannes Sedlmeir, Janina Traue, Fabiane Völter, (12 Sep 2021)

“*Harmonizing sensitive data exchange and double-spending prevention through blockchain and digital wallets: The case of e-prescription management*”.

Vincent, C. J. et al. (2015), “*Can Standards and Regulations Keep Up with Health Technology?*” JMIR mHealth and uHealth.

Walaa H. Abed,^aGhada M. Abu Shosha,^aIslam A. Oweidat,^aRafat I. Saleh,^b and Abdulqadir J. Nashwan^c: “*Jordanian nurses’ attitudes toward using electronic health records during COVID-19 pandemic*”.

Wrapper, (July 2019), “*A Novel Architecture for Tamper Proof Electronic Health Record Management System using Blockchain*” URL

https://www.researchgate.net/figure/Proposed-System-Architecture-of-Blockchain-based-Electronic-Health-Record-Management_fig2_334343944 (online 20/02/2023)

Wullianallur Raghupathi and Viju Raghupathi, (2014), “*Big data analytics in healthcare: promise and potential*”, Health Inf Sci Syst. 2014; 2: 3.

Xinlai Liu (November 2021), “*Blockchain-based smart tracking and tracing platform for drug supply chain, Computers & Industrial Engineering*”, Volume 161, 107669.

Yaseen M Arabi,^{1,2,3}Abdullah Ali Al Ghamdi,^{1,2,4}Mohamed Al-Moamary,^{2,5,6}Abdullah Al Mutrafy,^{1,2,7,8}Raed H. AlHazme,^{2,8,9,10,11} and Bandar Abdulmohsen Al Knawy^{2,8,12}, (2022), “*Electronic medical record implementation in a large healthcare system from a leadership perspective*”. BMC Med Inform Decis Mak.; 22: 66. Published online 2022 Mar 15. doi: 10.1186/s12911-022-01801-0.

Yu H, Sun H, Wu D, Kuo TT.(4 Mar 2020), “*Comparison of Smart Contract Blockchains for Healthcare Applications*”. AMIA Annu Symp Proc.;2019:1266-1275. PMID: 32308924; PMCID: PMC7153130.

Zhao Z, Ma J. (2022 Feb 11), “*Application of Blockchain in Trusted Digital Vaccination Certificates*”. China CDC Wkly.;4(6):106-110. doi:

10.46234/ccdcw2022.021. PMID: 35186380; PMCID: PMC8844518.

http://www.shanlaxjournals.in/pdf/MGT/V2N1/MGT_V2_N1_010.pdf (ανάκτηση 20/02/2023)

<https://www.softgroup.eu/ru/2020/11/18/blog-reasons-poor-visibility-pharma-supply-chain/> (ανάκτηση 20/02/2023)

<https://www.healthit.gov/topic/health-it-and-health-information-exchange-basics/health-information-exchange> (ανάκτηση 20/02/2023)

<https://www.simplilearn.com/tutorials/blockchain-tutorial/what-is-smart-contract-02/2023> (ανάκτηση 20/02/2023)

<https://capsuletech.com/blog/digital-certificates-help-protect-healthcare-data-from-cyberattack> (ανάκτηση 20/05/2023)

https://m.guardtime.com/files/KSI_data_sheet_201509.pdf (ανάκτηση 10/04/2023)

<https://e-estonia.com/solutions/cyber-security/ksi-blockchain/> (ανάκτηση 10/04/2023)

<https://hedera.com/learning/smart-contracts/smart-contracts-healthcare-3/2023> (online 15/03/2023)

<https://www.opencerts.io/faq> (online 20/02/2023)

<https://el.wikipedia.org/wiki/Blockchain> (online 20/02/2023)

<https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp> (online 20/02/2023)

<https://www.adsc.com/blog/top-risks-and-limitations-of-ehr-software> (online 20/02/2023)

https://www.swissre.com/dam/jcr:d560374e-d7ba-4472-a28c-1f53f932303b/2017_09_25_B3i_blockchain_insurance.pdf (online 20/02/2023)

<https://www.techtarget.com/searchhealthit/definition/electronic-health-record-EHR>
(online 20/02/2023)

https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/life-sciences/life-sciences-pdfs/ey-pharma-supply-chains-of-the-future-final.pdf (online 10/04/2023)

<https://www.allianz.com/en/press/news/commitment/sponsorship/161018-insurers-and-reinsurers-launch-blockchain-initiative-b3i.html> (online 20/02/2023)