



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Blockchain στο η-επιχειρείν

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

των

Κουτσοιράη Νικολάου
&
Μαρκογιαννάκη Ιωάννη

Επιβλέπων:

Δρ. Λουκής Ευριπίδης

Μέλη εξεταστικής επιτροπής:

Δρ. Λουκής Ευριπίδης,

Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών
Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου

Δρ. Χαραλαμπίδης Ιωάννης,

Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών
Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου

Δρ. Κοκολάκης Σπυρίδων,

Καθηγητής του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών
Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου

Σάμος, 2023

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε από καρδιάς την αρχικά επιβλέπουσα Καθηγήτρια, την κυρία Παπαδοπούλου Παναγιώτα, για την ευκαιρία που μας έδωσε να συνεργαστούμε στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας και για τη καθοδήγηση που μας παρείχε. Με ιδιαίτερη εκτίμηση ευχαριστούμε επίσης τον Καθηγητή του Τμήματος, κύριο Ευριπίδη Λουκή για την πολύτιμη προσφορά του να μας αναλάβει, να μας συμβουλέψει και να μας οδηγήσει στο τελευταίο στάδιο της εργασίας την κρίσιμη ώρα της εκπόνησής της από τη στιγμή που αποχώρησε η κυρία Παπαδοπούλου από το Τμήμα. Επιπλέον, να ευχαριστήσουμε τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, Καθηγητές, τον κύριο Χαραλαμπίδη Ιωάννη και κύριο Κοκολάκη Σπυρίδων. Προσέτι, να ευχαριστήσουμε όλη την ακαδημαϊκή κοινότητα του Πανεπιστημίου Αιγαίου και συγκεκριμένα όλους τους ακαδημαϊκούς και όχι μόνο του τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων οι οποίοι αποτέλεσαν πολύτιμα δομικά στοιχεία του ακαδημαϊκού περιβάλλοντος που μας δίδαξε και μας επιμόρφωσε ώστε να διεκπεραιώσουμε τις σπουδές μας τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειες μας για την στήριξη τους σε όλους τους τομείς όλα αυτά τα χρόνια. Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους τους φίλους και συμφοιτητές για όλες τις στιγμές που ζήσαμε τα αξέχαστα φοιτητικά χρόνια.

© 2023

των

Κουτσουράη Νικολάου & Μαρκογιαννάκη Ιωάννη

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	8
Abstract	9
Εισαγωγή.....	10
Σκοπός της Εργασίας.....	11
Δομή της Εργασίας.....	12
Συμπεράσματα.....	12
Κεφάλαιο 1^ο : Η Τεχνολογία Blockchain.....	14
α) Δυναμική και ρευστή ανταλλαγή αξίας.....	14
β) Κατανεμημένη ανθεκτικότητα και έλεγχος.....	15
γ) Αποκεντρωμένο δίκτυο	15
δ) Διαφάνεια με ψευδωνυμοποίηση.....	16
ε) Μη αναστρεψιμότητα των εγγραφών	16
στ) Ασφάλεια και σύγχρονη κρυπτογραφία.....	17
ζ) Λογική βασισμένη στον προγραμματισμό.....	17
1.2 Οι λειτουργίες της τεχνολογίας Blockchain	17
1.3 Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας blockchain.....	20
1.4 Περιορισμοί της τεχνολογίας blockchain.....	22
Κεφάλαιο 2^ο: «Έξυπνα συμβόλαια»	25
2.1 Τι είναι τα έξυπνα συμβόλαια;.....	25
2.2 Πως λειτουργούν τα έξυπνα συμβόλαια.....	27
2.3 Περιπτώσεις χρήσης έξυπνων συμβολαίων και πλεονεκτήματα	28
Κεφάλαιο 3^ο: Μεθοδολογία	33
Κεφάλαιο 4^ο: Επιχειρηματική εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στις χρηματοοικονομικές υπηρεσίες	35
4.1 Blockchain και οικονομικές συναλλαγές	35
4.1.1 Επαλήθευση περιουσιακών στοιχείων.....	35
4.1.2 Τήρηση αρχείων	37
4.2 Τα οφέλη της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στις οικονομικές συναλλαγές.....	40
4.2.1 Προστασία προσωπικών δεδομένων.....	40
4.2.2 Κόστος συναλλαγής.....	42
4.3 Εμπόδια στην εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στον χρηματοοικονομικό κλάδο	44
4.3.1 Επεκτασιμότητα (Scalability)	44
4.3.2 Διαλειτουργικότητα	45
4.3.3 Ασφάλεια	45
4.3.4 Ιδιωτικότητα και απόρρητο	47
4.3.5 Συμμόρφωση με το κανονιστικό πλαίσιο	49

Κεφάλαιο 5^ο: Επιχειρηματική εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγείας	51
5.1 Το πλαίσιο εφαρμογής της τεχνολογίας Blockchain στον κλάδο της υγείας	51
5.2 Πιθανές εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain στην υγεία.....	53
5.2.1 Διαχείριση και διαμοιρασμός ιατρικών αρχείων	53
5.2.2 Κατάρτιση και Εκπαίδευση Επαγγελματιών Ιατρών	58
5.2.3 Κλινική Έρευνα	59
5.2.4 Ασφαλιστικές απαιτήσεις	60
5.2.5 Εφοδιαστική αλυσίδα φαρμάκων	60
5.3 Οφέλη και προκλήσεις της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στον κλάδο της υγείας	63
Κεφάλαιο 6^ο: Επιχειρηματική εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα	70
6.1 Η επίδραση της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα	70
6.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την πρακτική εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα	77
6.3 Μελέτη περίπτωσης: Modum.....	82
Κεφάλαιο 7^ο: Συμπεράσματα	86
Βιβλιογραφία	89

Περίληψη

Η εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου της Σάμου.

Ο γιγαντιαία και εκθετικά εξελισσόμενος κόσμος της τεχνολογίας των πληροφοριών δίνει χώρο στην ανάδειξη μιας πολλά υποσχόμενης τεχνολογίας που ονομάζεται «blockchain». Η τεχνολογία αυτή έχει αποκτήσει μια τεράστια φήμη και ενασχόληση από τον κόσμο σε παγκόσμιο επίπεδο την οποία οφείλει κυρίως στα λεγόμενα κρυπτονομίσματα, όπως το bitcoin το οποίο και σηματοδότησε την ύπαρξη της. Επιπλέον, πολύ βασικός παράγοντας που κάνει ξεχωριστή τη τεχνολογία αυτή και προκαλεί το ενδιαφέρον των επιστημονικών και των επιχειρηματικών κοινοτήτων είναι ο ευφύστατος τρόπος λειτουργίας της ο οποίος διαφέρει από τα σημερινά μοντέλα συστημάτων και έχει την δυνατότητα της αποκέντρωσης, δηλαδή την “αποκλήρωση” τρίτων διαμεσολαβητών σε μια συναλλαγή.

Με τη πληθώρα πλατφορμών και πρωτοκόλλων blockchain δίνεται η δυνατότητα σε πολλούς τομείς της καθημερινότητάς μας να αφομιώσουν τον τρόπο λειτουργίας τους με βάση τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας αυτής. Η προγραμματιστική προσέγγιση που εντάσσει τα «έξυπνα συμβόλαια» στην αλυσίδα του blockchain φέρνει στην επιφάνεια το μοντέλο των αποκεντρωμένων εφαρμογών. Η εναλλαγή από τα ήδη υπάρχοντα συστήματα σε blockchain εφαρμογές όχι μόνο μπορεί να οδηγήσει στη βελτιώση του τρόπου λειτουργίας τους αλλά μπορεί επίσης και να σηματοδοτήσει στη λύση σε προβλημάτων που τα σημερινά συστήματα προκαλούν από τον ίδιο τους τον σχεδιασμό.

Στη παρούσα εργασία περιγράφονται και αναλύονται τα χαρακτηριστικά και οι λειτουργίες της τεχνολογίας blockchain καθώς και η συνεισφορά των έξυπνων συμβολαίων στην εξέλιξη της ώστε να γίνει μια μελέτη της εφαρμογών σε τρεις πολύ βασικούς κλάδους του «Ηλεκτρονικού Επιχειρείν». Στους τρεις αυτούς κλάδους ανήκουν οι χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, η υγεία και η εφοδιαστική αλυσίδα. Τα εγγενή χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain είναι ιδανικά για την ασφάλεια δεδομένων, όπως για παράδειγμα είναι τα περιουσιακά στοιχεία και τα ιατρικά αρχεία καθώς και η αξιόπιστη αλυσιδωτή αρχιτεκτονική της καθιστά αρχειοθετημένη την πορεία προϊόντων από τη παραγωγή στη κατανάλωση, πράγμα που εξασφαλίζει την άμεση και γρηγορότερη διόρθωση σφαλμάτων. Παρόλα αυτά πρέπει να σημειωθεί ότι ως μια νέα τεχνολογία έχει την ευθύνη να αντιμετωπίσει ορισμένες προκλήσεις ώστε να εμπνέει την ανάλογη εμπιστοσύνη για την ένταξή της στον τεχνολογικό κόσμο.

Abstract

The work was prepared within the framework of the Information and Communication Systems Engineering Department of the University of the Aegean, Samos.

The gigantic and exponentially evolving world of information technology is giving way to the emergence of a promising technology called "blockchain". This technology has gained a huge reputation and engagement from the world at a global level which it owes mainly to the so-called cryptocurrencies, such as bitcoin which signaled its existence. In addition, a very basic factor that makes this technology special and arouses the interest of the scientific and business communities is its intelligent mode of operation, which differs from current system models and has the possibility of decentralization, that is the "elimination" of third-party intermediaries in a transaction.

With the multitude of blockchain platforms and protocols, it is possible for many areas of our daily life to assimilate their way of working based on the characteristics of this technology. The programming approach that integrates "smart contracts" into the blockchain chain brings to the surface the model of decentralized applications. Switching from existing systems to blockchain applications not only can lead to the improvement of their operation, but it can also signal the solution to problems that today's systems cause by their very design.

In this paper, the characteristics and functions of blockchain technology are described and analyzed, as well as the contribution of smart contracts to its evolution in order to make a study of its applications in three very basic industries of "Electronic Business". These three industries include financial services, healthcare and supply chain. The inherent characteristics of blockchain technology are ideal for data security, such as assets and medical records, and its reliable chain architecture makes the path of products from production to consumption archived, which ensures immediate and faster correction of errors. However, it should be noted that as a new technology it has the responsibility to face certain challenges in order to inspire the corresponding confidence for its inclusion in the technological world.

Εισαγωγή

Η ιδέα της τεχνολογίας blockchain ξεκίνησε το 2008 όταν ανώνυμο πρόσωπο ή μια ομάδα ατόμων με το ψευδώνυμο Satoshi Nakamoto δημοσίευσαν μία μελέτη- λευκή βίβλο για το ψηφιακό νόμισμα Bitcoin. Από την αρχή της σύγχρονης ιστορίας, οι άνθρωποι εμπιστεύονταν τις τράπεζες για να διατηρήσουν τα κατατεθέντα χρήματά τους ασφαλή. Ωστόσο, η οικονομική κρίση του 2008 αποκάλυψε την παραβίαση της εμπιστοσύνης των πελατών, όταν οι τράπεζες έχασαν τα χρήματα των πελατών τους χορηγώντας επικίνδυνα δάνεια. Για να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα οι κυβερνήσεις απλώς τύπωσαν περισσότερα χρήματα μέσω των κεντρικών τραπεζών. Οι άνθρωποι έχασαν την εμπιστοσύνη τους απαιτώντας ένα νόμισμα που δεν θα ελεγχόταν από μια κεντρική αρχή¹.

Σύμφωνα με τον Satoshi Nakamoto, «το βασικό πρόβλημα με τα συμβατικά νομίσματα είναι όλη η εμπιστοσύνη που απαιτείται για να λειτουργήσουν. Η κεντρική τράπεζα, δηλαδή, που τα εκδίδει θα πρέπει να είναι σίγουρη, ότι δεν θα υποτιμηθούν, αλλά η ιστορία των νομισμάτων «fiat» είναι γεμάτη από παραβιάσεις αυτής της εμπιστοσύνης». Το Bitcoin είναι ένα πρωτόκολλο για «ένα σύστημα ηλεκτρονικών πληρωμών που βασίζεται στην κρυπτογραφία έναντι της εμπιστοσύνης και επιτρέπει σε δύο πρόθυμα μέρη να συναλλάσσονται απευθείας μεταξύ τους χωρίς την ανάγκη ενός αξιόπιστου τρίτου μέρους- διαμεσολαβητή». ². Η υποκείμενη τεχνολογία πίσω από το bitcoin ονομάζεται blockchain.

Το blockchain είναι ένα ασφαλές, αξιόπιστο και δημόσια διαθέσιμο κατανεμημένο δίκτυο που περιέχει το ιστορικό συναλλαγών κάθε bitcoin σε κυκλοφορία και αποθηκεύει την απόδειξη του ποιος κατέχει τι σε οποιαδήποτε δεδομένη χρονική στιγμή. Έχει τη δυνατότητα να εξαλείψει την ανάγκη για ένα αξιόπιστο τρίτο μέρος, όπως χρηματοπιστωτικά ιδρύματα ή πάροχοι πληρωμών³. Το 2009, το bitcoin δεν είχε σχεδόν καμία κοινή γνώμη. Δεν είχε καμία οικονομική αξία. Όταν δημιουργήθηκε το πρώτο μπλοκ blockchain bitcoin, το «Genesis block», κανείς εκτός από μερικούς λάτρεις της κρυπτογράφησης δεν γνώριζε για το bitcoin. Σταδιακά, μετά την

¹S. Baghla, "Origin of Bitcoin: A brief history from 2008 crisis to present times," 2017. [Online]. Available: <https://analyticsindiamag.com/origin-bitcoin-brief-history/>.

² S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System," 2008.

³"The great chain of being sure about things - Blockchains," The Economist, 2015.. Διαθέσιμο: <https://www.economist.com/news/briefing/21677228-technologybehind-bitcoin-lets-people-who-do-not-know-or-trust-each-other-build-dependable>.

καθιέρωση της αγοράς bitcoin, το bitcoin άρχισε να κερδίζει όλο και μεγαλύτερη απήχηση και να αυξάνει σημαντικά την κεφαλαιοποίησή του με αποκορύφωμα το 2021.

Συγκεκριμένα, τη στιγμή της συγγραφής της παρούσας μπορεί η αγορά διαπραγμάτευσης του bitcoin και άλλων κρυπτονομισμάτων που βασίζονται στην τεχνολογία blockchain να έχει σημειώσει δραματική πτώση μεγαλύτερη του 50%, εντούτοις βρίσκεται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με το παρελθόν.

Σκοπός της Εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αποτυπώσει το συνεχώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για την τεχνολογία blockchain και τις εφαρμογές της στον τομέα της επιχειρηματικότητας. Το ενδιαφέρον οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους. Πρώτον, η ανάγκη για ένα αξιόπιστο αποκεντρωμένο περιβάλλον που θα επιτρέπει στους δημιουργούς αξίας να απολαμβάνουν τα οφέλη των παρεχόμενων υπηρεσιών αντί των δαπανηρών διαμεσολαβητών. Δεύτερον, το κόστος των υπολογιστών, της αποθήκευσης και του εύρους ζώνης μειώνεται από τη μία πλευρά και η επεξεργαστική ισχύς συνεχίζει να αυξάνεται από την άλλη. Οι αυξανόμενες δυνατότητες επέτρεψαν σε διαφορετικούς ενδιαφερόμενους φορείς να διεξάγουν πειράματα απόδειξης της ιδέας για να επικυρώσουν την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας και την επιχειρηματική υπόθεση για το blockchain.

Προσέτι, ο ρυθμός υιοθέτησης καινοτόμων τεχνολογιών όπως η τεχνητή νοημοσύνη, η εικονική πραγματικότητα και το διαδίκτυο των πραγμάτων αυξάνεται επίσης. Έχουν αναδυθεί πολυάριθμες νεοφυείς επιχειρήσεις σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των χρηματοοικονομικών υπηρεσιών, της κοινωνικής ένταξης, της πνευματικής ιδιοκτησίας και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) που εξετάζουν τη δυνατότητα εφαρμογής των καινοτομιών του blockchain. Η τεχνολογία Blockchain παρέχει πολλά υποσχόμενες ευκαιρίες σε εταιρείες και πελάτες να ολοκληρώσουν την ανταλλαγή αξίας μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο και χωρίς καμία παρέμβαση τρίτων. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα να γίνουν οι διαδικασίες πιο αποτελεσματικές και διαφανείς.

Ωστόσο, για να επωφεληθούν από την τεχνολογία blockchain, τόσο υφιστάμενες μεγάλες επιχειρήσεις, όσο και οι αναδυόμενες νεοφυείς επιχειρήσεις θα πρέπει πρώτα να ξεπεραστούν αρκετές προκλήσεις. Συγκεκριμένα, παραμένει η αβεβαιότητα όσον

αφορά στην ετοιμότητα των οργανισμών και τον αντίκτυπο της υιοθέτησης της εν λόγω τεχνολογίας. Αυτή η αβεβαιότητα υπάρχει, γιατί ενώ η υιοθέτηση του blockchain προσφέρει πολλές ευκαιρίες για την επίλυση σημαντικών ζητημάτων από τη μία, εντούτοις από την άλλη δημιουργεί και μία σειρά από δυσεπίλυτα προβλήματα. Βρισκόμαστε, ακόμη και σήμερα, στα πρώιμα στάδια ανάπτυξης της εν λόγω τεχνολογίας και έτσι ευλόγως υπάρχουν πολλά βασικά ερωτήματα που θα πρέπει να απαντηθούν. Ένα από τα βασικότερα ερωτήματα, που θα μας απασχολήσεις, στα πλαίσια της παρούσας είναι το εξής: Ποιες είναι οι περιπτώσεις επιχειρηματικής εφαρμογής της τεχνολογίας του blockchain, πέραν από τα κρυπτονομίσματα;

Δομή της Εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από το κεφάλαιο της Εισαγωγής, καθώς και από 5 επιπλέον κεφάλαια. Στο εισαγωγικό κεφάλαιο αναφέρουμε βασικά ιστορικά γεγονότα που αφορούν την εξέλιξη της τεχνολογίας blockchain και τον ηγετικό ρόλο που είχε bitcoin από τη γέννησή της. Επίσης αναφέρουμε τον σκοπό, την δομή και τα γενικότερα συμπεράσματα της εργασίας. Στο πρώτο κεφάλαιο επισημάνουμε στις δυνατότητες και τον τρόπο λειτουργίας, τα βασικά χαρακτηριστικά, τις λειτουργίες, τα πλεονεκτήματα καθώς και τους περιορισμούς της τεχνολογίας blockchain. Στο δεύτερο κεφάλαιο. Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά τα έξυπνα συμβόλαια και συγκεκριμένα το πως λειτουργούν, τα χαρακτηριστικά που τα προσδιορίζουν, το που μπορούν να αξιοποιηθούν και να προσφέρουν λύσεις αλλά και τα ελαττώματά τους. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφουμε τη μεθοδολογία που ακολουθήσαμε στη πορεία διεκπεραίωσης της εργασίας. Στο τέταρτο κεφάλαιο εστιάζουμε θέματα που απασχολούν την εδραίωση και την ένταξη του blockchain στις χρηματοοικονομικές υπηρεσίες. Στο πέμπτο κεφάλαιο εξετάζουμε πως αλλά και σε ποια σημεία μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνολογία blockchain στον τομέα της υγείας, με τα οφέλη και τις προκλήσεις που την ακολουθούν. Στο έκτο κεφάλαιο μελετάμε έρευνες και πρακτικές εφαρμογές του blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα. Τέλος, στο έβδομο συγκεντρώνονται και ομαδοποιούνται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα μας.

Συμπεράσματα

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας και η διαρκής ανάγκη στη πρόσβαση μας στον κόσμο των πληροφοριών μέσω διαδικτύου είναι αδιαμφισβήτητο γεγονός. Η ανάπτυξη και η χρήση online εφαρμογών στη ζωή μας αλλά και η σύνδεσή τους με τον τομέα

των επιχειρήσεων σηματοδοτεί την εξελικτική πορεία της ποιότητας στον τρόπο που ζούμε. Ωστόσο η αρχιτεκτονική του σημερινού μοντέλου αξιοποίησης του διαδικτύου γεννάει κινδύνους και αμφιβολίες για την ασφάλεια των πόρων και τη διασφάλιση της ομαλής λειτουργίας των δραστηριοτήτων μας στο διαδίκτυο. Η ανάγκη για μια τεχνολογία που δε θα βασίζεται σε κέντρα διαχείρισης με βασικό ρόλο τη διαμεσολάβησή τους, έφερε τη τεχνολογία blockchain στο προσκήνιο. Όπως θα δούμε στα παρακάτω κεφάλαια, η εν λόγω τεχνολογία δίνει λύσεις με έναν πρωτοποριακό και ευφυή τρόπο σε πολύ σημαντικά προβλήματα που απασχολούν ερευνητές, επιστήμονες, επιχειρηματίες αλλά και εμπλεκόμενους με την πολιτική και την οικονομία ανθρώπους. Το blockchain και κυρίως οι εφαρμογές της σε συνδυασμό με άλλες καινοτόμες τεχνολογίες (IoT, AI, Big Data, κ.α.) υπόσχονται μια αναδιαμόρφωση του διαδικτύου αλλά και την ανάδειξη δυνατοτήτων του στην επιφάνεια. Παρόλα αυτά μια τεχνολογία σε πειραματικό ακόμα στάδιο που δεν έχει δοκιμαστεί σε ικανοποιητικό ποσοστό δημιουργεί ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν, καθώς και δομικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει για να εξασφαλιστεί η ομαλή ενσωμάτωση της σε πρακτικές εφαρμογές.

Κεφάλαιο 1^ο : Η Τεχνολογία Blockchain

Έχοντας αρχικά αναπτυχθεί, όπως σημειώθηκε, για την ανάδειξη του Bitcoin, το Blockchain είναι μια αποκεντρωμένη τεχνολογία διαχείρισης συναλλαγών και δεδομένων που επιτρέπει, τόσο στους καταναλωτές, όσο και στις εταιρείες να αποθηκεύουν και να ανταλλάσσουν αξία, χωρίς την ανάγκη παραδοσιακών διαμεσολαβητών. Ως εκ τούτου, καθίσταται σαφές, ότι πρόκειται για μια καινοτόμο τεχνολογία που έχει τη δυνατότητα να επαναδιαμορφώσει τα υφιστάμενα οικονομικά και κοινωνικά συστήματα και να τα καταστήσει πιο διαφανή, αποτελεσματικά και ασφαλή.

Η τεχνολογία Blockchain βασίζεται σε ένα κατανεμημένο δίκτυο που αξιοποιεί τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες ενός μεγάλου peer-to-peer δίκτυο για την επαλήθευση και την έγκριση συναλλαγών. Το κατανεμημένο αυτό δίκτυο περιέχει χρονολογικά ταξινομημένες, κρυπτογραφικά υπογεγραμμένες και αμετάβλητες εγγραφές συναλλαγών, οι οποίες είναι προσβάσιμες σε οποιονδήποτε συμμετέχοντα στο δίκτυο. Δεδομένου ότι τα αντίγραφα του blockchain διανέμονται παγκοσμίως σε όλο το δίκτυο, τα ιστορικά αρχεία δεν μπορούν να αλλάξουν χωρίς τη συναίνεση της πλειοψηφίας του δικτύου. Έτσι, η αμετάβλητη διανομή αυξάνει την εμπιστοσύνη των συμμετεχόντων στο δίκτυο.

Επιπλέον, η αποθήκευση αξίας στις συναλλαγές μπορεί να προβληθεί και να εντοπιστεί από συγκεκριμένους χρήστες, καθώς και από μεγαλύτερους συμμετέχοντες στο δίκτυο με δικαιώματα πρόσβασης, καθιστώντας την ανταλλαγή αξίας αποκεντρωμένη και διαφανή. Ακόμη, μέσω της κρυπτογραφικής υπογραφής των αρχείων διασφαλίζεται η ασφάλεια των δεδομένων, των πληροφοριών και των συναλλαγών που είναι αποθηκευμένες στο blockchain.

Σύμφωνα με την έρευνά τους που δημοσιεύτηκε στο Gartner Research Journal, οι Valdes και Furlong έχουν ορίσει τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain που είναι κοινά σε όλα τα δίκτυα blockchain^{4,5}

α) Δυναμική και ρευστή ανταλλαγή αξίας

Το καθολικό blockchain χρησιμεύει ως μόνιμο αρχείο συναλλαγών που πραγματοποιούνται peer-to-peer ή μεταξύ καταναλωτών και ενός οργανισμού. Ο τύπος

⁴D. Furlonger and R. Valdes, "Practical Blockchain: A Gartner Trend Insight Report," Gartner Res., vol. G00325933, no. March, p. 3, 2017.

⁵M. Iansiti and K. R. Lakhani, "The Truth About Blockchain," Harvard Business Review, 2017. [Online]. Available: <https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain>.

των πληροφοριών που αποθηκεύονται ως συναλλαγές blockchain δεν περιορίζεται μόνο σε μια χρηματική αξία, όπως η ανταλλαγή νομισμάτων Bitcoin, αλλά μπορεί να εκτείνεται σε διάφορες περιπτώσεις χρήσης, όπως προέλευση αγαθών και υπηρεσιών, δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, δεδομένα ταυτότητας χρήστη, πιστώσεις άνθρακα, ιδιοκτησία περιουσιακών στοιχείων δεδομένα, δεδομένα τοποθεσίας, κ.λπ. Υπάρχουν πολλές ποικίλες εφαρμογές του blockchain που βρίσκονται ακόμη στην ιδέα. "Πέρα από την καταγραφή δεδομένων συναλλαγών, η πλατφόρμα blockchain μπορεί προαιρετικά να καταγράφει πρόσθετες πληροφορίες κατάστασης, ουσιαστικά ζεύγη κλειδιών-τιμών που ορίζουν συλλογικά την κατάσταση του συστήματος." [19]. Αυτό το χαρακτηριστικό του blockchain value store μπορεί να κάνει την τεχνολογία blockchain εξαιρετικά προσαρμόσιμη για διαφορετικές εφαρμογές σε πολλαπλούς κλάδους.

β) Κατανεμημένη ανθεκτικότητα και έλεγχος

Ένα καθολικό και κατανεμημένο δίκτυο blockchain δεν ελέγχεται από κανέναν μεμονωμένο οργανισμό ή οντότητα. Ειδικότερα, το Blockchain με την κατανεμημένη βάση δεδομένων του εξαλείφει την ανάγκη αξιόπιστα τρίτα μέρη να επαληθεύουν τις συναλλαγές. Λειτουργεί ως μια κοινόχρηστη βάση δεδομένων, για να παρέχει μια ασφαλή, επαληθευμένη και ενιαία πηγή αλήθειας που είναι προσβάσιμη σε όλα τα μέλη του δικτύου. Όπως έχει σημειωθεί χαρακτηριστικά: «ουσιαστικά δημιουργεί εμπιστοσύνη μεταξύ των μερών εξαλείφοντας την ανάγκη για εμπιστοσύνη»⁶. Παράλληλα, αυξάνει και τη διαφάνεια και συνεπώς και την εμπιστοσύνη στο σύστημα.

Επιπλέον, λειτουργώντας ως μια κατανεμημένη βάση δεδομένων αυξάνει την αποτελεσματικότητα δημιουργώντας τυποποιημένες μορφές δεδομένων και επιτρέποντας την ανταλλαγή δεδομένων χωρίς τριβές μεταξύ των οργανισμών και την ακεραιότητα της διαδικασίας. Καθώς οι συναλλαγές επαληθεύονται σε πραγματικό χρόνο από τους συμμετέχοντες στο δίκτυο, βελτιώνει τη συμμόρφωση με τον έλεγχο και τον κίνδυνο λάθους ή απάτης»⁷.

γ) Αποκεντρωμένο δίκτυο

Ένα καθολικό δίκτυο blockchain, όπως σημειώθηκε, συνδέει απευθείας τους μεμονωμένους καταναλωτές με τους οργανισμούς χωρίς κανέναν κεντρικό μεσάζοντα.

⁶W. Kersten, T. Blecker, C. M. Ringle, N. Hackius, and M. Petersen, "Published in: Digitalization in Supply Chain Management and Logistics Blockchain in Logistics and Supply Chain: Trick or Treat?," vol. 9783745043280, 2017.

⁷V. Grewal-Carr and S. Marshall, "Blockchain Enigma. Paradox. Opportunity," Deloitte LLP, 2016.

Τα δεδομένα ψηφιακών συναλλαγών μοιράζονται σε πραγματικό χρόνο μέσω του peer-to-peer δικτύου του blockchain. Όλα τα μέλη του δικτύου διατηρούν το τοπικό τους αντίγραφο των συνολικών καταγραφών στους υπολογιστές τους και στέλνουν πληροφορίες σε άλλους κόμβους.

Έτσι, ένα δίκτυο βασισμένο στο blockchain εξαλείφει την ανάγκη για κεντρικές αρχές, όπως τράπεζες, καθώς και έμπιστους μεσάζοντες, όπως χρηματιστηριακές εταιρείες για ανταλλαγή αξίας. Παράλληλα, μειώνει την επιβάρυνση στις τρέχουσες διαδικασίες συναλλαγών και κάνει την ανταλλαγή αξίας ταχύτερη σε σχεδόν πραγματικό χρόνο, μειώνοντας ταυτόχρονα το κόστος. Επιπλέον, βελτιώνει την ποιότητα, την αξιοπιστία και τη διαθεσιμότητα των υπηρεσιών⁸.

δ) Διαφάνεια με ψευδωνυμοποίηση

Ένα σύστημα συναλλαγών βασισμένο στο blockchain είναι εξαιρετικά διαφανές και αυτό γιατί κάθε συναλλαγή και η αξία αυτής είναι ορατή σε κάθε συμμετέχοντα του δικτύου με δικαιώματα πρόσβασης. Έτσι, καθιστά τις παράνομες συναλλαγές πολύ δύσκολο να εκτελεστούν. Ωστόσο, ο συμμετέχων στο δίκτυο μπορεί να επιλέξει κατά την έναρξη μιας συναλλαγής ποιες πληροφορίες σχετικά με την ταυτότητά του είναι διατεθειμένος να αποκαλύψει στο υπόλοιπο δίκτυο, επιλέγοντας λ.χ. ένα ψευδώνυμο.

Για το σκοπό αυτό, σε κάθε συμμετέχοντα κόμβο στο δίκτυο παρέχεται μια ψηφιακή υπογραφή που ονομάζεται ιδιωτικό κλειδί που αποτελεί απόδειξη της ταυτότητας του κόμβου και χρησιμοποιείται για την επαλήθευση της συναλλαγής. Το ιδιωτικό κλειδί δεν πρέπει να αποκαλύπτεται σε άλλους. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του δημόσιου κλειδιού, το οποίο είναι ένας αλφαριθμητικός κωδικός που μοιράζεται με άλλους στο δίκτυο για συναλλαγές. Πρόκειται, για τη γνωστή στην κρυπτογραφία περίπτωση της κρυπτογράφησης με δημόσιο και ιδιωτικό κλειδί που χρησιμοποιείται και εν προκειμένω από τα συστήματα blockchain.

ε) Μη αναστρεψιμότητα των εγγραφών

Το Blockchain χρησιμοποιεί αλγόριθμο συναίνεσης για να επαληθεύσει μια ομάδα συναλλαγών και να τις προσθέσει- καταγράψει στο blockchain ως «μπλοκ». Αξιοποιεί τις δυνατότητες του peer-to-peer δικτύου, για την επίτευξη της συναίνεσης μεταξύ των συμμετεχόντων. Συγκεκριμένα, μόνο, όταν η πλειοψηφία των συμμετεχόντων στο δίκτυο επικυρώσει ένα μπλοκ συναλλαγών, προστίθεται στην «αλυσίδα-μπλοκ». Εάν κάποιο μεμονωμένο μέρος προσπαθήσει να προβεί σε τροποποιήσεις σε κάποιο μπλοκ

⁸K. R. Valdes Ray, Furlonger David, "The Evolving Landscape of Blockchain Technology Platforms," Gart. Res., no. March, 2017.

ή στο σύνολο των εγγραφών του δικτύου, είναι απίθανο να πετύχει, καθώς η αλλαγή πρέπει να επαληθευτεί με συναίνεση των συμμετεχόντων- συνδεδεμένων κόμβων του δικτύου (nodes).

Τέλος, κάθε νέο μπλοκ συνδέεται με το προηγούμενο μπλοκ και μόλις ενημερωθεί ένα νέο μπλοκ, όλοι οι κόμβοι του δικτύου ενημερώνονται με το πιο πρόσφατο αντίγραφο στο σύνολο των εγγραφών του δικτύου. Επομένως, καθίσταται σαφές, ότι η αλλαγή σε προηγούμενο μπλοκ ενός δικτύου blockchain θα ήταν πέρα από εξαιρετικά δύσκολη και αρκετά δαπανηρή.

στ) Ασφάλεια και σύγχρονη κρυπτογραφία

Το Blockchain χρησιμοποιεί κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού και προσέγγιση ψηφιακών υπογραφών για να αποδείξει την ταυτότητα του εκάστοτε συμμετέχοντα στο δίκτυο- κόμβου και να εξασφαλίσει την ασφάλεια των δεδομένων και των συναλλαγών. Αυτή η προσέγγιση βοηθά στην προστασία των ταυτοτήτων και στην πρόληψη της παραβίασης δεδομένων από χάκερ, μειώνοντας τον κίνδυνο απάτης ή κλοπής. Επίσης, με την εξάλειψη των τρίτων- διαμεσολαβητών, η τεχνολογία από το σχεδιασμό της εξαλείφει τους κινδύνους που συνδέονται με την ύπαρξη ενός μόνο σημείου αστοχίας, όπως θα συνέβαινε σε περίπτωση μεσολάβησης από οντότητα⁹.

ζ) Λογική βασισμένη στον προγραμματισμό

Οι συναλλαγές με βάση την τεχνολογία blockchain είναι αμιγώς ψηφιακές, γεγονός που τις καθιστά άρρηκτα και άμεσα συνδεδεμένες με συνθήκες γραμμένες σε κώδικα προγραμματισμού Η/Υ. Η υπολογιστική λογική μπορεί να διαμορφώσει το σύστημα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτρέπεται η ανταλλαγή αξίας εντός αυτού, μόνον όταν πληρούνται ορισμένες προκαθορισμένες συνθήκες μεταξύ του πωλητή και του αγοραστή, ενώ καθιστά ακόμη δυνατή την αυτοματοποίηση και την τεκμηρίωση των συναλλαγών. Ακριβώς λόγω αυτής της προσέγγισης της εν λόγω τεχνολογίας, ήτοι του γεγονότος, ότι στηρίζεται και επιτρέπει τον προγραμματισμό δημιουργείται η κατάλληλη βάση, για την ανάπτυξη των έξυπνων συμβολαίων (smart contracts) που θα εξετάσουμε λεπτομερώς στο επόμενο κεφάλαιο.

1.2 Οι λειτουργίες της τεχνολογίας Blockchain

Το Blockchain είναι ουσιαστικά με βάση όσα προελέχθησαν, μια αποκεντρωμένη δομή δεδομένων, η οποία αποθηκεύει μια ομάδα συναλλαγών και συναφών δεδομένων

⁹B. Dickson, "Blockchain's brilliant approach to cybersecurity I VentureBeat," 2017.

με διαφάνεια και ασφάλεια σε ένα καταναμημένο δίκτυο. Οι συμμετέχοντες στο δίκτυο μπορούν να έχουν πρόσβαση στο ιστορικό συναλλαγών και σε στοιχεία, όπως η αξία τους και ο χρόνος δημιουργίας του μπλοκ, ανά πάσα στιγμή. Το blockchain, όπως υποδηλώνει το όνομα, αποτελείται από μια χρονολογικά διατεταγμένη αλυσίδα αποτελούμενοι από «μπλοκ». Κάθε νέο μπλοκ αποτελείται από πληροφορίες διευθύνσεων που δικαιούνται να λάβουν την τιμή των συναλλαγών και επίσης περιέχει την ψηφιακή διεύθυνση (hash) του προηγούμενου μπλοκ. Έτσι, καθιστά το blockchain εύκολα ελεγχόμενο σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και καθιστά δύσκολη την παραβίαση των αρχείων χωρίς να επιτευχθεί συναίνεση των συμμετεχόντων στο δίκτυο.

Ακολούθως, τα blockchains διακρίνονται σε δημόσια και ιδιωτικά. Για παράδειγμα, το Bitcoin σχεδιάστηκε για να είναι εντελώς αποκεντρωμένο και χωρίς άδεια συμμετοχής, επιτρέποντας σε οποιονδήποτε στο δίκτυο να συμμετέχει στη διαδικασία εξόρυξης και να έχει πρόσβαση στο αντίγραφο των καταγραφών του δικτύου. Ωστόσο, η συγκεκριμένη μέθοδος «διακυβέρνησης» του δικτύου μοιάζει προβληματική, ειδικά υπό το πρίσμα της ανταπόκρισης σε οικονομίες κλίμακας. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση του Bitcoin, εμφανίστηκε ο σημαντικός κίνδυνος σχηματισμού πλειοψηφίας από ομάδες miners, με αποτέλεσμα να απειλείται η ακεραιότητα της διαδικασίας συναίνεσης χωρίς εμπιστοσύνη.

Τα ιδιωτικά blockchain δημιουργούνται με διαφορετική πρόταση αξίας από τα δημόσια blockchain. Συγκεκριμένα, στα δημόσια, άλλως πως permissionless blockchain, οποιοσδήποτε μπορεί να συμμετέχει στο δίκτυο, με οποιαδήποτε ιδιότητα, ενώ επιτρέπεται αντίστοιχα σε οποιονδήποτε να εγκρίνει νέα μπλοκ κατά τη διαδικασία εξόρυξης. Αντίθετα, σε ένα ιδιωτικό ή εξουσιοδοτημένο blockchain, μόνο ορισμένα μέρη μπορούν να λάβουν μέρος στο δίκτυο. Έτσι, περιορίζεται συνακόλουθα η επεξεργασία ή η εξόρυξη, μόνο σε επιλεγμένα μέλη ή οργανισμούς εντός του δικτύου.

Η αποκεντρωμένη και ασφαλής βάση δεδομένων που δομείται βάσει της τεχνολογίας blockchain επηρεάζει τον τρόπο, με τον οποίο διαμοιράζονται τα δεδομένα μέσω του Διαδικτύου. Συγκεκριμένα, μία βάση δεδομένων που δομείται στην τεχνολογία blockchain επιτρέπει την peer2peer ανταλλαγή δεδομένων απευθείας από μηχανή-μηχανή, σε αντίθεση με το τρέχον κεντρικό σύστημα μέσω του διαδικτύου, όπως το Gmail ή το Dropbox, κ.λπ.

Ακόμη, τα κρυπτογραφημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων με πιο ασφαλή και καταναμημένο τρόπο, χωρίς τον κίνδυνο της παρέμβασης μεσαζόντων, όπως λ.χ. οι κυβερνήσεις που μπορούν να δημιουργήσουν

κανόνες για τη λογοκρισία δεδομένων. Πέρα από τη διαχείριση δεδομένων, η αποκεντρωμένη και ασφαλής βάση δεδομένων του Blockchain έχει τη δυνατότητα να γίνει το θεμέλιο για την ευρεία υιοθέτηση του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Επίσης, μία βάση δεδομένων blockchain μπορεί να αποτελέσει το κεντρικό αποθετήριο συναλλαγών ή ανταλλαγής αξίας μεταξύ δισεκατομμυρίων συσκευών που είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο, παρέχοντας έτσι έναν ιδιωτικό, ασφαλή και αξιόπιστο peer2peer μηχανισμό συναλλαγών¹⁰.

Μία εξαιρετικά σημαντική λειτουργία της τεχνολογίας blockchain που ευρίσκεται θα λέγαμε στον πυρήνα της είναι ο μηχανισμός «απόδειξης εργασίας» (proof of work) σε συνδυασμό με την «εξόρυξη» (mining). Ο μηχανισμός του proof of work ο (PoW) είναι ουσιαστικά ένα πρωτόκολλο ασφάλειας δικτύου που χρησιμοποιείται ως μηχανισμός λήψης συναίνεσης εντός του δικτύου, για την επικύρωση συναλλαγών και την προσθήκη νέων μπλοκ, συνδράμοντας έτσι καθοριστικά στη διασφάλιση της αξιοπιστίας του δικτύου blockchain.

Ειδικότερα, οι συμμετέχοντες στο δίκτυο βοηθούν στη μετάδοση και επαλήθευση συναλλαγών στο blockchain σε όλους τους «ανθρακωρύχους» (miners). Οι miners εκτελούν την σύνθετη εργασία της δημιουργίας νέων, έγκυρων μπλοκ και της δέσμευσής τους στο blockchain. Συγκεκριμένα, οι miners καλούνται να επιλύσουν ένα σύνθετο υπολογιστικό-αλγοριθμικό πρόβλημα και όποιος εξ αυτών επιτύχει μεταδίδει πρώτα την απόδειξη της «δουλειάς» του στους υπόλοιπους. Το νέο μπλοκ που δημιουργείται, επαληθεύεται και προστίθεται όταν επιτευχθεί συναίνεση της πλειοψηφίας άνω του 50 τοις εκατό εντός του δικτύου.

Σύμφωνα με τους Catalini και Gans: «Κάθε φορά που ένας miner δεσμεύει ένα νέο μπλοκ στην αλυσίδα, μπορεί να εκχωρήσει ένα προκαθορισμένο ποσό του κρυπτονομικού διακριτικού στον εαυτό του ως ανταμοιβή». Αυτή η ανταμοιβή, σε συνδυασμό με τα τέλη συναλλαγών, χρησιμεύει ως κίνητρο για τους ανθρακωρύχους για την εργασία που επιτελούν¹¹, η οποία όπως σημειώθηκε είναι καθοριστική για τη διασφάλιση του δικτύου. Για παράδειγμα, οι miners στο blockchain του Bitcoin λαμβάνουν ως ανταμοιβή το εν λόγω ψηφιακό νόμισμα.

Στον αντίποδα, θα λέγαμε, του μηχανισμού «proof of work» βρίσκεται ο μηχανισμός «Proof of Stake». Συγκεκριμένα, η απαιτούμενη υπολογιστική ισχύς και το σύστημα

¹⁰A. Wright and P. De Filippi, "Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia." 10-Mar-2015.

¹¹C. Catalini et al., "Some Simple Economics of the Blockchain," 2017.

βάσει ανταμοιβών που απαιτείται στο PoW, το καθιστούν πολύ δαπανηρό για τους miners. Για αυτόν τον λόγο, η κοινότητα του blockchain μεταβαίνει από το πρωτόκολλο δικτύου Proof of Work στο Proof of Stake για την «εξόρυξη» των συναλλαγών που πραγματοποιούνται στο blockchain. Ειδικότερα, στο πρωτόκολλο Proof of Stake, ο miner του νέου μπλοκ επιλέγεται με ντετερμινιστικό τρόπο με βάση το δίκτυο. Δεν υπάρχει σύστημα ανταμοιβής για την προσθήκη νέου μπλοκ. Αντίθετα, οι miners λαμβάνουν ως ανταμοιβή τα τέλη συναλλαγής.

Τέλος, εξαιρετικά σημαντικά είναι και τα έξυπνα συμβόλαια (smart contracts), για τα οποία θα αφιερώσουμε μάλιστα ευθύς κατωτέρω ξεχωριστό κεφάλαιο. Συγκεκριμένα, τα έξυπνα συμβόλαια είναι αποσπάσματα κώδικα που περιέχουν όρους συμβολαίου ή επιχειρηματική λογική που βασίζεται σε δεδομένα και μπορούν να προστεθούν σε μια αλυσίδα μπλοκ. Τα έξυπνα συμβόλαια λειτουργούν στη λογική «αν....., τότε.....κλπ. και είναι σε θέση, να εφαρμοστούν αυτόματα και peer2peer μεταξύ των συμμετεχόντων, ήτοι χωρίς μεσολάβηση τρίτου. Ακριβώς, επειδή τα έξυπνα συμβόλαια δεν περιορίζονται σε οικονομικές συναλλαγές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές διαφορετικές περιπτώσεις, καθίσταται σαφές, ότι διευρύνουν σημαντικά τις πιθανές επιχειρηματικές εφαρμογές του blockchain σε διάφορους κλάδους, όπως θα εξετάσουμε στα επόμενα κεφάλαια. Τέλος, τα έξυπνα συμβόλαια αυξάνουν την εμπιστοσύνη μεταξύ των μερών, δεδομένου ότι οι συμφωνημένοι όροι εκτελούνται αυτόματα, μειώνοντας τον κίνδυνο λάθους και χειραγώγησης¹².

1.3 Πλεονεκτήματα της τεχνολογίας blockchain

Τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain που αναφέρθηκαν παραπάνω δημιουργούν πολλές νέες εφαρμογές σε διαφορετικούς κλάδους της οικονομίας. Στο πέρασμα του χρόνου, η υιοθέτηση της εν λόγω τεχνολογίας σε επίπεδο επιχειρήσεων αυξάνεται συνεχώς καθώς πολλές υφιστάμενες εταιρείες και νεοφυείς επιχειρήσεις πειραματίζονται με τη συγκεκριμένη τεχνολογία και τις πιθανές χρήσεις της. Ευθύς κατωτέρω θα αναφερθούμε συνοπτικά σε μερικά από τα βασικότερα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας blockchain, όπως καταγράφονται στην έρευνα της Gartner¹³:

¹²D. Schatsky, "Getting smart about smart contracts I Deloitte US I CFO Program," Deloitte LLP, 2016.

¹³H. Farahmand, "A Technical Primer for Assessing a Blockchain Platform," Gart. Res., no.March, 2017.

- Μειωμένο κόστος συναλλαγών. Οι Catalini και Gans καταγράφουν δύο βασικά κόστη στα τρέχοντα επιχειρηματικά μοντέλα που επηρεάζονται από την τεχνολογία blockchain και δη το μεν κόστος επαλήθευσης των συναλλαγών, το δε κόστος δικτύωσης για ανταλλαγή αξίας αγαθών και υπηρεσιών. Το Blockchain επιτρέπει τον διακανονισμό συναλλαγών με κατανομημένο τρόπο χωρίς μεσάζοντες. Αυτοί οι μεσάζοντες, όπως τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα ή λ.χ. οι πλατφόρμες του shared economy, όπως η Uber, χρεώνουν την παροχή υπηρεσιών επαλήθευσης. Η McKinsey σε έρευνά της τα προηγούμενα χρόνια εκτίμησε, ότι η εφαρμογή της τεχνολογίας του blockchain θα οδηγήσει σε μείωση του κόστους κάθε διασυνοριακής επιχείρησης κατά περίπου 42%». ¹⁴.
- Επιτάχυνση και αποτελεσματικότητα επιχειρηματικών διαδικασιών. Η τεχνολογία Blockchain επιτρέπει υψηλότερη αποτελεσματικότητα, αποδοτικότητα και διαφάνεια σε πολυμερείς επιχειρηματικές διαδικασίες, όπως η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας που θα εξετάσουμε παρακάτω, αυξάνει την ταχύτητα ανταλλαγής μεταξύ πολλών μερών και αυξάνει την αποτελεσματικότητα παρέχοντας μια διαδρομή ελέγχου σε πραγματικό χρόνο και υψηλότερη ποιότητα διαδικασίας, μειώνοντας ταυτόχρονα και το κόστος
- Μείωση του κινδύνου απάτης. Η τεχνολογία blockchain επιτρέπει την ισχυρή επαλήθευση των συναλλαγών εντός του δικτύου που ξεκινούν από τον χρήστη. Κάθε φορά που ξεκινά μια συναλλαγή, επαληθεύεται η ταυτότητα χρήστη και αξιολογείται, εάν ο χρήστης είναι κατάλληλος να ξεκινήσει τη συναλλαγή. Επιπλέον, η ταυτότητα επαληθεύεται μέσω της αναγνώρισης δημόσιων κλειδιών με δυνατότητα κρυπτογράφησης αντί για τον αριθμό κοινωνικής ασφάλισης ή άλλα προσωπικά έγγραφα, τα οποία μπορούν να διαρρεύσουν ή να κλαπούν από το μεσάζοντα της συναλλαγής.
- Μειωμένος συστημικός κίνδυνος. Στα τρέχοντα επιχειρηματικά μοντέλα που βασίζονται σε επαλήθευση των συναλλαγών από τρίτο/ ους, ελλοχεύει ο κίνδυνος να ανακύψουν ζητήματα παραβίασης του απορρήτου εξαιτίας ενός ενιαίου σημείου αποτυχίας που αντιπροσωπεύουν οι μεσάζοντες. Συγκεκριμένα, όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται στα εν λόγω τρίτα- κεντρικά μέρη. Έτσι σε περίπτωση που είναι επιρρεπείς σε επιθέσεις, ο κίνδυνος

¹⁴"CHANGING THE WAY OF DOING BUSINESS: BLOCKCHAIN," AMC WanhaiSecur. Ltd.,2017.

μεγεθύνεται. Το αποκεντρωμένο δίκτυο της τεχνολογίας blockchain μειώνει αυτόν τον κίνδυνο και ενισχύει την ανθεκτικότητα του συστήματος εξαλείφοντας την παραπάνω αδυναμία του ενός μόνο σημείου αστοχίας.

- Ενεργοποίηση νέου επιχειρηματικού μοντέλου. Η τεχνολογία Blockchain μπορεί, τόσο να αναβαθμίσει και να καταστήσει σαφώς πιο αποτελεσματικά τα υφιστάμενα επιχειρηματικά μοντέλα σε όλους τους κλάδους, παρέχοντας τυποποιημένες, ταχύτερες και αυτοματοποιημένες ροές εργασίας, και μειώνοντας τα τρέχοντα κόστη για τις επιχειρήσεις, όσο και να διαμορφώσει το κατάλληλο τεχνολογικό περιβάλλον για την ανάπτυξη και την ανάδειξη εντελώς νέων και καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων εντός των αποκεντρωμένων αγορών που δημιουργεί.

1.4 Περιορισμοί της τεχνολογίας blockchain

Αν και με βάση όσα σημειώθηκαν ευθύς ανωτέρω κατέστη σαφές, ότι η τεχνολογία blockchain εισφέρει πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα και νέες δυνατότητες καταρχήν σε σχέση με τον τρόπο με τον οποίο ανταλλάσσουμε αξία, εντούτοις υπάρχουν μερικές αδυναμίες και προκλήσεις που περιορίζουν, προς το παρόν τουλάχιστο, την ευρεία υιοθέτησή της. Τις εν λόγω αδυναμίες κατέγραψε ο Farahmand στα πλαίσια της έρευνας Gartner:

- ο Ζητήματα επεκτασιμότητας, αποτελεσματικότητας και συντήρησης/ Σύμφωνα με το σχεδιασμό, το blockchain απαιτεί από τους συμμετέχοντες στο δίκτυο κόμβους να καταλήξουν σε συναίνεση για την επαλήθευση μιας συναλλαγής και για την αποτροπή της απάτης. Οι αλγόριθμοι και μηχανισμοί συναίνεσης, όπως το proof of work που χρησιμοποιούνται για την προσθήκη ενός νέου μπλοκ, απαιτούν ωστόσο σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους ήδη από το σχεδιασμό τους, καθώς κάθε κόμβος εκτελεί την ίδια εργασία και έτσι δαπανάται τεράστιος όγκος πόρων και ενέργειας. Επίσης, μειώνεται ταυτόχρονα και η απόδοση, αλλά και η ικανότητα του συστήματος να επαληθεύει τον αριθμό των συναλλαγών ανά λεπτό, με αποτέλεσμα τα συστήματα συναλλαγών που είναι βασισμένα στο blockchain να είναι λιγότερο αποτελεσματικά από υφιστάμενα συστήματα κεντρικής διαχείρισης συναλλαγών. Επιπλέον, καθώς το μέγεθος του blockchain μεγαλώνει, ο χρόνος που απαιτείται για την επαλήθευση αυξάνεται και απαιτείται περισσότερη χωρητικότητα αποθήκευσης, απαιτώντας περισσότερη δέσμευση πόρων. Αυτά τα ζητήματα υπολογιστικής επεκτασιμότητας, αποτελεσματικότητας,

περίπλοκης διαχείρισης δεδομένων και συντήρησης των συστημάτων blockchain, θα πρέπει αναμφίβολα να αντιμετωπιστούν, προκειμένου να μπορέσει η εν λόγω τεχνολογία να καθιερωθεί ως βασική τεχνολογία με μαζική απήχηση και υιοθέτηση.

- ο Κίνδυνος νέας τεχνολογίας. Το Blockchain είναι μια αρκετά νέα τεχνολογία, η οποία εισάγει τις προκλήσεις της έλλειψης κατανόησης του τρόπου λειτουργίας της, αλλά και των επί μέρους χαρακτηριστικών της. Απαιτεί περισσότερες επενδύσεις και εξερεύνηση για την ανάπτυξη καλύτερου σχεδιασμού και εφαρμογής.

- ο Αβεβαιότητα κανονισμών και διακυβέρνησης. Η τεχνολογία Blockchain είναι αναμφίβολα εξαιρετικά καινοτόμα μετασχηματίζοντας εντελώς σε κάποιους ειδικά τομείς το τοπίο της διεξαγωγής οικονομικών συναλλαγών. Έτσι, έχει καταστεί εξαιρετικά δύσκολο για τις ρυθμιστικές αρχές να εισαγάγουν πρότυπα που αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις νομοθετικής ρύθμισης της εν λόγω τεχνολογίας και των επί μέρους εφαρμογών της. Ως εκ τούτου, οι επιχειρήσεις, αλλά και οι πολίτες που χρησιμοποιούν την εν λόγω τεχνολογία και τις εφαρμογές της είναι εκτεθειμένοι πολλές φορές στην αβεβαιότητα που προκαλεί η έλλειψη ενός συγκεκριμένου και πλήρους νομοθετικού πλαισίου.

- ο Ευπάθειες ασφαλείας και νέα διανύσματα επιθέσεων. Η αξία οιασδήποτε πλατφόρμας δομείται στη βάση της τεχνολογίας blockchain καθορίζεται επίσης φυσικά και από την ασφάλειά της. Μια πλατφόρμα blockchain δεν είναι βέβαια εντελώς απρόσβλητη σε ευπάθειες και παραβιάσεις ασφαλείας. Δημόσια blockchain, όπως αυτό του Bitcoin επιτρέπουν σε οποιονδήποτε να διαβάσει ή να καταγράψει συναλλαγές με την προϋπόθεση ότι δείχνει επαρκή υπολογιστική ισχύ και επιτυγχάνει συναίνεση. Σύμφωνα με τον Berke, «επειδή ο καθένας μπορεί να διαβάσει και να καταχωρεί συναλλαγές, οι συναλλαγές με bitcoin έχουν τροφοδοτήσει τις συναλλαγές στη μαύρη αγορά». Επιπλέον, η ανάγκη για υψηλές επενδύσεις πόρων έχει κάνει το mining βιώσιμο μόνο για έναν μικρό αριθμό παικτών. Ως αποτέλεσμα, «η πλειονότητα των miners δραστηριοποιείται σε χώρες με φθηνή ηλεκτρική ενέργεια, οδηγώντας σε συγκεντροποίηση του δικτύου και σε πιθανότητα συμπαιγνίας». Τέλος, τα ιδιωτικά κλειδιά των χρηστών είναι εκτεθειμένα σε κλοπή, όπως όλα τα δεδομένα. Επί του παρόντος, δεν έχουν

θεσπιστεί κανονισμοί για την ανάκτηση των κλεμμένων bitcoin ή τρόπος διάκρισης των κλεμμένων κλειδιών από τις νόμιμες συναλλαγές.

Κεφάλαιο 2^ο: «Έξυπνα συμβόλαια»

2.1 Τι είναι τα έξυπνα συμβόλαια;

Σύμφωνα με τον νομικό ορισμό της, η «Σύμβαση», είναι μια «εθελοντική συμφωνία μεταξύ δύο ή περισσότερων μερών, η οποία εμπεριέχει την υπόσχεση συγκεκριμένης παροχής έναντι συγκεκριμένου ανταλλάγματος». Αυτή η υπόσχεση είναι μια γραπτή συμφωνία με συγκεκριμένους όρους εκτελεστή από το νόμο ως δεσμευτική νομική συμφωνία¹⁵. Τα συμβόλαια αποτελούν τον πυρήνα για τη διαχείριση των επιχειρηματικών σχέσεων, τον καθορισμό των όρων και των προϋποθέσεων του τρόπου επιχειρηματικής δραστηριότητας. Για παράδειγμα, οι ιστότοποι αγορών ηλεκτρονικού εμπορίου διευκολύνουν τις ηλεκτρονικές συναλλαγές παρέχοντας όρους παροχής υπηρεσιών στον ιστότοπό τους. Οι αγοραστές πρέπει να συμφωνήσουν με αυτούς τους όρους για να αγοράσουν αγαθά ή υπηρεσίες.

Ο πελάτης εμπιστεύεται την πλατφόρμα ηλεκτρονικού εμπορίου ή τον έμπορο να παρέχει δίκαιες υπηρεσίες με αντάλλαγμα την πληρωμή που έχει πραγματοποιηθεί. Ο έμπορος, από την άλλη πλευρά, εμπιστεύεται την τράπεζα ή τον εκδότη της πιστωτικής κάρτας ότι θα αναλάβει τον κίνδυνο μη πληρωμής. Το επίπεδο επαλήθευσης και για τα δύο μέρη που εμπλέκονται σε αυτήν την ανταλλαγή αξίας είναι πολύ χαμηλό. Ολόκληρη η συναλλαγή πραγματοποιείται με εμπιστοσύνη στην εικόνα της επωνυμίας του εμπόρου και στο πιστωτικό σκορ του πελάτη που επαληθεύεται από το αξιόπιστο τρίτο μέρος, όπως η Visa ή η MasterCard¹⁶. Σε περίπτωση αθέτησης σύμβασης ή εμπιστοσύνης, όλα τα εμπλεκόμενα μέρη μπορούν να επισκεφθούν τα δικαστήρια νομικής δικαιοδοσίας για να επιλύσουν τη διαφορά. Η διαδικασία διευθέτησης είναι δαπανηρή, κουραστική και μπορεί να διαρκέσει αρκετές ημέρες.

Ο όρος «Έξυπνο Συμβόλαιο» προτάθηκε για πρώτη φορά το 1996 από τον Nick Szabo, έναν επιστήμονα υπολογιστών, νομικό μελετητή και κρυπτογράφο. Όρισε το έξυπνο συμβόλαιο ως «ένα σύνολο υποσχέσεων, που καθορίζονται στην ψηφιακή μορφή, συμπεριλαμβανομένων πρωτοκόλλων εντός των οποίων τα μέρη εκτελούν αυτές τις υποσχέσεις».¹⁷ Σημαίνει ότι τα έξυπνα συμβόλαια υπογράφονται ψηφιακά

¹⁵F. (Fergus W. . Ryan, Contract law. Thompson Round Hall, 2006.

¹⁶A. Morrison, "How smart contracts automate digital business," PwC, 2016. Διαθέσιμο στο :<http://usblogs.pwc.com/emerging-technology/how-smart-contractsautomate-digital-business/>.

¹⁷N. Szabo, "Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets," 1996.

βάσει συμφωνηθέντων επιχειρηματικών κανόνων μεταξύ δύο ή περισσότερων μερών και οι όροι της συμφωνίας προσδιορίζονται ηλεκτρονικά με τη σύνταξη γραμμών κώδικα. Τα έξυπνα συμβόλαια όχι μόνο αντικαθιστούν πολλά παραδοσιακά συμβόλαια σε χαρτί με κώδικα υπολογιστή, αλλά όταν ενσωματώνονται με μια πλατφόρμα blockchain όπως το Ethereum, διευκολύνουν, επαληθεύουν και επιβάλλουν τη διαπραγμάτευση ή την εκτέλεση μιας σύμβασης.

Το έξυπνο συμβόλαιο είναι «έξυπνο» λόγω της ικανότητάς του να εκτελεί αυτόματα πολύπλοκες πολυμερείς συμφωνίες, κάτι που είναι πέρα από τις δυνατότητες οποιουδήποτε μεμονωμένου οργανισμού. Κάνει τη διαδικασία διακανονισμού χαμηλού κόστους, αυτοματοποιημένη και ταχύτερη. Επιπλέον, καθιστά τις επιχειρηματικές σχέσεις αδύναμες, δίνοντας σε κάθε μέρος ίσους όρους ανταγωνισμού στην ψηφιακή οικονομία. Αυτό το κατανεμημένο καθολικό blockchain παρέχει ένα αμετάβλητο λειτουργικό σύστημα βάσει του οποίου εκτελούνται έξυπνες συμβάσεις. Όλοι στο δίκτυο βλέπουν την ίδια απόδειξη γεγονότων που εκτελούνται από το έξυπνο συμβόλαιο μαζί με τη δυνατότητα ελέγχου του ιστορικού χρονοδιαγράμματος χωρίς παραποίηση. Αυξάνει την εμπιστοσύνη στην επαλήθευση και την ακεραιότητα των έξυπνων συμβολαίων, καθιστώντας τα συνώνυμα με τη σημερινή διαδικασία δικαστικής απόφασης .

Ο blogger Antony Lewis, συνόψισε τα έξυπνα συμβόλαια στο πλαίσιο των blockchains και των κρυπτονομισμάτων, ως εξής¹⁸. Η «προγραμμαμμένη λογική ενεργοποιημένη μέσω κώδικα υπολογιστή», αποθηκεύεται και αναπαράγεται σε μια κατανεμημένη πλατφόρμα αποθήκευσης, π.χ., blockchain Ethereum, εκτελείται και εκτελείται από ένα δίκτυο υπολογιστών μέσω πρωτοκόλλων όπως η απόδειξη εργασίας ή η απόδειξη συμμετοχής, η εκτέλεση επικύρωσης βάσει συναίνεσης στο blockchain, και μπορεί να οδηγήσει σε ενημερώσεις του καθολικού μέσω μεταφοράς αξίας με τη μορφή πληρωμών σε κρυπτονομίσματα, που υπαγορεύονται από προκαθορισμένο συμβόλαιο. «Εάν οι αλυσίδες μπλοκ μας παρέχουν κατανεμημένο αξιόπιστο χώρο αποθήκευσης, τότε τα έξυπνα συμβόλαια μας παρέχουν κατανεμημένους αξιόπιστους υπολογισμούς»¹⁹.

¹⁸A. Lewis, "A gentle introduction to smart contracts I Bits on blocks," Bits on blocks, 2016.

¹⁹Id.

2.2 Πως λειτουργούν τα έξυπνα συμβόλαια

Ένα έξυπνο συμβόλαιο είναι ένα πρόγραμμα που ορίζεται από τον χρήστη και λειτουργεί, άλλως πως «τρέχει πάνω» σε ένα blockchain. Τα έξυπνα συμβόλαια επιτρέπουν την εκτέλεση αξιόπιστων συναλλαγών μεταξύ, χωρίς τη διαμεσολάβηση τρίτων μερών. Ο κύριος στόχος των έξυπνων συμβολαίων είναι να παρέχουν ασφάλεια ανώτερη από την αντίστοιχη του παραδοσιακού συστήματος συμβάσεων, με ταυτόχρονη μείωση του κόστους συναλλαγής. Τα έξυπνα συμβόλαια φέρουν τα κάτωθι χαρακτηριστικά:

- αποκλειστικά ηλεκτρονική φύση
- εφαρμογή λογισμικού
- αυξημένη βεβαιότητα.²⁰
- αυτο-απόδοση
- αυτάρκεια.

Για την ανάπτυξη ενός έξυπνου συμβολαίου στην γνωστότερη πιο καινοτόμα πλατφόρμα blockchain, αυτή του δικτύου Ethereum, εκτελείται μια ειδική συναλλαγή εισαγωγής του εκάστοτε έξυπνου συμβολαίου στο blockchain. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, εκχωρείται στο συμβόλαιο μια μοναδική διεύθυνση και ο κωδικός του καταχωρείται στο blockchain. Μόλις δημιουργηθεί επιτυχώς, ένα έξυπνο συμβόλαιο προσδιορίζεται από μια διεύθυνση σύμβασης²¹.

Μία μοναδική ταυτότητα, «διεύθυνση» στο δίκτυο του Ethereum εκχωρείται σε κάθε άτομο που συμμετέχει στη συναλλαγή. Κάθε συμβόλαιο περιέχει κάποια ποσότητα εικονικών νομισμάτων και σχετίζεται με τον προκαθορισμένο εκτελέσιμο κώδικα του. Το πρόσωπο που εκκινεί μία συναλλαγή πληρώνει ένα τέλος που στο δίκτυο του Ethereum καλείται «αέριο» (gas) για την εκτέλεσή της. Τα έξυπνα συμβόλαια εκτελούν αυτόματα τους όρους της σύμβασης σύμφωνα με τις πληροφορίες που λαμβάνονται. Τα μέρη καταλήγουν σε συμφωνία για το περιεχόμενο της σύμβασης και εκτελούν τις

²⁰A. Savelyev, “Contract law 2.0: ‘Smart’ contracts as the beginning of the end of classic contract law,” *Information & Communications Technology Law*, vol. 26, no. 2, 2017, pp 116-134.

²¹M. Wöhrer and U. Zdun, “Smart contracts: Security patterns in the Ethereum ecosystem and solidity,” *Proceedings of the International Workshop on Blockchain Oriented Software Engineering*, 2018, pp. 2- 8.

συμβάσεις σύμφωνα με τις συμπεριφορές που είναι γραμμένες σε ορισμένους αλγόριθμους υπολογιστών. Τα έξυπνα συμβόλαια είναι αυτοεκτελέσιμα και αυτοεπαληθεύσιμα, χωρίς να χρειάζεται η μεσολάβηση τρίτου.

Συγκεκριμένα, ένα έξυπνο συμβόλαιο ελέγχει εάν οι συναλλασσόμενοι συμμορφώνονται με τους κανόνες που έχουν προκαθοριστεί στο έξυπνο συμβόλαιο. Εάν το κάνουν, η συναλλαγή επικυρώνεται. Εάν όχι, η συναλλαγή απορρίπτεται²². Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά περιουσιακών στοιχείων σημαντικής αξίας. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό η εφαρμογή τους να είναι ασφαλής και χωρίς σφάλματα.

Συγκεκριμένα, η καινοτομία των έξυπνων συμβολαίων μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς σε ένα ευρύ φάσμα επιχειρηματικών κλάδων και βιομηχανιών, όπως ενδεικτικά η υγειονομική περίθαλψη, οι ασφάλειες, τα τυχερά παιχνίδια, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, τα χρηματοοικονομικά, αλλά και σε κυβερνητικό επίπεδο για τη βελτίωση πολλών διαδικασιών²³.

2.3 Περιπτώσεις χρήσης έξυπνων συμβολαίων και πλεονεκτήματα

Όπως προελέχθη, τα έξυπνα συμβόλαια και η τεχνολογία blockchain μπορούν να εφαρμοστούν με επιτυχία στη μεταφορά (ψηφιακών) περιουσιακών στοιχείων. Τούτο δε είναι περισσότερο εμφανές στις χρηματικές συναλλαγές. Ειδικότερα, τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ψηφιοποίηση της παραδοσιακής διαδικασίας μεταφοράς περιουσιακών στοιχείων. Για παράδειγμα, σε έναν οργανισμό που ασχολείται με πιστωτικές κάρτες πελατών, όπως οι τράπεζες, η διαχείριση των δαπανώμενων ποσών και του υπολοίπου των λογαριασμών απαιτεί την διαμόρφωση μιας βάσης δεδομένων, αφιερωμένης στις εν λόγω εργασίες. Προκειμένου, οι τελικοί χρήστες να λαμβάνουν ενημέρωση σχετικά με το υπόλοιπο του λογαριασμού τους αμέσως είναι απαραίτητος ο χειρισμός των αποθηκευμένων στη βάση δεδομένων εγγραφών. Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω της τεχνολογίας

²²V. Shermin, “Disrupting governance with blockchains and smart contracts,” *Strategic Change*, vol. 26, no. 5, 2017, pp. 499–509.

²³A. Rosic, “Smart contracts: The blockchain technology that Will replace lawyers,” <https://blockgeeks.com/guides/smart-contracts/> *Journal of Scientific and Engineering Research* 540 Sadiku MNO et al *Journal of Scientific and Engineering Research*, 2018, 5(5):538-541.

blockchain με μία σειρά από πλεονεκτήματα που θα εξετάσουμε ευθύς κατωτέρω. Τούτο δε είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς, όπως εξηγεί ο Cong, κάθε επιχείρηση θα πρέπει να διασφαλίζει, ότι οι δραστηριότητές του διεξάγονται με εύλογη προσοχή, ώστε να διασφαλίζεται ότι προστατεύονται τόσο τα συμφέροντα των πελατών όσο και τα συμφέροντα άλλων ενδιαφερομένων²⁴.

Προσέτι, πρακτικά κάθε πώληση ή αγορά αντιμετωπίζεται ως σύμβαση. Στην περίπτωση των επιχειρήσεων, η παροχή οποιουδήποτε πακέτου υπηρεσιών ή η αγορά και πώληση προϊόντων είναι στην πραγματικότητα μία σύμβαση. Τέτοιες συμβάσεις μπορούν να ψηφιοποιηθούν και να εκτελεστούν ως περιουσιακά στοιχεία σε ένα blockchain με την προσθήκη ενός ψηφιακού διακριτικού. Ως εκ τούτου, η ψηφιακή μεταφορά περιουσιακών στοιχείων μεταξύ ενός οργανισμού και των συνεργατών του μπορεί να απλοποιηθεί και να εκφραστεί εύκολα μέσω της τεχνολογίας blockchain, η οποία εγγυάται την κρυπτογραφική επαλήθευση, την εγκυρότητα και την ασφάλεια μέσω της χρήσης του αποκεντρωμένου μοντέλου συναλλαγών της.

Συγκεκριμένα, ένα πολύ βασικό πλεονέκτημα που θα αποκτήσουν οι επιχειρήσεις που υιοθετούν την εφαρμογή έξυπνων συμβολαίων είναι, ότι τα καταχωρούμενα δεδομένα θα είναι απόλυτα ακριβή. Όπως εξηγείται στις διαδικασίες δημιουργίας ενός έξυπνου συμβολαίου, όλες οι πληροφορίες σχετικά με τη σύμβαση εκφράζονται με αλγοριθμική μορφή και υπό όρους, χρησιμοποιώντας τις δηλώσεις if-then. Για παράδειγμα, σε μία παραγγελία, οι όροι του έξυπνου συμβολαίου διατυπώνονται ως αλγόριθμος και δη, εάν ο πελάτης x πληρώσει x μονάδες του ψ , τότε πιστώστε αμέσως τον παραλήπτη του ποσού και ανοίξτε επίσης το πακέτο υπηρεσιών για τον πελάτη x .

Παράλληλα, τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να συγχρονιστούν με κρυπτονομίσματα όπως το Ether, το Lite Coin ή το bitcoin, μεταξύ άλλων, μια πτυχή που θα ενίσχυε περαιτέρω την ευρωστία, την ακρίβεια και την απόδοση ολόκληρου του συστήματος. Η έκφραση όλων των όρων και προϋποθέσεων σε ένα έξυπνο συμβόλαιο πρέπει να είναι ρητή και ακριβής. Ουσιαστικά, αυτή είναι μια κρίσιμη απαίτηση, επειδή τα σφάλματα στις συναλλαγές μπορεί να προκύψουν από οποιαδήποτε παράλειψη.

²⁴Hillbom, E., and Tillström, T., 2016. Applications of Smart contracts and smart property utilizing blockchains (Doctoral dissertation, Masters of Science Thesis in Computer Science, Chalmers University of Technology and University of Gothenburg, Sweden. February).

Επομένως, με την αυτοματοποίηση της διαδικασίας στα έξυπνα συμβόλαια αποφεύγεται η πλειονότητα των προβλημάτων που απαντώνται στα παραδοσιακά συμβόλαια.

Όπως σημειώθηκε ήδη από το πρώτο κεφάλαιο οι καταχωρήσεις σε ένα blockchain είναι ορατοί σε όλους τους συνδεδεμένους χρήστες του δικτύου. Έτσι, το ίδιο συμβαίνει και με τους όρους και τις προϋποθέσεις του έξυπνου συμβολαίου, οι οποίοι ως εκ τούτου από τη στιγμή που θα συναφθεί η σύμβαση δεν μπορούν να αλλαχτούν εύκολα. Παράλληλα, κάθε συναλλαγή από οποιοδήποτε μέρος της σύμβασης παρακολουθείται και ελέγχεται από άλλους κόμβους δικτύου του blockchain. Ως αποτέλεσμα, προωθείται η διαφάνεια και εξαλείφονται θέματα απάτης.

Στη σύγχρονη εποχή, ουκ ολίγες φορές έχουν αναφερθεί διάφορες περιπτώσεις, όπου οργανισμοί ή επιχειρήσεις κατηγορούνται, ότι εξαπάτησαν τους πελάτες τους ή ότι δεν τους εξόφλησαν. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, κάθε πώληση αγαθού ή υπηρεσίας από έναν οργανισμό καταλήγει σε μια σύμβαση που μπορεί να είναι ή να μην είναι νομικά εκτελεστή. Ωστόσο, σε διάφορες περιπτώσεις, ένα ή περισσότερα συμβαλλόμενα μέρη ενδέχεται να παραβιάσουν τους όρους και τις προϋποθέσεις της σύμβασης. Στην περίπτωση των πωλήσεων, μια επιχείρηση μπορεί να χρεώσει υπερβολικά τον πελάτη ή να συντομεύσει το χρονικό διάστημα του πακέτου υπηρεσιών που συμφωνήθηκε, χωρίς να τον ειδοποιήσει. Με την εφαρμογή όλες οι λεπτομέρειες της σύμβασης είναι διαθέσιμες, ορατές και συνεχώς προσβάσιμες από τα προσβαλλόμενα μέρη. Σε αντίθεση, δηλαδή, με τις παραδοσιακές συμβάσεις, όπου τα συμβαλλόμενα μέρη εναπόκεινται στο νομικό πλαίσιο ως ενδιάμεσο, διασφάλισης των όρων της σύμβασης, στον ψηφιακό κόσμο των έξυπνων συμβολαίων, το μόνο που χρειάζεται είναι άλλοι κόμβοι στο δίκτυο, οι οποίοι είναι επιφορτισμένοι με την ευθύνη να διασφαλίζουν ότι κάθε συναλλαγή που αφορά η σύμβαση είναι ακριβής και έγκυρη.

Προσέτι, ουσιαστικά, τα έξυπνα συμβόλαια δεν βασίζονται στην ανθρώπινη παρέμβαση και η εφαρμογή τους καθοδηγείται και εποπτεύεται από άλλους κόμβους στο δίκτυο blockchain. Επομένως, μόλις ενεργοποιηθούν οι όροι του, το συμβόλαιο ουσιαστικά εκτελείται μόνο του. Αυτό επιτυγχάνεται συχνά μέσω της χρήσης γεγονότων/ συνθηκών ενεργοποίησης. Για παράδειγμα, ένα συμβάν ενεργοποίησης μπορεί να είναι μια ημερομηνία, ώρα ή ακόμα και μια δραστηριότητα που εκκίνησε κάποιο εκ των συμβαλλόμενων μερών, όπως η μεταφορά ορισμένων μονάδων

κρυπτονομίσματος από το πορτοφόλι του πελάτη σε αυτό της εταιρείας. Μόλις συμβεί ένα συμβάν ενεργοποίησης, η σύμβαση αρχίζει πλέον να εκτελείται μόνη της. Για παράδειγμα, για διαδικτυακούς οργανισμούς που βασίζονται σε συνδρομές, μόλις ληφθεί μια συγκεκριμένη μονάδα του κρυπτονομίσματος, τότε η συνδρομή για τον πελάτη ανανεώνεται αυτόματα.

Σε μια μελέτη των Marino and Juels σημειώνεται, ότι τα έξυπνα συμβόλαια προσφέρουν ένα από τα υψηλότερα επίπεδα ασφαλείας. Οι έξυπνες συμβάσεις που υλοποιούνται μέσω της τεχνολογίας blockchain πραγματοποιούνται, όπως σημειώθηκε, μέσω ενός αποκεντρωμένου δικτύου²⁵. Το γεγονός ότι τα μέρη στο δίκτυο δεν είναι «έμπιστα» τα κάνει να ελέγχουν το ένα το άλλο, για να διασφαλίζουν ότι κάθε συναλλαγή πραγματοποιείται αποτελεσματικά.

Ακόμη, η τεχνολογία blockchain εγγενώς αξιοποιεί τεχνικές κρυπτογραφίας. Συγκεκριμένα, η εν λόγω τεχνολογία ενσωματώνει υψηλή κρυπτογράφηση δεδομένων και τη χρήση ιδιωτικών και δημόσιων κλειδιών για την ανάγνωση των συναλλαγών σε κάθε blockchain, καθώς και την εκτέλεση οποιασδήποτε συναλλαγής. Το γεγονός ότι προτού οποιοσδήποτε κόμβος πραγματοποιήσει μια συναλλαγή, η συναλλαγή πρέπει πρώτα να επικυρωθεί από όλους τους κόμβους του δικτύου blockchain ενισχύει την ασφάλεια της έξυπνης τεχνολογίας.

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τον Seijas εξηγεί ότι η κρυπτογράφηση δεδομένων και συγκεκριμένα η χρήση τεχνικών κρυπτογραφίας μπορεί να ενισχύσει σημαντικά την ασφάλεια της επικοινωνίας και της ανταλλαγής δεδομένων²⁶. Ως εκ τούτου, κάθε σύμβαση που υλοποιείται με κρυπτογραφημένο τρόπο ενισχύει την ασφάλεια της συναλλαγής και αποτρέπει τυχόν κακόβουλες δραστηριότητες που ενδέχεται να διαδοθούν για την αλλαγή της ακολουθίας εκτέλεσης ή την εκτέλεση μη έγκυρων συναλλαγών.

²⁵Marino, B., & Juels, A. (2016, July). Setting standards for altering and undoing smart contracts. In International Symposium on Rules and Rule Markup Languages for the Semantic Web (pp. 151-166). Springer, Cham.

²⁶Seijas, P. L., Thompson, S. J., & McAdams, D., 2016. Scripting smart contracts for distributed ledger technology. IACR Cryptology ePrint Archive, 2016, 1156.

Τέλος, εξαιρετικά σημαντική είναι και η συμβολή των έξυπνων συμβολαίων της τεχνολογίας blockchain στη μείωση του κόστους. Ουσιαστικά, τα κορυφαία στελέχη επιχειρήσεων αναλαμβάνουν την ευθύνη ανεύρεσης στρατηγικών και τρόπων μείωσης του κόστους. Ο κύριος στόχος κάθε επιχείρησης είναι η επίτευξη κερδών. Επομένως, όλες οι δραστηριότητες μιας επιχείρησης θα πρέπει να σχεδιάζονται με γνώμονα την επίτευξη των εταιρικών στόχων, καθώς και τη μεγιστοποίηση του κέρδους.²⁷ Η εφαρμογή έξυπνων συμβολαίων μέσω τεχνολογίας blockchain περιορίζει την ανάγκη για μεσάζοντες. Αυτό, με τη σειρά του, βοηθά στη μείωση του συνολικού οργανωτικού κόστους και στη μεγιστοποίηση των περιθωρίων κέρδους μιας επιχείρησης. Στην περίπτωση πολυεθνικών εταιρειών που συναλλάσσονται με τεράστιο αριθμό συμβάσεων σε καθημερινή ή εβδομαδιαία βάση, η εφαρμογή έξυπνων συμβολαίων στις συναλλαγές με συνεργάτες και πελάτες τους μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη μείωση των διαφόρων δαπανών που προκύπτουν από τις παραδοσιακές μορφές συμβάσεων.

Εν κατακλείδι, είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι παρά τα προαναφερόμενα πλεονεκτήματα της ασφάλειας, της μείωσης του κόστους και της αποτελεσματικότητας, τα έξυπνα συμβόλαια παρουσιάζουν και ορισμένα μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, η ποιότητα και η εκτέλεση της σύμβασης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την διατύπωση των όρων της, άλλως πως τον προγραμματισμό της. Επομένως, εάν υπάρχουν ελαττώματα στον προγραμματισμό των έξυπνων συμβολαίων, τέτοια ελαττώματα μπορεί να προκαλέσουν δυσμενείς επιπτώσεις στην εκτέλεση της σύμβασης.

²⁷Saleem, M. A. (2017). The impact of socio-economic factors on small business success. *Geografia- Malaysian Journal of Society and Space*, 8(1)

Κεφάλαιο 3^ο: Μεθοδολογία

Η εκπόνηση της εργασίας αποτέλεσε μια σειρά από βήματα και διαδικασίες που με τη σειρά τους συμπληρώνουν τελικά μια μεθοδολογία. Το πρώτο και απολύτως απαραίτητο βήμα μας ήταν, είτε με παρακολούθηση MOOCs είτε από άρθρα στο διαδίκτυο, να κατανοήσουμε τον τρόπο λειτουργίας της τεχνολογίας blockchain και να μελετήσουμε τα χαρακτηριστικά της, τις παραλλαγές που προκύπτουν από διάφορες πλατφόρμες με τα οφέλη τους, τις διαφορές τους καθώς και την ιστορία της ούτως ώστε να είμαστε έτοιμοι με διευρυμένους ορίζοντες επί του θέματος να διεκπεραιώσουμε την εργασία μας.

Το δεύτερο βήμα ήταν η έρευνα στο να καταλήξουμε σε τρεις πολύ βασικούς τομείς, αν όχι τους βασικότερους, που συμπίπτουν με το Ηλεκτρονικό Επιχειρείν και έχουν προκαλέσει κύματα ερευνών, πιθανών αλλά και πρακτικών εφαρμογών, οι οποίοι είναι και τα τρία κεφάλαια που αφορούν εφαρμογές στις χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, στην υγεία και στην εφοδιαστική αλυσίδα και τελικά μας οδηγούν στο σκοπό της εργασίας.

Αφού καταλήξαμε σε αυτούς τους τομείς ήταν πλέον ξεκάθαρο το τοπίο για να ορίσουμε το πλήθος και τις επικεφαλίδες των κεφαλαίων μας και να προχωρήσουμε στην συλλογή του απαραίτητου υλικού για την μελέτη της κάθε περίπτωσης. Οι πηγές που συγκεντρώσαμε προήλθαν από επιστημονικά άρθρα και έρευνες. Συγκεκριμένα, η εξερεύνηση μας στο διαδίκτυο πρόσθεσε στο υλικό μας έρευνες, μελέτες, άρθρα και δημοσιεύσεις που βρίσκονταν στο google scholar αλλά και σε έγκυρα επιστημονικά περιοδικά που ήταν εξειδικευμένα σε κλάδους της οικονομίας, των επιχειρήσεων και της τεχνολογίας των πληροφοριών. Καθώς όμως το διαδίκτυο μπορεί να περιέχει σελίδες που παραπληροφορούν ήταν καθήκον μας να βεβαιωθούμε για την απόλυτη εγκυρότητα και εμπιστοσύνη στις πηγές μας.

Στο πρώτο κεφάλαιο που σχετίζεται με χαρακτηριστικά και τρόπους λειτουργίας της τεχνολογίας, ήταν χρήσιμο να μην επεκταθούμε σε μακρηγορίες και περιττές πληροφορίες που ξεφεύγουν από τον σκοπό μας. Γι' αυτό το λόγο ήταν συνετό το κεφάλαιο αυτό να εισάγει τον αναγνώστη στο κόσμο της τεχνολογίας, στους βασικούς όρους και τα χαρακτηριστικά της, στον τρόπο που λειτουργεί αλλά και στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της, με εστίαση στις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζεται για να κατανοήσει τις εφαρμογές της τεχνολογίας στο Ηλεκτρονικό

Επιχειρείν. Με τον ίδιο τρόπο ενεργήσαμε και στο δεύτερο κεφάλαιο για τα έξυπνα συμβόλαια. Θεωρήσαμε πως έπρεπε να είναι σε ένα ανεξάρτητο κεφάλαιο και να αναλύονται τα χαρακτηριστικά τους, ο τρόπος λειτουργίας και οι περιπτώσεις εφαρμογής τους, εφόσον μπορούν να οριστούν ως ένα ξεχωριστό κομμάτι που δεν συνδυάζονται σε όλες τις πλατφόρμες blockchain.

Στα επόμενα κεφάλαια των επιχειρηματικών εφαρμογών ακολουθήσαμε το εξής πλάνο. Για κάθε περίπτωση έπρεπε να ερευνήσουμε και να στοχεύσουμε σε σημεία που μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνολογία blockchain σε αυτούς τους κλάδους και παράλληλα να γίνεται μια σύγκριση με τα σημερινά δεδομένα. Με αυτόν τον παραλληλισμό και σε συνδυασμό με τα συμπεράσματα και τις απόψεις των ερευνητών που μελετήσαμε μπορέσαμε να καταλήξουμε για κάθε περίπτωση στα οφέλη και τις προκλήσεις που απασχολούν και προβληματίζουν το επιστημονικό κοινό. Τέλος συγκεντρώσαμε στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο όλα τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία.

Κεφάλαιο 4^ο: Επιχειρηματική εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στις χρηματοοικονομικές υπηρεσίες

4.1 Blockchain και οικονομικές συναλλαγές

Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία blockchain έχει αναδειχτεί ως η πλέον καινοτόμα πρόταση στον τομέα του FinTech²⁸ που υπόσχεται να ενισχύσει την αποτελεσματικότητα των χρηματοοικονομικών συναλλαγών και να μεταμορφώσει συνολικά τον κλάδο. Στο παρόν κεφάλαιο θα εξετάσουμε τον αντίκτυπο της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στις χρηματοοικονομικές συναλλαγές, εστιάζοντας σε τέσσερα συγκεκριμένα ζητήματα που παίζουν απαραίτητο ρόλο στις χρηματοοικονομικές συναλλαγές. Συγκεκριμένα, θα εξετάσουμε την επίδραση της ερευνώμενης τεχνολογίας στην επαλήθευση περιουσιακών στοιχείων, την τήρηση αρχείων, το απόρρητο δεδομένων και το κόστος συναλλαγών.

4.1.1 Επαλήθευση περιουσιακών στοιχείων

Η πρώτη και πιο βασική δραστηριότητα στη διαπραγμάτευση ενός χρηματοοικονομικού περιουσιακού στοιχείου σε ένα δίκτυο blockchain είναι η επαλήθευση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του²⁹. Η επαλήθευση περιουσιακών στοιχείων περιλαμβάνει την επιβεβαίωση της ταυτότητας του κατόχου, ήτοι ότι της επιβεβαίωσης, ότι τα μέρη που επιδιώκουν συνδιαλλαγούν είναι οι νόμιμοι κάτοχοι των αντίστοιχων περιουσιακών στοιχείων.

Η ιδιοκτησία σύμφωνα με τον Stephen Pair, Διευθύνοντα Σύμβουλο της BitPay, καθιερώνεται όταν κάποια οντότητα αναγνωρίζει, τεκμηριώνει και ασκεί τα δικαιώματα επί ενός περιουσιακού στοιχείου³⁰. Ως εκ τούτου, η τεχνολογία blockchain μπορεί να διευκολύνει την άμεση επαλήθευση της ιδιοκτησίας μέσω ενός μηχανισμού συναίνεσης³¹ που έχει ήδη συμφωνηθεί από όλους τους συμμετέχοντες. Η επιβεβαίωση

²⁸Guo, Y. and Liang, C., 2016. Blockchain application and outlook in the banking industry. *Financial innovation*, 2(1), pp.1-12.

²⁹Workie, H. and Jain, K., 2017. Distributed ledger technology: Implications of blockchain for the securities industry. *Journal of Securities Operations & Custody*, 9(4), pp.347-355.

³⁰Walsh, C., O'Reilly, P., Gleasure, R., Feller, J., Li, S. and Cristoforo, J., 2016. New kid on the block: a strategic archetypes approach to understanding the Blockchain.

³¹Workie, H. and Jain, K., 2017. Distributed ledger technology: Implications of blockchain for the securities industry. *Journal of Securities Operations & Custody*, 9(4), pp.347-355.

της ιδιοκτησίας ενός περιουσιακού στοιχείου σε ένα δίκτυο blockchain γίνεται από έναν μόνο πλήρη κόμβο που «κατασκευάζει» το μπλοκ που περιλαμβάνει τις πληροφορίες για το συγκεκριμένο περιουσιακό στοιχείο και επιβεβαιώνεται επίσης από άλλους πλήρεις κόμβους του δικτύου που επαληθεύουν την εγκυρότητα κάθε νέου μπλοκ και συνολικά του δικτύου. Η ισχύς του blockchain πηγάζει από το γεγονός ότι κανένας μεμονωμένος θεματοφύλακας- κόμβος του δικτύου δεν έχει τον έλεγχο ολόκληρου του δικτύου ανά πάσα στιγμή, αλλά αντίθετα εφαρμόζεται ο κανόνας της πλειοψηφίας. Ο προφανής κίνδυνος εδώ προκύπτει, όταν μια μεμονωμένη οντότητα ελέγχει πάνω από το 50 τοις εκατό των κόμβων του δικτύου.

Ο αμετάβλητος χαρακτήρας της εγγραφής δεδομένων στο blockchain καθιστά δυνατή την επ' αόριστον αποθήκευση πληροφοριών στη βάση δεδομένων του. Στη συνέχεια, αυτό αυξάνει το επίπεδο εμπιστοσύνης στην ακρίβεια των πληροφοριών σχετικά με περιουσιακά στοιχεία που αποθηκεύονται σε αυτό. Επιπλέον, το αμετάβλητο οδηγεί σε υψηλή ιχνηλασιμότητα, δεδομένου ότι ένα blockchain περιέχει επαληθεύσιμες εγγραφές με χρονική σήμανση για κάθε περιουσιακό στοιχείο που έχει ποτέ αποτελέσει αντικείμενο συναλλαγής εντός του δικτύου.³²

Επομένως, χάρις στα παραπάνω εγγενή χαρακτηριστικά της, η τεχνολογία blockchain επιτρέπει την άμεση επαλήθευση των περιουσιακών στοιχείων. Ως εκ τούτου, η επαλήθευση περιουσιακών στοιχείων γίνεται δυνατή και πιθανώς πιο αξιόπιστη με τη χρήση της τεχνολογίας blockchain. Από την άλλη πλευρά, ωστόσο, ο το αμετάβλητο των εγγραφών σημαίνει ότι δεν είναι δυνατό —ειδικά σε ένα δημόσιο blockchain— να διορθωθεί ένα λάθος που σχετίζεται με ένα στοιχείο με την επεξεργασία της βάσης δεδομένων. Αντίθετα, θα πρέπει να προσαρτηθεί η διορθωμένη αναπαράσταση του στοιχείου σε ένα νέο μπλοκ. Επομένως, το αμετάβλητο των εγγραφών παρέχει μεν υψηλή ιχνηλασιμότητα και αξιοπιστία, αλλά καθιστά δύσκολη τη διόρθωση λαθών.

Λόγω της κατανεμημένης φύσης του blockchain, μπορεί να υποστηριχθεί, ότι επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του κινδύνου απώλειας πληροφοριών περιουσιακών στοιχείων. Ως εκ τούτου, σε σύγκριση με τις κεντρικές βάσεις δεδομένων, το

³²Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S. and Kalyanaraman, V., 2016. Blockchain technology: Beyond bitcoin. Applied Innovation, 2(6-10), p.71.

blockchain είναι πιο αξιόπιστο και δεκτικό σε σφάλματα, επειδή τα αντίγραφα της βάσης δεδομένων – blocks - διατηρούνται από πολλούς κόμβους δικτύου. Για παράδειγμα, ακόμη και αν οι περισσότεροι από τους κόμβους του δικτύου πέφτουν, το δίκτυο θα συνεχίσει να επαληθεύει τις εγγραφές χωρίς διακοπή, καθώς η βάση δεδομένων είναι διαθέσιμη σε πολλούς άλλους κόμβους και ο μηχανισμός συναίνεσης είναι ανεξάρτητος από τον αριθμό των λειτουργικών κόμβων.

Προσέτι, σε κάθε περίπτωση, ένας αποκεντρωμένος μηχανισμός συναίνεσης απαιτεί σημαντικά έξοδα υποδομής και λειτουργίας σε τομείς δικτύων επικοινωνίας, υπολογιστικών πόρων και αποθήκευσης, προκειμένου να λειτουργήσει για ένα συναλλακτικό χρηματοοικονομικό σύστημα³³. Επιπλέον, απαιτείται σημαντική προσπάθεια για την ενσωμάτωση του συστήματος επαλήθευσης περιουσιακών στοιχείων που βασίζεται σε blockchain στην κλίμακα, τις πλατφόρμες και τις διαδικασίες των χρηματοοικονομικών υπηρεσιών και ενίσχυση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας blockchain, προκειμένου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του χρηματοπιστωτικού κλάδου.

Συγκεκριμένα, τα χρηματοοικονομικά συστήματα, ως επί το πλείστο, απαιτούν υψηλή απόδοση και ταχύτητα—τα χρηματιστήρια εκτελούν περισσότερες από 100 χιλιάδες συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο που μπορεί να απαιτούν επαλήθευση περιουσιακών στοιχείων. Ως εκ τούτου, η τεχνολογία blockchain θα πρέπει να είναι σε θέση να χειρίζεται αυτούς τους τύπους φορτίων. Ορισμένοι ερευνητές, λοιπόν, εύλογα υποστηρίζουν, ότι η επεκτασιμότητα των δικτύων blockchain είναι ένας στόχος που, θα πρέπει απαραίτητα να επιτευχθεί υπό την πίεση και της επικείμενης ζήτησης.

4.1.2 Τήρηση αρχείων

Η τήρηση αρχείων είναι η ανθεκτική και ακριβής διατήρηση των πληροφοριών του παρελθόντος στο πέρασμα του χρόνου με τρόπο που ικανοποιεί τα εμπλεκόμενα μέρη. Η τεχνολογία blockchain ήδη από το σχεδιασμό της (by design) είναι ικανή να διατηρεί αρχεία³⁴. Επί του παρόντος, τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα διατηρούν αρχεία σε διαφορετικές βάσεις δεδομένων, σε αντίθεση με μία βάση δεδομένων βασισμένη στο

³³Zhu, Y., Guo, R., Gan, G. and Tsai, W.T., 2016, June. Interactive incontestable signature for transactions confirmation in bitcoin blockchain. In 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC) (Vol. 1, pp. 443-448). IEEE.

³⁴DuPont, Q. and Maurer, B., 2015. Ledgers and Law in the Blockchain. Kings Review, 23.

blockchain που παρέχει ένα κεντρικό αποθετήριο, όπου τα αρχεία είναι προσβάσιμα από όλους τους συμμετέχοντες.

Οι Guo and Liang³⁵ υποστηρίζουν ότι πολλά από τα προβλήματα των επιχειρήσεων του χρηματοπιστωτικού τομέα προέρχονται από:

- την κακή ποιότητα των αρχείων που απαιτούνται για την αξιολόγηση της ατομικής πίστωσης,
- την αδυναμία κοινής χρήσης αρχείων,
- την έλλειψη χρήσης εξωτερικών πηγών αρχείων όπως το Διαδίκτυο και
- τις δυσκολίες εκπλήρωσης των απαιτήσεων συμμόρφωσης που σχετίζονται με τα αρχεία των πελατών, όπως το know your customer (KYC).

Σύμφωνα με τους Moyano και Ross (2017), το ετήσιο κόστος του due diligence σχετικά με το KYC ανά τράπεζα μπορεί να φτάνει έως και 500 εκατομμύρια δολάρια. Επιπλέον, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα θα πρέπει να συνεργάζονται μεταξύ τους και με άλλα ενδιαφερόμενα μέρη για την ανάπτυξη συστημάτων τήρησης αρχείων που βασίζονται σε blockchain για την αντιμετώπιση αυτών των αδυναμιών.

Τέτοια ιδιωτικά δίκτυα blockchain με τους κατάλληλους μηχανισμούς ελέγχου πρόσβασης θα μπορούσαν να επιτρέψουν σε χρηματοπιστωτικά ιδρύματα (χρηματιστήρια, κεντρικές τράπεζες, τράπεζες και ασφαλιστικές εταιρείες) να ενισχύσουν την αξιοπιστία, τη λογοδοσία και τον έλεγχο³⁶. Ωστόσο, για να επιτευχθεί αυτό το επιθυμητό όραμα για την τήρηση αρχείων, τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα πρέπει να συμφωνήσουν σχετικά με το ποια αρχεία θα μοιραστούν, πώς να συμβάλουν στο κόστος κατασκευής και συντήρησης του δικτύου και πώς να διαχειριστούν τον έλεγχο πρόσβασης.

Συνεπώς, η τεχνολογία blockchain μπορεί εγγενώς, απρόσκοπτα και με μεγαλύτερη διαφάνεια να προσφέρει ισχυρά ίχνη ελέγχου των αρχείων εκταμιεύσεων μερισμάτων,

³⁵Guo, Y. and Liang, C., 2016. Blockchain application and outlook in the banking industry. *Financial innovation*, 2(1), pp.1-12.

³⁶De Meijer, C.R., 2016. The UK and Blockchain technology: A balanced approach. *Journal of Payments Strategy & Systems*, 9(4), pp.220-229.

λεπτομερειών ιδιοκτησίας, όρων διαχωρισμού μετοχών, χρονικών σημάνσεων συναλλαγών μετοχών, φορολογικών αναφορών κλπ.. Ως εκ τούτου, η τεχνολογία blockchain είναι μια άμεσα διαθέσιμη υποδομή αναφοράς³⁷ που μπορεί να αξιοποιηθεί σε επιχειρηματικό επίπεδο στο χρηματοοικονομικό κλάδο από τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα. Για να επιτευχθεί αυτή η συλλογική διεπαφή τήρησης αρχείων, θα πρέπει φυσικά να διαμορφωθούν τα κατάλληλα εργαλεία και διαδικασίες.

Επιπλέον, στο βαθμό που τα δεδομένα σε μία βάση δεδομένων με βάση την τεχνολογία blockchain είναι εγγενώς αμετάβλητα και μη αναστρέψιμα, ένα ακόμη εμπόδιο που θα πρέπει να ξεπεραστεί για την εισαγωγή της υπό κρίση τεχνολογίας στη συγκεκριμένη βιομηχανία είναι η εξεύρεση λύσεων για τον τρόπο αντιμετώπισης ζητημάτων που μπορεί να προκύψουν από λανθασμένες εγγραφές αρχείων από ανθρώπινο ή τεχνικό λάθος³⁸. Επιπλέον, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι υπολογιστικοί πόροι για τη διατήρηση ενός τέτοιου δικτύου βασισμένου στη συγκεκριμένη τεχνολογία, ικανού να ικανοποιήσει τις προαναφερόμενες ανάγκες του κλάδου.

Τέλος, αξίζει να σημειώσουμε, ότι ήδη από τα τέλη του 2015, ο Nasdaq οριστικοποίησε την πρώτη τήρηση αρχείων ιδιωτικής ασφάλειας σε ιδιωτικό blockchain του. Μερικοί από τους χρηματοοικονομικούς τομείς που θα μπορούσαν να επιδιώξουν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία blockchain για να βελτιώσουν τις πρακτικές τους για την τήρησης αρχείων είναι οι κάτωθι:

- οι αγορές μετοχών, όπου η τρέχουσα διαδικασία απαιτεί αργή και μη αυτόματη παρακολούθηση των αρχείων ιδιοκτησίας μετοχών,
- οι αγορές χρέους,
- οι αγορές εταιρικών ομολόγων, όπου η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να ψηφιοποιήσει τα αρχεία των περιουσιακών στοιχείων και να κωδικοποιήσει τους απαραίτητους υπολογισμούς,

³⁷Workie, H. and Jain, K., 2017. Distributed ledger technology: Implications of blockchain for the securities industry. *Journal of Securities Operations & Custody*, 9(4), pp.347-355.

³⁸De Meijer, C.R., 2016. The UK and Blockchain technology: A balanced approach. *Journal of Payments Strategy & Systems*, 9(4), pp.220-229.

- οι αγορές παραγώγων, όπου η διαφάνεια των αρχείων θα μπορούσε να βοηθήσει τόσο τις ρυθμιστικές αρχές όσο και τους συμμετέχοντες να διεξάγουν και να παρακολουθούν καλύτερα την σύνθετη διαδικασία συναλλαγών με παράγωγα
- τα συστήματα διαχείρισης της ταυτότητας των πελατών, όπου ένα κοινόχρηστο αρχείο blockchain θα μπορούσε να παρέχει ένα κεντρικό αποθετήριο που θα διευκόλυνε σημαντικά την όλη διαδικασία.

4.2 Τα οφέλη της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στις οικονομικές συναλλαγές

4.2.1 Προστασία προσωπικών δεδομένων

Το απόρρητο των οικονομικών δεδομένων και των συναλλαγών είναι μια ουσιαστική πτυχή των χρηματοοικονομικών συναλλαγών, επειδή οι πελάτες ενδιαφέρονται για το απόρρητο των δεδομένων τους, και κατά συνέπεια, οι επιχειρήσεις πρέπει να νοιάζονται επίσης καθώς είναι λογικό να νοιάζονται για τις επιθυμίες των πελατών. Επιπλέον, τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα πρέπει να συμμορφώνονται με τις κανονιστικές εντολές σχετικά με το απόρρητο των δεδομένων.

Συγκεκριμένα, θα μπορούσαμε εν προκειμένου να διακρίνουμε δύο κατηγορίες δεδομένων που χρήζουν προστασίας και δη:

- δεδομένα που περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με συναλλαγές
- δεδομένα ταυτότητας που παρέχουν πληροφορίες για τους χρήστες ενός δικτύου blockchain.

Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί, ότι το απόρρητο και η διαφάνεια είναι μεν δύο επιθυμητά αποτελέσματα, αλλά μερικές φορές συγκρούονται. Ειδικότερα, ενώ τα άτομα συνήθως νοιάζονται περισσότερο για την ιδιωτικότητά τους παρά για τη διαφάνεια, σε συλλογικό επίπεδο η διαφάνεια μοιάζει σημαντικότερη. Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να προσφέρει λύσεις που συνδυάζουν ευέλικτα και σε ικανοποιητικό επίπεδο ένα υψηλό επίπεδο διαφάνειας (αποκέντρωση σε μία δημόσια βάση δεδομένων blockchain καθιστά τα δεδομένα πιο προσιτά) και υψηλού επιπέδου απορρήτου³⁹, δεδομένου, ότι η ψευδωνυμία λ.χ. των χρηστών του Bitcoin και

³⁹Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A. and Goldfeder, S., 2016. Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction. Princeton University Press.

παρόμοιων blockchains καθίσταται δυνατή λόγω, αφενός της έλλειψης μιας κεντρικής αρχής, αφετέρου της ενσωματωμένης στην εν λόγω τεχνολογία κρυπτογραφίας.

Ακόμη, το επίπεδο διαφάνειας είναι επίσης συνάρτηση του τρόπου με τον οποίο αποθηκεύονται τα δεδομένα στο δίκτυο, καθώς είναι δυνατή η κρυπτογράφηση των δεδομένων πριν από την αποστολή τους στο δίκτυο. Ωστόσο, εάν ο έλεγχος πρόσβασης δεν γίνει σωστά, μπορεί να οδηγήσει σε εξαιρετικά αρνητικές συνέπειες. Έτσι, αν και η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να μειώσει τον κίνδυνο για την ασφάλεια και το απόρρητο, θα μπορούσε να προκαλέσει νέα ζητήματα λόγω της αποκεντρωμένης φύσης του δικτύου⁴⁰.

Για παράδειγμα, η προστασία με βάση την κρυπτογράφηση ιδιωτικού κλειδιού έχει μεγαλύτερη σημασία σε ένα δημόσιο δίκτυο blockchain. Αν και η κλοπή ιδιωτικών κλειδιών από έναν χρήστη δικτύου blockchain είναι παρόμοια με την κλοπή κωδικών πρόσβασης από χρήστες που δεν ανήκουν σε ένα τέτοιο δίκτυο, η λεπτή διαφορά είναι ότι εάν ξεχαστεί ένας κωδικός πρόσβασης, σε αποκεντρωμένο δίκτυο blockchain, είναι αδύνατη η ανάκτηση ιδιωτικών κλειδιών λόγω απουσίας μιας κεντρική αρχής.

Το ερευνώμενο ζήτημα περιπλέκεται στον χρηματοοικονομικό κλάδο λόγω των ιδιαίτερων κανονιστικών απαιτήσεων σχετικά με το KYC, αλλά και το πλαίσιο για το Anti-Money Laundering (AML) και την προστασία δεδομένων πελατών (FINRA, 2017). Ωστόσο, η έλλειψη σαφήνειας των κανονιστικών απαιτήσεων και των απαιτήσεων συμμόρφωσης δημιουργεί αβεβαιότητα για τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα κατά την αξιολόγηση της τεχνολογίας blockchain λαμβάνοντας υπό το πρίσμα των απαιτήσεων σε επίπεδο απορρήτου και διαφάνειας.

Επιπλέον, δεδομένου ότι ένα δίκτυο blockchain θα μπορούσε να εμπίπτει στα όρια πολλών δικαιοδοσιών, τα χρηματοπιστωτικά ιδρύματα πρέπει να σκεφτούν πώς να ικανοποιήσουν τις ρυθμιστικές απαιτήσεις για το απόρρητο και τη διαφάνεια σε αυτές τις διαφορετικές δικαιοδοσίες. Ακόμη, οι χρηματοοικονομικές ρυθμιστικές αρχές δεν

⁴⁰Workie, H. and Jain, K., 2017. Distributed ledger technology: Implications of blockchain for the securities industry. *Journal of Securities Operations & Custody*, 9(4), pp.347-355.

έχουν ακόμη κατανοήσει πλήρως την τεχνολογία blockchain, τις εφαρμογές, αλλά και τις επιπτώσεις της⁴¹.

4.2.2 Κόστος συναλλαγής

Ήδη πριν την ερευνώμενη τεχνολογία, προηγούμενες τεχνολογικές εξελίξεις είχαν επινοήσει υποκατάστατα για τους παραδοσιακούς μηχανισμούς συναλλαγών με αποτέλεσμα την ενίσχυση του ανταγωνισμού. Προκειμένου να επιβιώσουν και να ανταποκριθούν στις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των πελατών, οι επιχειρήσεις του χρηματοοικονομικού τομέα θα πρέπει να καινοτομούν συνεχώς⁴² και να μειώνουν το κόστος συναλλαγής μέσω της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών.

Τούτων λεχθέντων, η τεχνολογία blockchain έχει αναδειχθεί ως ένας καινοτόμος μηχανισμός με δυνατότητα εφαρμογής σε αρκετούς χρηματοοικονομικούς τομείς, όπως η εκκαθάριση και ο διακανονισμός, τα συστήματα πληρωμών, οι λειτουργικοί κίνδυνοι και οι ασφάλειες⁴³. Επί του παρόντος, οι διατραπεζικές πληρωμές συχνά περνούν μέσω ενδιάμεσων γραφείων συμψηφισμού, όπου ελέγχονται εξονυχιστικά μέσω περίπλοκων, χρονοβόρων και δαπανηρών διαδικασιών.

Η τεχνολογία, σύμφωνα με τον de Meijer (2015) μπορεί να μειώσει το κόστος των συναλλαγών και να αυξήσει την ταχύτητά τους στους τομείς των πληρωμών από επιχείρηση σε επιχείρηση (B2B). Παράλληλα, θα μπορούσε να βοηθήσει στη μείωση του κόστους του τομέα των χρηματιστηριακών τίτλων και των τίτλων των παραδοσιακών τραπεζών. Σε επίπεδο υλοποίησης, ωστόσο, εύλογα έχουν διατυπωθεί ορισμένες επιφυλάξεις από ορισμένους ερευνητές.

Συγκεκριμένα, αν και η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να επιτρέψει τη μακροπρόθεσμη μείωση του κόστους, βραχυπρόθεσμα απαιτούνται κάποιες σημαντικές δαπάνες για την ανάπτυξη μιας υποδομής που βασίζεται στη συγκεκριμένη τεχνολογία. Λαμβάνοντας υπόψη τον τομέα πληρωμών ως σημαντικό υποψήφιο για την ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων βασισμένων στην τεχνολογία blockchain, το 2013

⁴¹Kiviat, T.I., 2015. Beyond bitcoin: Issues in regulating blockchain transactions. Duke LJ, 65, p.569.

⁴²Guo, Y. and Liang, C., 2016. Blockchain application and outlook in the banking industry. Financial innovation, 2(1), pp.1-12.

⁴³Kakavand, H., Kost De Sevres, N. and Chilton, B., 2017. The blockchain revolution: An analysis of regulation and technology related to distributed ledger technologies. Available at SSRN 2849251.

και το 2014, 5,4 δισεκατομμύρια δολάρια επενδύθηκαν σε καινοτομίες FinTech με την προσδοκία ότι η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να φέρει επανάσταση σε επίπεδο υποδομών και να οδηγήσει στην ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων⁴⁴ που θα μπορούσαν κατά συνέπεια να δημιουργήσουν περισσότερη αξία και να εξοικονομήσουν κόστος.

Σύμφωνα με έκθεση του Παγκόσμιου Οικονομικού Φόρουμ του 2016, η επένδυση στην εξερεύνηση οικονομικών εφαρμογών της τεχνολογίας blockchain ξεπέρασε το 1,5 δισεκατομμύριο δολάρια. Εκτός από το πεδίο των πληρωμών, η ερευνώμενη τεχνολογία θα μπορούσε να αυτοματοποιήσει τις λειτουργίες back office στον τομέα της εκκαθάρισης και του διακανονισμού και να μειώσει το κόστος συναλλαγών που σχετίζεται με τον έλεγχο ταυτότητας των αρχείων συναλλαγών, καθιστώντας τα διαφανή και προσβάσιμα σε όλα τα συμμετέχοντα μέρη.

Ένας άλλος τομέας που μπορεί να αποτελέσει στόχο στο πεδίο της μείωσης του κόστους συναλλαγών μέσω της ανάπτυξης της τεχνολογίας blockchain είναι η ανταλλαγή ιδιωτικών μετοχών. Για παράδειγμα, ο NASDAQ ίδρυσε μια startup που ονομάζεται chain.com για να αναπτύξει μια πλατφόρμα βασισμένη σε blockchain για χρηματιστήρια ιδιωτικών μετοχών⁴⁵. Προσέτι, ένας από τους στόχους της IBM είναι να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία blockchain για τη μείωση του κόστους συντονισμού στις κεφαλαιαγορές και τον εξορθολογισμό των διακανονισμών στις αγορές παραγώγων. Τέλος, στον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας, η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να μειώσει το κόστος χρηματοδότησης αυτοματοποιώντας τις μη αυτόματες διαδικασίες και μετριάζοντας τους νομικούς κινδύνους μέσω έξυπνων συμβολαίων⁴⁶.

⁴⁴Beck, R., Avital, M., Rossi, M. and Thatcher, J.B., 2017. Blockchain technology in business and information systems research. *Business & information systems engineering*, 59(6), pp.381-384.

⁴⁵Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S. and Kalyanaraman, V., 2016. Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, 2(6-10), p.71.

⁴⁶Guo, Y. and Liang, C., 2016. Blockchain application and outlook in the banking industry. *Financial innovation*, 2(1), pp.1-12.

4.3 Εμπόδια στην εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στον χρηματοοικονομικό κλάδο

4.3.1 Επεκτασιμότητα (Scalability)

Η επεκτασιμότητα⁴⁷⁴⁸ είναι πρωταρχικός στόχος σε όλες τις εφαρμογές Fintech. Το δίκτυο πρέπει να είναι επεκτάσιμο και αυτοσυντηρούμενο ως προς τον όγκο συναλλαγών. Η Visa επεξεργάζεται επί του παρόντος περίπου 1700 συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο. Συγκριτικά, το Bitcoin και το Ethereum διαχειρίζονται επί του παρόντος 7 και 15 συναλλαγές ανά δευτερόλεπτο, αντίστοιχα. Όπως γίνεται αντιληπτό, ο όγκος συναλλαγών που διαχειρίζονται τα δύο μεγαλύτερα blockchains σε καμία περίπτωση δεν ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του σύγχρονου χρηματοπιστωτικού συστήματος. Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική της τεχνολογίας, μπορούμε να αξιολογήσουμε τους περιορισμούς επεκτασιμότητας σε διάφορα επίπεδα.

Αρχικά, θα εξετάσουμε τις δυσκολίες σε επίπεδο πρωτοκόλλου. Ειδικότερα, επειδή το μέγεθος του μπλοκ είναι επί του παρόντος περιορισμένο, εάν το δίκτυο παρουσιάσει αύξηση στις συναλλαγές, πρέπει να αυξηθεί είτε ο ρυθμός δημιουργίας μπλοκ (που καθορίζεται με τη μέθοδο συναίνεσης) είτε το μέγεθος του μπλοκ. Η αύξηση του μεγέθους του μπλοκ συνεπάγεται επιπλέον επιβάρυνση των κόμβων του δικτύου και εξαρτάται από το εύρος ζώνης του δικτύου. Σε κάθε περίπτωση, το μέγεθος της αλυσίδας θα αυξανόταν παράλληλα με τον αριθμό των συναλλαγών στο δίκτυο, αυξάνοντας την απαιτούμενη χωρητικότητα αποθήκευσης στον κόμβο.

Ο άλλος περιορισμός είναι η καθυστέρηση. Η καθυστέρηση είναι η χρονική διαφορά μεταξύ της εισόδου και της εξόδου, ενώ εύλογα προτιμάται πάντα όσο το δυνατόν μικρότερη καθυστέρηση. Για παράδειγμα, λόγω των περιορισμών συναίνεσης που επιβάλλει το bitcoin, χρειάζονται τουλάχιστον έξι μπλοκ για να επιβεβαιωθεί μια συναλλαγή, πράγμα που σημαίνει ότι έχει γίνει αποδεκτή από όλους τους εξορύκτες (miners) και βρίσκεται στη μεγαλύτερη αλυσίδα.

⁴⁷Nasir, M.H.; Arshad, J.; Khan, M.M.; Fatima, M.; Salah, K.; Jayaraman, R. Scalable blockchains—A systematic review. *Future Gener. Comput. Syst.* 2022, 126, 136–162

⁴⁸Zheng, Z.; Xie, S.; Dai, H.N.; Chen, X.; Wang, H. Blockchain challenges and opportunities: A survey. *Int. J. Web Grid Serv.* 2018, 14, 352–375.

Αυτό θα εμποδίσει την επεκτασιμότητα του δικτύου για άλλη μια φορά. Παράλληλα, η αύξηση του αριθμού των κόμβων σε επίπεδο υποδομής, όπως στα κεντρικά δίκτυα, δεν είναι δυνατή. Η αύξηση των κόμβων σταθεροποιεί την απόδοση για τους μηχανισμούς POW, αλλά υποβαθμίζει την απόδοση για τους μηχανισμούς BFT.

Όσον αφορά το μέγεθος της αλυσίδας, το bitcoin απαιτεί πλέον περισσότερα από 100 GB αποθηκευτικού χώρου και αυτό θα συνεχίσει να αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Οι εξορύκτες (miners) και οι επικυρωτές (validators) πρέπει να έχουν πρόσβαση σε αυτόν τον τύπο χωρητικότητας αποθήκευσης.

Τέλος, σε επίπεδο εφαρμογής, ανάλογα με τα πλαίσια που χρησιμοποιούνται για τη διεπαφή χρήστη, τα αιτήματα από το front-end πρέπει να διαχειρίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε το πρόγραμμα να μην ανταποκρίνεται καθώς αυξάνεται ο αριθμός των αιτημάτων. Για τη διαχείριση των εισερχόμενων αιτημάτων δεδομένων, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πολλαπλές προσεγγίσεις εξισορρόπησης φορτίου. Το δεύτερο μέλημα είναι η εξάρτηση των κόμβων στον υπολογισμό εκτός αλυσίδας. Εάν οι κόμβοι στο δίκτυο δεν μπορούν να κάνουν πολύπλοκους υπολογισμούς, αυξάνεται η εξάρτηση από δεδομένα εκτός αλυσίδας, αυξάνοντας πιθανώς την καθυστέρηση.

4.3.2 Διαλειτουργικότητα

Η διαλειτουργικότητα αναφέρεται στην ικανότητα μιας πλατφόρμας να επικοινωνεί και να ανταλλάσσει δεδομένα με άλλες πλατφόρμες. Παρά τον πολλαπλασιασμό των πλατφορμών blockchain και την ποικιλία των μοντέλων υλοποίησης μέσα σε αυτές τις πλατφόρμες, εντούτοις εξακολουθεί να υπάρχει ένα κενό δι-επικοινωνίας μεταξύ τους. Πολλές από αυτές τις πλατφόρμες αφορούν συγκεκριμένες μόνο εφαρμογές, γεγονός που συμβάλλει στη δυσκολία επικοινωνίας.

Ως εκ τούτου, οι προκλήσεις διαλειτουργικότητας μπορούν να χαρτογραφηθούν σε τρεις άξονες και δη θα πρέπει να γίνει αντιστάθμιση μεταξύ των τριών μεταβλητών:

- αξιοπιστία,
- επεκτασιμότητα και
- γενίκευση

για να καθοριστεί ποιες δύο ιδιότητες είναι κρίσιμες για το δίκτυο.

4.3.3 Ασφάλεια

Όπως κάθε σύστημα υπολογιστών, έτσι και τα συστήματα blockchain, που βασίζονται σε κατανεμημένα δίκτυα, θα μπορούσαν να είναι ευάλωτα σε επιθέσεις στον κυβερνοχώρο. Όπως προκύπτει από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, οι

απειλές ασφαλείας για ένα δίκτυο blockchain θα μπορούσαν να ταξινομηθούν στις τρεις ακόλουθες ομάδες:

1) Απειλές για τα πρωτόκολλα: Μια παραβίαση ασφαλείας σε αυτήν την κατηγορία θα επηρεάσει την ακεραιότητα του συστήματος. Ανάλογα με τα πρωτόκολλα που οδηγούν τις συμπεριφορές του συστήματος και του δικτύου, οι χάκερ θα μπορούσαν να διαχωρίσουν το blockchain, να πραγματοποιήσουν μη εξουσιοδοτημένες συναλλαγές, να διπλασιάσουν τις δαπάνες, να παραβιάσουν το απόρρητο κ.λπ. Οι στόχοι απειλών περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Μηχανισμοί συναίνεσης: Η ακεραιότητα ενός blockchain βασίζεται στην υπόθεση ότι η πλειονότητα των εξορυκτών είναι «ειλικρινείς» στην εξόρυξη και στη διατήρηση του δικτύου. Στο proof-of-work (PoW), εάν υπάρχει πιθανότητα η πλειονότητα των εξορυκτών να συμπράττουν μαζί, αυτοί οι εξορύκτες θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα των συναλλαγών. Μια επιτυχημένη επίθεση κατά του μηχανισμού συναίνεσης είναι αποδεδειγμένα η πιο επιβλαβής για το σύστημα. Η μελέτη αποτελεσματικών και ασφαλών μηχανισμών συναίνεσης παραμένει ένα ανοιχτό πρόβλημα.
- Κρυπτογραφικοί αλγόριθμοι: Ενώ το blockchain μπορεί να παρέχει προστασία από παραβιάσεις των συναλλαγών λόγω της χρήσης κρυπτογραφικών συναρτήσεων κατακερματισμού, οι εισβολείς εξακολουθούν να είναι σε θέση να εκμεταλλευτούν άλλα τρωτά σημεία. Μια σύγκρουση στις συναρτήσεις κατακερματισμού θα μπορούσε να επιτρέψει σε έναν κακόβουλο τρίτο να αντικαταστήσει ή να τροποποιήσει τα δεδομένα εισόδου χωρίς να αλλάξει τη σύνοψή τους. Μια πλαστογραφία υπογραφής επίσης θα μπορούσε να οδηγήσει σε μη εξουσιοδοτημένες συναλλαγές. Μια παραβίαση ασφαλείας σε άλλους ασύμμετρους κρυπτογραφικούς αλγόριθμους θα έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια του απορρήτου και του απορρήτου.
- Έξυπνα συμβόλαια: Εφόσον τα έξυπνα συμβόλαια κωδικοποιούνται ως μέρος μιας συναλλαγής «δημιουργίας» και εγγράφονται στο blockchain, είναι δύσκολο να ενημερωθούν. Σε περίπτωση εκμετάλλευσης μιας ευπάθειας σε ένα έξυπνο συμβόλαιο, ένας κακόβουλος τρίτος θα μπορούσε να αποκομίσει κέρδη χωρίς να τηρήσει τις συμφωνίες μεταξύ συνδεδεμένων μερών.
- Εικονική μηχανή: Καθώς αυτή η πλατφόρμα παρέχει ένα περιβάλλον εκτέλεσης για έξυπνα συμβόλαια, τα τρωτά σημεία που εκμεταλλεύονται

επιτρέπουν επίσης σε έναν κακόβουλο τρίτο να αποκομίσει κέρδη, χωρίς να τηρηθούν οι όροι των συμβαλλόμενων μερών στα έξυπνα συμβόλαια.

2) Απειλές για τα δίκτυα: Υπάρχουν διάφορα είδη επιθέσεων κατά των δικτύων ης. Για παράδειγμα, το Ethereum υπέστη επίθεση DoS το 2016⁴⁹. Στις επιθέσεις Dos, ένας εισβολέας μπορεί να κάνει τον κόμβο να μην μπορεί να επεξεργαστεί κανονικές συναλλαγές, δηλαδή να στοχεύει στη διαθεσιμότητα ενός συστήματος. Άλλες επιθέσεις δικτύου θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν στον πίνακα δρομολόγησης κόμβου κλπ.. Ο σχεδιασμός και η παροχή ενός ασφαλούς συστήματος Fintech που βασίζεται σε blockchain έναντι επιθέσεων δικτύου είναι ζωτικής σημασίας.

3) Απειλές για δεδομένα στο blockchain: Οι διευθύνσεις των χρηστών, οι συναλλαγές δεδομένων, τα ψηφιακά πορτοφόλια, τα έξυπνα συμβόλαια κ.λπ. είναι ορατά σε όλους τους συμμετέχοντες στο σύστημα blockchain σε κάποιο βαθμό. Ένα σύστημα που βασίζεται σε blockchain πρέπει να παρέχει χαρακτηριστικά ασφαλείας στα δεδομένα, συμπεριλαμβανομένης της ακεραιότητας, της εμπιστευτικότητας και της διαθεσιμότητάς τους. Η απώλεια του ιδιωτικού κλειδιού αποτελεί σημαντική ανησυχία για την ασφάλεια των συμμετεχόντων στο blockchain, καθώς χωρίς το ιδιωτικό του κλειδί, ένας συμμετέχων δεν θα έχει πλέον έλεγχο στα ψηφιακά του περιουσιακά στοιχεία στο blockchain. Η απώλεια μπορεί να προκληθεί από απροσεξία ή από παραβιασμένη συσκευή, όπου ενσωματώνεται το ψηφιακό πορτοφόλι. Είναι, λοιπόν, κρίσιμο για την εφαρμογή της ερευνώμενης τεχνολογίας να σχεδιαστεί ένα φιλικό προς τον χρήστη, αλλά και ασφαλές ψηφιακό πορτοφόλι.

4.3.4 Ιδιωτικότητα και απόρρητο

Ο όρος απόρρητο αναφέρεται στο γεγονός ότι οι συναλλαγές στο blockchain δεν αποκαλύπτουν τον αποστολέα, τον παραλήπτη ή ακόμα και το περιεχόμενο (π.χ. το ποσό) της συναλλαγής. Σε επίπεδο επιχειρείν, άρα και ιδιωτικών blockchain δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στο απόρρητο, καθώς οι εταιρείες εκτιμούν τη δυνατότητα να διατηρούν τις επιχειρηματικές τους δραστηριότητες ιδιωτικές. Από την άλλη πλευρά, στα δημόσια blockchain δίνεται περισσότερη έμφαση στη διαφάνεια ως θεμελιώδες χαρακτηριστικό που επιτρέπει τη δυνατότητα ελέγχου.

Ωστόσο, οι χρήστες εξακολουθούν να εκτιμούν τη δυνατότητα να διατηρούν ιδιωτικές πληροφορίες που δεν σχετίζονται με τη συναλλαγή, όπως η ταυτότητά τους.

⁴⁹<https://blog.ethereum.org/2016/09/22/ethereum-network-currently-undergoing-dos-attack/>

Πολλά πρωτόκολλα απορρήτου, όπως το Zcash⁵⁰ και το Monero⁵¹, έχουν αναπτύξει μια ποικιλία (μη) κρυπτογραφικών τεχνικών για την πλήρη ανωνυμοποίηση συναλλαγών, όπως υπογραφές δακτυλίου, ομομορφικές δεσμεύσεις, αποδείξεις μηδενικής γνώσης κ.λπ.. Αντίστοιχα, ορισμένα πρωτόκολλα απαιτούν από τους χρήστες να αλληλεπιδρούν με δίκτυα μέσω συγκεκριμένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας ανωνυμοποίησης όπως το Tor⁵².

Μέχρι στιγμής, το απόρρητο εξακολουθεί να υπόκειται σε πολυάριθμα ερευνητικά εμπόδια. Υπάρχουν δύο βασικές ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο για τους χρήστες:

- το απόρρητο ταυτότητας και
- το απόρρητο των συναλλαγών.

Ο όρος απόρρητο ταυτότητας αναφέρεται στην πρακτική της διατήρησης των πληροφοριών των σχετικών συμμετεχόντων χωρίς να αποκαλύπτονται σε μη εξουσιοδοτημένα τρίτα μέρη. Ο όρος απόρρητο συναλλαγής σχετίζεται με τις ιδιαιτερότητες των δεδομένων ή της ποσότητας που μεταδίδονται μεταξύ των χρηστών του δικτύου.

Από τη μία πλευρά, τα κρυπτογραφικά πρωτόκολλα είναι σε θέση να παρέχουν υπολογιστικά τέλειο απόρρητο, εφόσον τα ιδιωτικά κλειδιά παραμένουν μυστικά. Από την άλλη πλευρά, για τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς της βιομηχανίας Fintech, για παράδειγμα, Καταπολέμηση της νομιμοποίησης εσόδων από παράνομες δραστηριότητες και χρηματοδότησης της τρομοκρατίας (AML-CFT), όταν απαιτείται, οι πληροφορίες των συναλλαγών πρέπει να αποκαλύπτονται σε εξουσιοδοτημένες υπηρεσίες. Η επίλυση αυτού του διλήμματος εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο διχογνωμίας στην ερευνητική κοινότητα.

Όσον αφορά το απόρρητο, υπάρχουν δύο βασικοί παράγοντες:

⁵⁰Sasson, E.B.; Chiesa, A.; Garman, C.; Green, M.; Miers, I.; Tromer, E.; Virza, M. Zerocash: Decentralized Anonymous Payments from Bitcoin. In Proceedings of the Symposium on Security and Privacy, Berkeley, CA, USA, 18–21 May 2014.

⁵¹Sun, S.F.; Au, M.H.; Liu, J.K.; Yuen, T.H. Ringct 2.0: A compact accumulator-based (linkable ring signature) protocol for blockchain cryptocurrency monero. In Proceedings of the European Symposium on Research in Computer Security, Oslo, Norway, 11–15 September 2017; pp. 456–474.

⁵²Goldberg, I. On the security of the Tor authentication protocol. In Proceedings of the International Workshop On Privacy Enhancing Technologies, Cambridge, UK, 28–30 June 2006; pp. 316–331.

- Η αποανωνυμοποίηση είναι η διαδικασία αξιολόγησης ενός δικτύου παρακολουθώντας τις συναλλαγές μεταξύ λογαριασμών και συνάγοντας πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα λογαριασμού. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί εκτελώντας μια στατική ανάλυση των πληροφοριών δικτύου που περιλαμβάνονται σε ένα blockchain.
- Δακτυλικά αποτυπώματα συναλλαγών. Κάνοντας ανάλυση συμπλέγματος στις πληροφορίες χρήστη σε ένα δίκτυο, μπορούν να ανακτηθούν συμπεριφορές συναλλαγών. Πολλά που αποδίδονται, όπως τυχαίο χρονικό διάστημα (RTI), ώρα της ημέρας (HOD), ώρα της ώρας (TOH), ώρα της ημέρας (TOD), ροή νομισμάτων (CF) και ισοζύγιο εισόδου/εξόδου (IOB), είναι διαθέσιμα για την εξέταση των πληροφοριών συναλλαγής⁵³.

4.3.5 Συμμόρφωση με το κανονιστικό πλαίσιο

Η ενασχόληση με νομικά και ρυθμιστικά πλαίσια είναι μια κρίσιμη πρόκληση κατά την ενσωμάτωση καινοτόμων τεχνολογιών στις χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες. Γενικά, χρειάζεται πολύς χρόνος για να αναπτυχθούν στέρεες και αξιόπιστες νομικές και ρυθμιστικές πολιτικές. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν τα παραδοσιακά συστήματα διαταράσσονται από καινοτομίες όπως το blockchain. Είναι απαραίτητο να τεθούν νέα πρότυπα που θα καθοδηγούν τους κανόνες και τους κανονισμούς που διέπουν την τεχνολογία.

Το βασικό πλεονέκτημα του blockchain, όπως επανειλημμένα σημειώσαμε, είναι ότι εξαλείφει τους μεσάζοντες, πράγμα που σημαίνει ότι οι δομές στις οποίες είχαν επιρροή αυτοί οι μεσάζοντες δεν θα υπάρχουν πλέον. Ως αποτέλεσμα, είναι κρίσιμο για τις εφαρμογές Fintech που ενσωματώνουν την εν λόγω τεχνολογία να συμπεριλάβουν νομική και κανονιστική μελέτη που θα διεξάγεται παράλληλα με την έρευνα τεχνικών ζητημάτων. Οι πιθανές ερευνητικές προκλήσεις στο εν λόγω πεδίο μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

Λόγω του γεγονότος ότι οι εφαρμογές blockchain μπορεί να εμπίπτουν στη δικαιοδοσία διαφορετικών εννόμων τάξεων, οι νομικές και ρυθμιστικές απαιτήσεις σε ορισμένες εξ αυτών ενδέχεται να καταστούν αναποτελεσματικές. Έτσι, παρατηρείται συχνά στην πράξη το φαινόμενο της μετεγκατάστασης επιχειρήσεων παροχής

⁵³Androulaki, E.; Karame, G.O.; Roeschlin, M.; Scherer, T.; Capkun, S. Evaluating user privacy in bitcoin. In Proceedings of the International Conference on Financial Cryptography and Data Security, Okinawa, Japan, 1–5 April 2013; pp. 34–51.

χρηματοπιστωτικών υπηρεσιών έχουν την τάση να μεταναστεύουν σε λιγότερο «περιοριστικές» δικαιοδοσίες, όταν αδυνατούν να λειτουργήσουν σε άλλες. Εάν δεν υπάρχουν νομικές διασφαλίσεις για αυτά τα σενάρια, θα είναι δύσκολο να διαχειριστεί κανείς κάποια λ.χ. εχθρική δραστηριότητα.

Όσον αφορά τις πληρωμές, οι πολιτείες και οι κυβερνήσεις πρέπει να συνεργαστούν για την ανάπτυξη κοινών ρυθμιστικών sandbox στα οποία μπορούν να δοκιμαστούν νέες τεχνολογίες. Ιδιαίτερα για περιπτώσεις χρήσης όπως οι διασυνοριακές πληρωμές, είναι σημαντικό να εξεταστούν διεξοδικά οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τη χρήση του blockchain ως υποκείμενης τεχνολογίας.

Σε εθνικό επίπεδο, πολυάριθμες περιπτώσεις εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain αξιολογούνται εντός ρυθμιστικών τομέων για συγκεκριμένες χώρες, αλλά και πάλι, αυτό περιορίζεται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις χρήσης. Παράλληλα, οι χρήστες θα πρέπει να είναι σίγουροι για τη σταθερότητα του υπό εξέταση συστήματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η πλειονότητα των εφαρμογών blockchain συνεπάγεται συναλλαγές υψηλής αξίας.

Προσέτι, θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στην εκπαίδευση του κοινού τόσο για τα οφέλη όσο και για τους κινδύνους των συγκεκριμένων εφαρμογών. Για παράδειγμα, όταν οι πελάτες εγγράφονται σε κεντρικά ανταλλακτήρια, γνωρίζουν ότι τα ιδιωτικά τους κλειδιά δεν βρίσκονται υπό τον έλεγχό τους; Ακόμη, όσον αφορά σε ειδικότερα ζητήματα, όταν ο κώδικας γίνεται νόμος, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε πώς πρέπει να αντιμετωπίζονται οι δυσκολίες όταν η σημασιολογία του κώδικα δεν καθορίζεται και δεν γίνεται αντιληπτή ομοιόμορφα από όλους.

Εντός καθορισμένων περιοχών, θα πρέπει να υπάρχει μηχανισμός για την ενσωμάτωση νομικών εγγράφων στον κώδικα. Το R3 Corda είναι το πιο γνωστό πρωτόκολλο που υλοποιεί αυτήν την ιδέα. Ωστόσο, αυτό θα πρέπει να είναι συνεπές σε όλες τις πλατφόρμες. Επίσης, πολλά πρωτόκολλα ενδέχεται να λειτουργούν για τη βελτίωση των διαδικασιών σε έναν μόνο τομέα και η διαλειτουργικότητα αποτελεί αναμφίβολα ένα κρίσιμο ερευνητικό ζήτημα.

Τέλος, ένα σημαντικό ερώτημα που ανακύπτει είναι το εξής: εάν οι πλατφόρμες είναι διαφορετικές, πώς αντιμετωπίζονται οι προκλήσεις συμμόρφωσης και κανονιστικών ρυθμίσεων; Επίσης, το να διαμορφωθεί λ.χ. ένα τυποποιημένο νομικό υπόδειγμα, στο οποίο μπορούν να σχετίζονται όλες αυτές οι πλατφόρμες είναι ένα κρίσιμο θέμα έρευνας που πρέπει να αντιμετωπιστεί.

Κεφάλαιο 5^ο: Επιχειρηματική εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στον τομέα της υγείας

5.1 Το πλαίσιο εφαρμογής της τεχνολογίας Blockchain στον κλάδο της υγείας

Ο κλάδος της παροχής υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης αποτελεί αναμφισβήτητο τομέα στον οποίο παράγονται, διαδίδονται, αποθηκεύονται και διακινούνται δεδομένα μεγάλης κλίμακας καθημερινά⁵⁴. Το 2017, 16,5 εκατομμύρια ασθενείς παγκοσμίως εκμεταλλεύτηκαν τη δυνατότητα παροχής υπηρεσιών απομακρυσμένης παρακολούθησης της υγείας (αύξηση 41% από το 2016).

Τα δεδομένα που δημιουργούνται όταν ένας ασθενής παρακολουθείται ή υποβάλλεται σε κάποιες εξετάσεις, πρέπει να αποθηκευτούν προκειμένου να είναι προσβάσιμα αργότερα από έναν πάροχο υγειονομικής περίθαλψης εντός του ίδιου ή ακόμη και διαφορετικού δικτύου ή περιβάλλοντος. Καθώς αυτή η σφαίρα επεκτείνεται, οι ανησυχίες για την ασφαλή και αποτελεσματική μετάδοση των ιατρικών δεδομένων αυξάνονται.

Παρά τις ως άνω ανησυχίες, οι δημοσκοπήσεις δείχνουν ότι το 90% των Αμερικανών εξακολουθεί να εκτιμά την ηλεκτρονική πρόσβαση στα αρχεία υγείας τους⁵⁵. Είναι εύκολο να γίνει αντιληπτό ότι η τεχνολογία μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας της φροντίδας των ασθενών με μειωμένο κόστος. Για παράδειγμα, το 2014, το 15% των ασθενών στις ΗΠΑ που επισκέφθηκαν έναν πάροχο υγειονομικής περίθαλψης ανέφεραν ότι έπρεπε να φέρουν τα αποτελέσματα των ιατρικών εξετάσεών τους στο ραντεβού τους και το 5%, ότι έπρεπε να επαναλάβουν μια διαδικασία ή μια εξέταση λόγω έλλειψης πρόσβασης σε προηγούμενη εξέταση αποτέλεσμα⁵⁶.

Όπως εξετάσαμε στην προηγούμενη ενότητα, η εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain στις επιχειρήσεις έχει γίνει αντικείμενο συζήτησης κατά κόρον στο

⁵⁴H. K. Patil and R. Seshadri, “Big data security and privacy issues in healthcare,” in 2014 IEEE International Congress on Big Data. IEEE, 2014, pp. 762–765.

⁵⁵The Office of the National Coordinator for Health Information Technology (ONC), U.S.A., “The value of consumer access use of online health records,” 2015.

⁵⁶V. Patel, W. Barker, and E. Siminerio, “Trends in consumer access and use of electronic health information,” ONC Data Brief, vol. 30, 2015.

χρηματοοικονομικό τομέα. Η τεχνολογία blockchain βέβαια προσέλκυσε μεγάλη προσοχή λόγω της δυνατότητας καταγραφής όλων των χρηματοοικονομικών συναλλαγών με έναν ασφαλή και επαληθεύσιμο αποκεντρωμένο (peer-to-peer) τρόπο, χωρίς τη μεσολάβηση τρίτου. Σε κάθε μπλοκ που συνδέεται με το προηγούμενο συνθέτοντας την «αλυσίδα» περιέχεται μια χρονική σήμανση. Μόλις καταγραφούν, τα δεδομένα δεν μπορούν να τροποποιηθούν και το ιστορικό συναλλαγών συνδυάζεται σε μια δομή αλυσίδας χωρίς τη δυνατότητα πρόσθετων διακλαδώσεων ή εναλλακτικών καταγραφών κλπ.⁵⁷.

Ενώ στο επίκεντρο των εφαρμογών blockchain ευρίσκετο στην πράξη η δημιουργία κατανεμημένων βάσεων δεδομένων που περιλαμβάνουν εικονικά διακριτικά (π.χ. κρυπτονομίσματα), η ερευνώμενη τεχνολογία έχει τα τελευταία χρόνια κερδίσει αυξημένη προσοχή σε πολλούς άλλους τομείς. Σε μια έκθεση του Ιανουαρίου 2016, ο Mark Walport, επικεφαλής επιστημονικός σύμβουλος της κυβέρνησης του Ηνωμένου Βασιλείου, υποστήριξε ότι η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να συμπεριλάβει πολλές εφαρμογές πέρα από ένα εργαλείο συναλλαγών: «Οι τεχνολογίες κατανεμημένων βάσεων δεδομένων έχουν τη δυνατότητα να βοηθήσουν τις κυβερνήσεις να συλλέγουν φόρους, να παρέχουν οφέλη, να εκδίδουν διαβατήρια, να καταγράφουν κτηματολογικά στοιχεία κλπ.

Η παραπάνω «ώθηση» έχει εδώ και χρόνια επεκταθεί στον ιατρικό τομέα. Ξεκινώντας από το τελευταίο εξάμηνο του 2017, είδαμε μια αύξηση του ενδιαφέροντος από τους κολοσσούς της υγειονομικής περίθαλψης να εμπλακούν στην τεχνολογία blockchain, είτε για συμμετοχή σε προσπάθειες κοινοπραξίας όπως το Hyperledger2 είτε για την ανάπτυξη των υπηρεσιών και των προϊόντων τους.

Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας αναδεικνύει τη δυνατότητα χρήσης του blockchain για τη βελτίωση της διαφάνειας και της κοινής χρήσης αρχείων υγείας, τη βελτίωση της ποιότητας των κλινικών δοκιμών και την πρόληψη της παραμόρφωσης των

⁵⁷K. Koshechkin, G. Klimenko, I. Ryabkov, and P. Kozhin, “Scope for the application of blockchain in the public healthcare of the russian federation,” *Procedia Computer Science*, vol. 126, pp. 1323–1328, 2018.

επιστημονικών συμπερασμάτων και τη συμβολή στην αποτελεσματική διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων.

Πριν προχωρήσουμε στην εξέταση των ανωτέρω επιμέρους εφαρμογών θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι εντοπίζονται, τόσο πλεονεκτήματα, όσο και μειονεκτήματα στις κεντρικές (παραδοσιακά συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων) έναντι των αποκεντρωμένων αρχιτεκτονικών δεδομένων. Έτσι, η ευκαιρία στον ιατρικό τομέα είναι η ανάπτυξη υβριδικών αρχιτεκτονικών που αξιοποιούν κατάλληλα τα δυνατά σημεία κάθε συνόλου τεχνολογιών για τις χρήσεις για τις οποίες είναι καταλληλότερες.

5.2 Πιθανές εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain στην υγεία

5.2.1 Διαχείριση και διαμοιρασμός ιατρικών αρχείων

Πολλά συστήματα υγείας παγκοσμίως αγωνίζονται επί του παρόντος να προσφέρουν βασικές υπηρεσίες δημόσιας υγείας - εμβολιασμοί, παρακολούθηση συμπτωμάτων και ασθενειών, ενώ οι συνθήκες της πανδημίας ανέδειξαν την επείγουσα ανάγκη να οικοδομηθεί ανθεκτικότητα του συστήματος.

Τα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης είναι το πιο πολύτιμο περιουσιακό στοιχείο κάθε συστήματος υγειονομικής περίθαλψης. Τις περισσότερες φορές, αυτά τα δεδομένα είναι διάσπαρτα σε διαφορετικά συστήματα και η κοινή χρήση τους έχει μεγάλη σημασία για τη δημιουργία αποτελεσματικής και συνεκτικής υγειονομικής περίθαλψης. Για παράδειγμα, ένας ασθενής θα μπορούσε να επισκεφτεί γιατρούς σε διαφορετικά νοσοκομεία για διάφορα συμπτώματα. Θα ήταν ωφέλιμο για κάθε γιατρό να δει το ιστορικό του ασθενούς.

Υπό τις τρέχουσες συνθήκες, ένας γιατρός δε θα μπορούσε να αποκτήσει πρόσβαση στα δεδομένα που φιλοξενούνται από άλλο ίδρυμα χωρίς πρόσθετη συμφωνία για την κοινή χρήση προσωπικών πληροφοριών υγείας. Επίσης, μια κεντρική βάση δεδομένων (π.χ. λύση που βασίζεται σε cloud) παρουσιάζει κινδύνους, δεδομένου ότι μπορεί να αποτελέσει ένα σημείο- αποδέκτη μιας επίθεσης ασφαλείας⁵⁸. Ανέκδοτα στοιχεία των τελευταίων ετών δείχνουν, ότι τα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης συνέχισαν να

⁵⁸X. Yue, H. Wang, D. Jin, M. Li, and W. Jiang, “Healthcare data gateways: found healthcare intelligence on blockchain with novel privacy risk control,” *Journal of medical systems*, vol. 40, no. 10, 2016.

αποτελούν επικερδή στόχο για παραβιάσεις δεδομένων⁵⁹, προκαλώντας έτσι την έκθεση των ασθενών σε οικονομικές απειλές καθώς και σε πιθανό κοινωνικό στίγμα και ψυχική αγωνία.

Η διαθεσμική ανταλλαγή δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης ασθενών είναι επίσης περίπλοκη λόγω της ζήτησης για υψηλό επίπεδο διαλειτουργικότητας. Κατά συνέπεια, τα δεδομένα δεν είναι πάντα προσβάσιμα στον πάροχο, παρόλο που ένας ασθενής θα μπορούσε να έχει παραχωρήσει πρόσβαση στον συγκεκριμένο πάροχο υγειονομικής περίθαλψης⁶⁰. Σε έναν ιδανικό κόσμο, οι ασθενείς δεν θα πρέπει μόνο να κατέχουν, αλλά να μπορούν να ελέγχουν και να μοιράζονται τα δεδομένα τους χωρίς να διακυβεύεται η εμπιστευτικότητα.

Οι δημοσκοπήσεις δείχνουν ότι περίπου το 80% των ασθενών είναι πρόθυμοι να μοιραστούν τις ιατρικές τους πληροφορίες, υπό την προϋπόθεση ότι μπορεί να διασφαλιστεί η εμπιστευτικότητά τους. Με την αυξανόμενη αναγνώριση της κατανομημένης φύσης των υπηρεσιών υγείας και των αρχείων υγείας, η προσοχή εστιάζεται όλο και περισσότερο στις αποκεντρωμένες αρχιτεκτονικές και στη διαλειτουργικότητα των συστημάτων. Η πιο επιτακτική ανάγκη είναι για καλύτερη επικοινωνία, ανταλλαγή πληροφοριών, σχεδιασμό και συντονισμό της παροχής υπηρεσιών μεταξύ όλων των μελών των κατανομημένων ομάδων φροντίδας ασθενών. Το Blockchain, με τη φύση της αποκέντρωσής του, μπορεί να «απελευθερώσει δεδομένα από παγιωμένα σιλό, δίνοντας τη δυνατότητα στους ασθενείς να κατέχουν με ασφάλεια τα δεδομένα τους»⁶¹.

⁵⁹H. I. News. (2018) The biggest healthcare data breaches of 2018 (so far). <https://www.healthcareitnews.com/projects/biggest-healthcare-data-breaches-2018-so-far>.

⁶⁰S. L. Cichosz, M. N. Stausholm, T. Kronborg, P. Vestergaard, and O. Hejlesen, “How to use blockchain for diabetes health care data and access management: an operational concept,” *Journal of diabetes science and technology*, vol. 13, no. 2, pp. 248–253, 2018.

⁶¹W. Gordon, A. Wright, and A. Landman, “Blockchain in healthcare: Decoding the hype,” *New England Journal of Medicine Catalyst*. Retrieved from <http://catalyst.nejm.org/decoding-blockchain-technology-health>, 2017.

Με τα χαρακτηριστικά του blockchain «αποκέντρωση», «προέλευση», «αμετάβλητο» και «τελικό», οι περισσότερες από τις μελέτες συζητούν τη δυνατότητα κατασκευής μιας ενιαίας κοινόχρηστης βάσης δεδομένων για την αποθήκευση του ιστορικού ιατρικών δεδομένων των ασθενών για κοινή χρήση ή εξυπηρέτηση άλλων σκοπών μεταξύ των ενδιαφερομένων, μετριάζοντας ταυτόχρονα τις παραδοσιακές απειλές για το απόρρητο λόγω των πτυχών συγκέντρωσης μιας παραδοσιακής βάσης δεδομένων ή περιβάλλοντος cloud.

Για παράδειγμα, οι Cichosz et al⁶². παρουσίασε μια πλατφόρμα βασισμένη σε blockchain για την κοινή χρήση δεδομένων υγειονομικής περίθαλψης ασθενών με Διαβήτη μεταξύ πολλών φορέων. Η πλατφόρμα χρησιμοποιεί το NEM blockchain⁶, το οποίο υποστηρίζει πολλαπλές υπογραφές που επιτρέπουν σε πολλές οντότητες τη διοικητική πρόσβαση και τον έλεγχο ενός λογαριασμού δεδομένων. Για παράδειγμα, τα ακόλουθα βήματα προκύπτουν όταν μια οντότητα (π.χ. γιατρός) συνταγογραφεί ένα φάρμακο για έναν ασθενή:

- Η οντότητα ξεκινά τη συναλλαγή.
- Ο ασθενής αποδέχεται τη συναλλαγή είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα (εντός ορισμένων κανόνων).
- Η συναλλαγή είναι κρυπτογραφημένη και με χρονοσήμανση.
- Το κλειδί κρυπτογράφησης αποστέλλεται στην πολυπογραφή του ασθενούς

Τέλος, για την αλλαγή του συμβολαίου πολλαπλών υπογραφών απαιτείται καθορισμένος αριθμός κλειδιών. Ο ασθενής και ένα έμπιστο μέρος ελέγχουν τον αριθμό των κλειδιών.

Το 2016, το “healthcoin”⁷, δημιουργήθηκε από τον Diego Espinosa και τον Nick Gogerty. Το Healthcoin ήταν η πρώτη πλατφόρμα που βασίζεται σε blockchain για τη διαχείριση και την επιβράβευση της πρόληψης του διαβήτη τύπου 2. Οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το σύστημα υποβάλλοντας τους βιοδείκτες τους στο blockchain.

⁶²S. L. Cichosz, M. N. Stausholm, T. Kronborg, P. Vestergaard, and O. Hejlesen, “How to use blockchain for diabetes health care data and access management: an operational concept,” *Journal of diabetes science and technology*, vol. 13, no. 2, pp. 248–253, 2018.

Εάν ο βιοδείκτης είναι βελτίωση, το σύστημα απονέμει στον ασθενή ψηφιακά διακριτικά: "healthcoins". Τα Heathcoins μπορούν να εφαρμοστούν για κρατικές φορολογικές ελαφρύνσεις ή/και εκπτώσεις σε πολλές επωνυμίες γυμναστικής. Άλλα αναδυόμενα "healthcoins" βρίσκονται επίσης σε ανάπτυξη (π.χ., Universal Healthcoin UHX8).

Μια άλλη περίπτωση μιας εξειδικευμένης πλατφόρμας που βασίζεται σε blockchain παρουσιάστηκε στο περιγράφοντας ένα καθολικό που θα επέτρεπε στους ασθενείς ελεύθερη πρόσβαση στα δεδομένα ιατρικών εικόνων τους με ασφαλή τρόπο χωρίς να απαιτείται τρίτος διαχειριστής. Ενώ οι πραγματικές ακτινολογικές εικόνες δεν αποθηκεύονται μέσα στην αλυσίδα λόγω του μεγάλου μεγέθους τους, μια συναλλαγή μπλοκ συνδέει ένα δημόσιο κλειδί με έναν ενιαίο εντοπιστή πόρων (URL) και δημιουργεί μια πηγή δεδομένων ιατρικής απεικόνισης.

Χρησιμοποιώντας ένα μοναδικό αναγνωριστικό (UID), μια συναλλαγή καθιερώνει επίσης μια πηγή ως δημιουργό και έναν ασθενή ως κάτοχο μιας συγκεκριμένης ακτινολογικής μελέτης. Επιπλέον, μια συναλλαγή επιτρέπει στον κάτοχο αυτής της ακτινολογικής μελέτης να εξουσιοδοτήσει την πρόσβαση στη συγκεκριμένη ακτινολογική μελέτη σε άλλο μέρος χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση URL τελικού σημείου πηγής. Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα σχήμα «απόδειξης στοιχήματος» για να επιτύχει συναίνεση μεταξύ των συμμετεχόντων κόμβων blockchain.

Οι Tung et al. παρουσίασε ένα παρόμοιο εξειδικευμένο σύστημα δερματολογίας που βασίζεται σε blockchain για τη διατήρηση εικόνων που σχετίζονται με τη δερματολογία. Ωστόσο, σε αυτήν την περίπτωση, οι κρυπτογραφημένες εικόνες μπορούν να αποθηκευτούν μέσω blockchain, με την ιδιοκτησία εικόνας και τις τοποθεσίες να κωδικοποιούνται ως συναλλαγές, στις οποίες οι ασθενείς μπορούν να έχουν πρόσβαση και να μοιράζονται επιλεκτικά ιατρικά αρχεία χρησιμοποιώντας ένα ιδιωτικό ψηφιακό κλειδί. Οι Tung et al. επεσήμαναν επίσης τη δυνατότητα να επιτρέπεται στους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης στην κορυφή του blockchain να έχουν πρόσβαση σε διάφορες εικόνες που είναι αποθηκευμένες στο δίκτυο blockchain για να προωθήσουν περαιτέρω τη βελτιστοποίηση της ανάλυσης με τη βοήθεια υπολογιστή.

Σε συνεργασία με το Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Stony Brook, οι Dubovitskaya et al. ανέπτυξε ένα πλαίσιο για τη διαχείριση και την κοινή χρήση Ηλεκτρονικών

Ιατρικών Αρχείων (EMR) για τη φροντίδα ασθενών με καρκίνο⁶³. Δεδομένου ότι το blockchain εξάλειψε τους ενδιάμεσους παράγοντες, το προτεινόμενο πλαίσιο στοχεύει στη μείωση του κόστους, στη μείωση του χρόνου διεκπεραίωσης για την κοινή χρήση EMR ασθενών με καρκίνο και στη βελτίωση της λήψης αποφάσεων ιατρικής περίθαλψης.

Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) γίνονται επίσης ευρέως δημοφιλή για τη συλλογή απομακρυσμένων δεδομένων ασθενών σε διάφορες ρυθμίσεις. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας αναλυτικά στοιχεία σε συγκεντρωτικά δεδομένα και, στη συνέχεια, κατά την αναφορά αυτών των πληροφοριών στους φροντιστές, πραγματοποιείται μια ενέργεια, όπως ο τερματισμός λειτουργίας μιας ελαττωματικής ιατρικής συσκευής ή η αλλαγή της δόσης του φαρμάκου.

Ενώ το απόρρητο αποτελεί σημαντική ανησυχία κατά τη χρήση τέτοιων συστημάτων IoT⁶⁴, η ενίσχυση της αλυσίδας μπλοκ με αισθητήρες και τεχνολογίες IoT για την υποστήριξη της παρακολούθησης ασθενών σε πραγματικό χρόνο έχει τη δυνατότητα να ειδοποιεί αυτόματα, με τρόπο συμβατό με HIPAA, τυχόν ευπάθειες ασφαλείας που σχετίζονται με την απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών. Αυτή η εφαρμογή συζητήθηκε και παρουσιάστηκε μέσω μιας υλοποίησης συστήματος που βασίζεται σε ιδιωτικό blockchain με βάση το πρωτόκολλο Ethereum⁶⁵.

⁶³A. Dubovitskaya, Z. Xu, S. Ryu, M. Schumacher, and F. Wang, “Secure and trustable electronic medical records sharing using blockchain,” in *AMIA Annual Symposium Proceedings*, vol. 2017. American Medical Informatics Association, 2017.

⁶⁴P. A. Laplante, M. Kassab, N. L. Laplante, and J. M. Voas, “Building caring healthcare systems in the internet of things,” *IEEE Systems Journal*, vol. 12, no. 3, pp. 3030–3037, 2018.

⁶⁵K. N. Griggs, O. Ossipova, C. P. Kohlios, A. N. Baccarini, E. A. Howson, and T. Hayajneh, “Healthcare blockchain system using smart contracts for secure automated remote patient monitoring,” *Journal of medical systems*, vol. 42, no. 7, 2018.

5.2.2 Κατάρτιση και Εκπαίδευση Επαγγελματιών Ιατρών

Η σφαίρα της εκπαίδευσης στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης εξελίσσεται ταχέως καθώς χρειάζεται να φιλοξενήσει τις εξελίξεις στις βιοϊατρικές επιστήμες, τη νέα κανονιστική πολιτική, τις τεχνολογικές εξελίξεις και τις βελτιώσεις στη θεωρία της μάθησης. Ως εκ τούτου, οι εκπαιδευτικοί των επαγγελματιών υγείας αντιμετωπίζουν την πρόκληση να προσαρμόσουν το εκπαιδευτικό περιεχόμενο ώστε να συμπεριλάβει τις πιο σύγχρονες εξελίξεις στον τομέα⁶⁶.

Τα τελευταία χρόνια, οι ψηφιακές πλατφόρμα (π.χ. μαζικά ανοικτά διαδικτυακά μαθήματα (MOOCs)), έχουν γίνει αποτελεσματικές δυνάμεις για τη διαμόρφωση της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης γενικά, συμπεριλαμβανομένων των προγραμμάτων σπουδών της ιατρικής. Από την άλλη πλευρά, η δομή του παγκόσμιου ιστού, όπου φιλοξενούνται οι περισσότερες από αυτές τις ψηφιακές πλατφόρμες, δεν επιτρέπει εγγενώς την ιχνηλασιμότητα και την επαλήθευση της ταυτότητας της πηγής του ιατρικού περιεχομένου που μοιράζεται. Στην ουσία αμφισβητείται η ακρίβεια του περιεχομένου που βρίσκεται στο διαδίκτυο. Αυτή η έλλειψη κρίσης δεν μπορεί να γίνει ανεκτή σε έναν άκρως ρυθμιζόμενο κλάδο όπως η ιατρική. Η πλατφόρμα εκπαίδευσης υγειονομικής περίθαλψης που βασίζεται σε blockchain έχει τη δυνατότητα να παρέχει βελτιωμένη παρακολούθηση του εκπαιδευτικού περιεχομένου στον τομέα της υγείας.

Μια άλλη μοναδική ευκαιρία είναι η χρήση του blockchain για τη διαχείριση και την κοινή χρήση των διαπιστευτηρίων ενός γιατρού. Όπως έχει υποστηριχθεί⁶⁷, ένας γιατρός μπορεί να υποβάλει αντίγραφα των πτυχίων του, ηλεκτρονικά πιστοποιητικά, μεταξύ άλλων εγγράφων μία φορά χάρις στη διοικητική δομή του blockchain. Κάθε επιτροπή διαπιστευτηρίων θα έχει άδεια πρόσβασης σε αυτό την ψηφιακή βάση

⁶⁶E.Funk, J.Riddell, F.Ankel, and D.Cabrera, “Blockchain technology: A data framework to improve validity, trust, and accountability of information exchange in health professions education,” *Academic Medicine*, vol. 93, no. 12, pp. 1791–1794, 2018.

⁶⁷C. Pirtle and J. Ehrenfeld, “Blockchain for healthcare: The next generation of medical records?,” DOI: 10.1007/s10916-018-1025-3,” 2018.

δεδομένων, για να υποβάλλει και να εξετάζει αρχεία που έχουν συλλεχθεί σε ψηφιακή μορφή.

5.2.3 Κλινική Έρευνα

Η αξιοπιστία των επιστημονικών αποτελεσμάτων από κλινικές δοκιμές μπορεί να διαβρωθεί από μια σειρά ανησυχιών, συμπεριλαμβανομένων ελλιπών δεδομένων, καταληκτικών σημείων, μεροληψίας κλπ.. Κατά τη διάρκεια κλινικών δοκιμών, εκτιμάται ότι το 85% των ερευνητικών πόρων δαπανάται λόγω υπερβολικών ευρημάτων ή ακόμη και εντελώς ψευδών. Ενώ αυτές οι ανησυχίες συνέβαλαν σε κακές αντιλήψεις σχετικά με τα πλεονεκτήματα και τους κινδύνους των θεραπειών, οι νομοθετικές παρεμβάσεις που έγιναν σημείωσαν περιορισμένη επιτυχία στην προσπάθεια βελτίωσης της κατάστασης. Για παράδειγμα, ενώ οι κανονισμοί του FDA των ΗΠΑ απαιτούν να είναι διαθέσιμα τα δεδομένα όλων των κλινικών δοκιμών, μια πρόσφατη μελέτη δείχνει ότι λιγότερες από τις μισές δοκιμές συμμορφώνονται στην εν λόγω υποχρέωση⁶⁸.

Μια λύση που βασίζεται σε blockchain για τη διαχείριση αρχείων δοκιμών μπορεί, επομένως, να παρέχει μια εναλλακτική λύση για την αντιμετώπιση αυτών των ανησυχιών. Η ικανότητα του Blockchain να αποθηκεύει τις συναλλαγές ανώνυμα, ενώ εξακολουθεί να επιτρέπει στους συμμετέχοντες να ελέγχουν την ταυτότητα τους, όταν απαιτείται, είναι ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό που θα ωφελήσει την κλινική έρευνα.

Οι οντότητες μπορούν να χρησιμοποιούν μοναδικά ζεύγη κλειδιών για τη διαχείριση κάθε μελέτης, ενώ τα ιδιωτικά κλειδιά διατηρούνται ασφαλή. Κατά συνέπεια, οι ασθενείς δεν θα εντοπιστούν με την ανάλυση μιας καταγεγραμμένης συναλλαγής σε blockchain. Ωστόσο, ακόμα, όταν είναι απαραίτητο, οποιαδήποτε οντότητα μπορεί να αποδείξει την ιδιοκτησία ενός δημόσιου κλειδιού απλώς υπογράφοντας ένα μήνυμα με το αντίστοιχο ιδιωτικό κλειδί⁶⁹. Στη βιβλιογραφία απαντώνται επίσης συγγραφείς του

⁶⁸M. L. Anderson, K. Chiswell, E. D. Peterson, A. Tasneem, J. Topping, and R. M. Califf, “Compliance with results reporting at [clinicalTrials.gov](http://clinicaltrials.gov),” *New England Journal of Medicine*, vol. 372, no. 11, pp. 1031–1039, 2015.

⁶⁹V. Patel, “A framework for secure and decentralized sharing of medical imaging data via blockchain consensus,” *Health informatics journal*, 1460458218769699, 2018.

εξετάζουν⁷⁰ πώς το blockchain μπορεί να αυξήσει την αξιοπιστία των δεδομένων κλινικών δοκιμών, καθώς η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως απόδειξη ότι τα δεδομένα της δοκιμής υπήρχαν σε ένα συγκεκριμένο στάδιο και δεν ήταν πλαστά.

5.2.4 Ασφαλιστικές απαιτήσεις

Υπολογίζεται ότι η ασφαλιστική απάτη στον κλάδο της υγείας κοστίζει δεκάδες δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως. Από το 2008, η απάτη και τα λάθη στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης έχουν αυξηθεί κατακόρυφα. Η αμετάβλητη διαδρομή ελέγχου που παρέχει το blockchain είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό που μπορεί να ωφελήσει τον κλάδο ασφάλισης υγείας.

Συγκεκριμένα, τα παραδοσιακά συστήματα βάσεων δεδομένων που χρησιμοποιούνται στην υποστήριξη υγειονομικής περίθαλψης δημιουργούν, διαβάζουν, ενημερώνουν και διαγράφουν συναρτήσεις, ενώ το blockchain με τον «αμετάβλητο» χαρακτήρα των εγγραφών του υποστηρίζει μόνο συναρτήσεις δημιουργίας και ανάγνωσης.

Έτσι, η αμετάβλητη βάση δεδομένων του blockchain είναι πιο κατάλληλη για την καταγραφή κρίσιμων πληροφοριών, όπως τα αρχεία ασφαλιστικών απαιτήσεων. Επιπλέον, το χαρακτηριστικό «προέλευσης» της εγγραφής σε ένα blockchain υποδηλώνει και ενισχύει το ανιχνεύσιμο μιας εγγραφής και το γεγονός, ότι μπορεί να επαληθευτεί. Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των δεδομένων των ασφαλιστικών συναλλαγών. Άλλωστε, έχουμε ήδη εξετάσει, ότι η τεχνολογία blockchain είναι πολύ πιο αποτελεσματική για τη διαχείριση κρίσιμων ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων από τα παραδοσιακά συστήματα.

5.2.5 Εφοδιαστική αλυσίδα φαρμάκων

Παρόλο που πολλά από τα συστήματα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) και ένας πολυάριθμος αριθμός παγκόσμιων κανονισμών (π.χ. Νόμος για την ασφάλεια εφοδιασμού φαρμάκων (DSCSA) έχουν συγκροτηθεί και ψηφιστεί αντίστοιχα για την προστασία της ακεραιότητας της αλυσίδας εφοδιασμού των φαρμάκων δια της συλλογής δεδομένων σε κάθε βήμα της διαδρομής ενός φαρμάκου, εντούτοις το

⁷⁰H. Li, L. Zhu, M. Shen, F. Gao, X. Tao, and S. Liu, “Blockchain-based data preservation system for medical data,” *Journal of medical systems*, vol. 42, no. 8, 2018.

παγκόσμιο εμπόριο πλαστών φαρμάκων συνεχίζει να είναι ισχυρό με αξιοσημείωτους κινδύνους για το ευρύ κοινό.

Τα πλαστά φάρμακα θα μπορούσαν να περιέχουν ανενεργά συστατικά, εσφαλμένη δοσολογία δραστικών συστατικών ή/και πιθανούς μολυσματικούς παράγοντες που προκαλούν πιθανές ανεπιθύμητες αλλεργικές αντιδράσεις. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να προκαλέσει σημαντικά ζητήματα θεραπείας, όπως αυξημένη αντίσταση στα αντιβιοτικά, η οποία θα μπορούσε να οδηγήσει σε υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας και εξάπλωση πολύ ανθεκτικών οργανισμών. Υπολογίζεται ότι τα υποτυποποιημένα ή παραποιημένα αντιβιοτικά προκαλούν έως και 169.000 θανάτους παιδιών παγκοσμίως από πνευμονία⁷¹.

Κατά συνέπεια, υπάρχει επίσης μια σοβαρή οικονομική επιβάρυνση για την κοινωνία. Εκτιμάται ότι αυτό το παγκοσμιοποιημένο φαρμακευτικό έγκλημα είναι τώρα μια βιομηχανία πολλών δισεκατομμυρίων δολαρίων που απειλεί τις ζωές εκατομμυρίων πολιτών. Εικάζεται ότι στις Ηνωμένες Πολιτείες, υπάρχει μια σχετικά μεγάλη μη ελεγχόμενη «γκρίζα αγορά» φαρμάκων που κατοικείται από δευτερεύοντες χονδρεμπόρους, εμπόρους και μεταπωλητές, όπου προέρχονται τα πλαστά φάρμακα.

Για παράδειγμα, η περίπτωση πλαστών εκδόσεων του αντικαρκινικού φαρμάκου Avastin® το 2012 καταδεικνύει πότε ένα ψευδεπίγραφο φάρμακο χορηγήθηκε πιθανώς σε χιλιάδες ασθενείς στις ΗΠΑ. Αυτό το είδος φαρμακευτικής εγκληματικότητας έχει επηρεάσει πιο σοβαρά τις χώρες χαμηλού και χαμηλότερου μεσαίου εισοδήματος. Αυτή η κατάσταση προκαλείται από τα πολλαπλά παράλληλα συστήματα προμήθειας και παράδοσης φαρμάκων εντός μιας χώρας που δημιουργούν μια διαφοροποίηση στην ποιότητα και την επίβλεψη.

Υπολογίζεται ότι 1 στα 10 φάρμακα σε αυτές τις χώρες είναι πλαστά. Για παράδειγμα, το 2003, στις Φιλιππίνες, το 30% των φαρμάκων που ελέγχθηκαν βρέθηκαν με φάρμακα κατώτερα των προτύπων ή ψευδεπίγραφα. Δυστυχώς, οι υποτυπώδεις/παραποιημένες εκδόσεις των θεραπειών κατά της ελονοσίας δεν είναι

⁷¹I. BARTON. (2018) Leveraging technology and education in the fight against fake medicines. <https://www.healthcareglobal.com/pharmaceutical/leveraging-technology-and-education-high-stakes-fight-against-fake-medicines>.

ασυνήθιστες (π.χ. έως και 40-50%) σε πολλές περιοχές με περιορισμένους πόρους, όπως η υποσαχάρια Αφρική και η Νοτιοανατολική Ασία. Ο μετριασμός αυτού του εγκλήματος θα μπορούσε να βοηθήσει στο να αποτραπούν εκατοντάδες χιλιάδες θάνατοι και ανθεκτικά στελέχη.

Είναι σημαντικό η ορατότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας φαρμάκων να ορίζεται προσεκτικά και με συνέπεια μεταξύ των βιομηχανιών. Μια διεπιστημονική ανασκόπηση των τρεχουσών και των αναδυόμενων ψηφιακών λύσεων για την καταπολέμηση των κρουσμάτων παραποίησης/απομίμησης φαρμάκων ανέφερε το blockchain ως μία από τις πέντε τεχνολογίες με τη δυνατότητα να εδραιωθεί καλύτερα η ρίζα της αλυσίδας εφοδιασμού φαρμάκων.

Αφού δοκιμαστεί, η εφαρμογή προτάθηκε να αναπτυχθεί στις Φιλιππίνες με πέντε αρχικούς κόμβους στην εν λόγω πιλοτική εφαρμογή: κατασκευαστής, χονδρέμπορος, λιανοπωλητής, Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) και ιστοσελίδα της πύλης καταναλωτών. Με μια τέτοια εφαρμογή, ο καταναλωτής θα λάβει έναν κωδικό (που θα σαρωθεί με κάμερα κινητού τηλεφώνου) μαζί με το φάρμακο που αγόρασε. Μετά τη σάρωση του κωδικού, ο καταναλωτής κατευθύνεται στη συνέχεια στην πύλη, η οποία εμφανίζει το ιστορικό διανομής των φαρμάκων. Το σύστημα είναι σε θέση να ανιχνεύσει έξι «ανωμαλίες» κατά μήκος της αλυσίδας:

- κόμβους που λείπουν,
- ελλιπής αλυσίδα διανομής,
- μη έγκυρα πιστοποιητικά κόμβων,
- μη καταχωρημένα προϊόντα,
- διαφορές στο κύριο σημείο δεδομένων (π.χ. ημερομηνία που σχετίζεται με φάρμακα) και
- Ανωμαλίες χρονικής σήμανσης.

Η ενίσχυση της αλυσίδας με την εφαρμογή του Internet of Things (IoT) για την παρακολούθηση ιατρικών φαρμάκων και δεδομένων ασθενών παρουσιάζεται μέσω μιας λύσης σε έρευνα άλλων μελετητών⁷². Ειδικότερα, υποστηρίζεται, ότι με τη

⁷²X. Zheng, A. Vieira, S. L. Marcos, Y. Aladro, and J. Ordieres-Meré, “Activity-aware essential tremor evaluation using deep learning method based on acceleration data,” *Parkinsonism & related disorders*, vol. 58, pp. 17–22, 2018.

βοήθεια του IoT, οι συναλλαγές χωρίς κόστος μπορούν να προστεθούν στο δίκτυο με ευκολότερο σχήμα εμπιστοσύνης. Στην προτεινόμενη λύση, κάθε συμμετέχων κόμβος στο δίκτυο, που πραγματοποιεί μια συναλλαγή, συμμετέχει επίσης ενεργά στην εξασφάλιση της συναίνεσης στο δίκτυο.

5.3 Οφέλη και προκλήσεις της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στον κλάδο της υγείας

Στη σύγχρονη εποχή τα ιατρικά δεδομένα δεν είναι ανεπηρέαστα από ανησυχίες σχετικά με την κακή ή αναποτελεσματική χρήση τους. Με τα βασικά χαρακτηριστικά του blockchain σε σύγκριση με τις παραδοσιακές κατακευματισμένες βάσεις δεδομένων, εντοπίσαμε τα τέσσερα βασικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει έναντι αυτών:

- βελτιωμένη διαθεσιμότητα.
- βελτιωμένη διαφάνεια.
- βελτιωμένη ασφάλεια. και
- βελτιωμένη απόδοση.

Ειδικότερα, όσον αφορά στη διαθεσιμότητα, τα δεδομένα που παράγονται από διαφορετικές πηγές, συμπεριλαμβανομένων φορητών συσκευών, μπορούν να αποθηκευτούν απευθείας σε ένα «ιατρικό blockchain», το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους ασθενείς για εύκολη ανασκόπηση του ιστορικού του ιατρικού τους φακέλου, ακόμη και αν βρίσκονται σε κατακευματισμένες τοποθεσίες αποθήκευσης. Παράλληλα, «επειδή τα δεδομένα αποθηκεύονται σε ένα «αποκεντρωμένο» δίκτυο, δεν υπάρχει κανένα σημείο επίθεσης», γεγονός που μειώνει τον κίνδυνο μη διαθεσιμότητας στην τήρηση αρχείων ασθενών.

Οι ασθενείς μπορούν στη συνέχεια, επιλεκτικά και με ασφάλεια, να μοιράζονται τη δική τους πρόσβαση με οποιοδήποτε έμπιστο τρίτο μέρος επιθυμούν. Συγκεκριμένα, με το blockchain, οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης έχουν επίσης πρόσβαση σε δεδομένα σχεδόν σε πραγματικό χρόνο. Το blockchain μπορεί να εξασφαλίσει τη συνεχή διαθεσιμότητα και πρόσβαση σε ιατρικά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Η εν λόγω πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο θα βελτιώνει τον συντονισμό της κλινικής περίθαλψης και θα βελτιώνει την κλινική φροντίδα σε επείγουσες ιατρικές καταστάσεις.

Παράλληλα, η πρόσβαση στα τηρούμενα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο θα επιτρέψουν επίσης στους ενδιαφερόμενους λ.χ. ερευνητές να εντοπίζουν γρήγορα, να απομονώνουν και να οδηγούν σε αλλαγές για περιβαλλοντικές συνθήκες που επηρεάζουν τη δημόσια υγεία. Για παράδειγμα, οι επιδημίες θα μπορούσαν να ανιχνευθούν νωρίτερα και να περιοριστούν»⁷³. Το χαρακτηριστικό αμετάβλητο συνεπάγεται επίσης τη διαθεσιμότητα ολόκληρου του ιστορικού των αρχείων υγείας.

Όσον αφορά στη διαφάνεια, το «χαρακτηριστικό προέλευσης» του blockchain υποδηλώνει ότι τυχόν προσθήκες στο blockchain είναι ορατές σε όλα τα μέλη του δικτύου του ασθενούς. Δεδομένου ότι τα δεδομένα είναι αμετάβλητα, τυχόν μη εξουσιοδοτημένες τροποποιήσεις διαγιγνώσκονται. Στο πλαίσιο των πλαστών φαρμάκων, για παράδειγμα, μια εφαρμογή blockchain θα μπορεί: (1) να παρακολουθεί τις φαρμακευτικές πρώτες ύλες (π.χ. κατασκευαστή) έως το τελικό προϊόν (π.χ. τελικό χρήστη) σε ένα αμετάβλητο και κοινόχρηστο κατανεμημένο βιβλίο· (2) παρέχει ανίχνευση πλαστών φαρμάκων στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων, δεδομένου ότι οι συμμετέχοντες στο blockchain επαληθεύουν τα δεδομένα στην αλυσίδα, πιθανώς με την ενσωμάτωση συσκευών κατά της απομίμησης IoT. και (3) χρησιμεύει ως τεχνολογία ανοιχτών προτύπων που τελικά θα βελτιώσει περαιτέρω την ποιότητα της ανταλλαγής πληροφοριών σε άσχετες βάσεις δεδομένων με πολλούς συμμετέχοντες στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων.

Αυτός ο τύπος εφαρμογής blockchain έχει τη δυνατότητα να μετατρέψει την αλυσίδα εφοδιασμού φαρμάκων σε μια κοινή, διαφανή και αξιόπιστη αρχιτεκτονική ανοιχτών δεδομένων που θα μπορούσε να περιλαμβάνει πολλούς συμμετέχοντες και δικαιοδοσίες. «Στις υπάρχουσες λύσεις, υπάρχει ακόμα μια κεντρική αρχή που μπορεί να παραβιαστεί και έγγραφα που μπορούν να παραποιηθούν...Εάν [οι τρέχουσες λύσεις] μπορούν να τροποποιηθούν με δυνατότητες κατά της παραβίασης με δυνατότητα κλειδώματος κατά την κατασκευή, την προμήθεια και τη διανομή σύστημα θα μπορούσε να καταστήσει την παραχάραξη φαρμάκων μη θέμα».

⁷³L. A. Linn and M. B. Koo, “Blockchain for health data and its potential use in health it and health care related research,” in *ONC/NIST Use of Blockchain for Healthcare and Research Workshop*. Gaithersburg, Maryland, United States: ONC/NIST, 2016.

Η εκπαίδευση ιατρικών εργαζομένων είναι συνεχής, επομένως το blockchain έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί για την επίβλεψη καταγράφοντας και επαληθεύοντας την κατάρτιση και την εκπαίδευση του ιατρικού προσωπικού σε σύνολο δεξιοτήτων. Η δυνατότητα προέλευσης επιτρέπει την ανίχνευση του εκπαιδευτικού περιεχομένου στις πηγές του. Τελικά, αυτό μπορεί να εξελιχθεί σε ένα παγκόσμιο κοινόχρηστο αποθετήριο διαπιστευτηρίων επαγγελματιών υγείας όπου η ψηφιακή ταυτότητα ενός γιατρού μαζί με τα διαπιστευτήριά του μπορούν να κοινοποιηθούν και να εντοπιστούν.

Οι γιατροί αντιμετωπίζουν προβλήματα με τις υπάρχουσες μεγάλες επιλογές κοινής χρήσης αρχείων. Η κοινή χρήση/ διαμοιρασμός αρχείων βελτιώνει τη φροντίδα των ασθενών, καθώς σημαντικές πληροφορίες είναι γνωστές και συντονισμένες. Για παράδειγμα, οι New York Times το 2014 κατέγραψαν τη δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι γιατροί σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης όταν προσπαθούν να στείλουν ψηφιακά αρχεία που περιέχουν πληροφορίες ασθενών. Η τεχνολογία Blockchain μπορεί επίσης να είναι ευεργετική για την κοινή χρήση μεγάλων ιατρικών αρχείων.

Όσον αφορά στη βελτιωμένη ασφάλεια: Οι ιατρικές πληροφορίες είναι ευαίσθητα δεδομένα που πρέπει να διατηρούνται ιδιωτικά και ασφαλή. Με τις παραβιάσεις δεδομένων να αυξάνονται, είναι επιτακτική ανάγκη να διασφαλιστεί η ασφάλεια και το απόρρητο όλων των ιατρικών αρχείων, συμπεριλαμβανομένων, ενδεικτικά, της απεικόνισης δοκιμών και των δεδομένων ασφάλισης. Το 2015, το γραφείο Υγείας και Ανθρωπίνων Υπηρεσιών (HHS) ανέφερε ότι πάνω από 113 εκατομμύρια άτομα επηρεάστηκαν από παραβιάσεις προστατευόμενων πληροφοριών υγείας. Τα περισσότερα (99%) ήταν θύματα hacking, ενώ μόνο το 1% υπέφερε από άλλες μορφές παραβίασης δεδομένων (π.χ. ακατάλληλη διάθεση ή μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση/αποκάλυψη). Το HHS ανέφερε επίσης ότι οι διακομιστές δικτύου (107 εκατομμύρια) και οι EHR (3 εκατομμύρια) είναι οι κύριες πηγές παραβιάσεων πληροφοριών.

Λόγω της δυνατότητας «αποκέντρωσης» στο blockchain, κανένα σημείο δεδομένων δεν μπορεί να παραβιαστεί για την κλοπή αρχείων ασθενών. Τα δεδομένα σε μία βάση δεδομένων Blockchain είναι κρυπτογραφημένα και απαιτούν την αποκρυπτογράφηση με το ιδιωτικό κλειδί του ασθενούς. Έτσι, ένας χάκερ δεν θα μπορεί να διαβάσει τα δεδομένα του ασθενούς ακόμη και μετά την πρόσβαση. Μια τυχερή παρενέργεια της

υψηλότερης ασφάλειας είναι η υψηλότερη εμπιστοσύνη των ασθενών στα συστήματα καταγραφής συναίνεσης:

Όπως υποστηρίζεται σε πορίσματα ερευνών, οι ασθενείς μπορούν να είναι σίγουροι, ότι η τεχνολογία blockchain θα συνεισφέρει στην ασφαλή αποθήκευση των δεδομένων τους⁷⁴. Εάν πράγματι μάλιστα διαμορφωθεί ένα ασφαλές περιβάλλον που θα διαπνέεται από αμοιβαία εμπιστοσύνη μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών, η κατάσταση μπορεί τελικά να συμβάλει στον αυξημένο διαμοιρασμό και την κοινή χρήση δεδομένων, το οποίο είναι απαραίτητο για ένα πιο αποτελεσματικό σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Συγκεκριμένα, με τη χρήση της ερευνώμενης τεχνολογίας έχει υποστηριχθεί, ότι ιδιωτικοί και δημόσιοι φορείς υγειονομικής περίθαλψης, και ιατρικές ερευνητές θα μπορούν να μοιραστούν τεράστιο όγκο δεδομένων γενετικής, διατροφής, τρόπου ζωής, και υγείας με εγγυημένη ασφάλεια και υψηλό επίπεδο προστασίας της ιδιωτικής ζωής⁷⁵.

Αναφορικά με τη βελτιωμένη απόδοση θα πρέπει να σημειωθεί, ότι ο αποκεντρωμένος χαρακτήρας ενός blockchain βελτιώνει τα σημεία συμφόρησης στην απόδοση που προκύπτουν από τη συχνή επικοινωνία μέσω δικτύου. Ο συνδυασμός δε, του IoT με το blockchain όπως προτείνεται σε ορισμένες έρευνες μπορεί επίσης να μειώσει την ανάγκη για δια ζώσης ραντεβού με γιατρούς. Ειδικότερα, η τεχνολογία Blockchain θα παρέχει έναν ενεργό βρόχο ανατροφοδότησης σε ένα τέτοιο σενάριο προκειμένου να παρέχονται σε πραγματικό χρόνο υπηρεσίες απομακρυσμένης παρακολούθησης ασθενών και ιατρικών παρεμβάσεων που θα επιτρέπουν την αυτόματη παράδοση ειδοποιήσεων σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.

Συνοψίζοντας η επιτυχής εφαρμογή της ερευνώμενης τεχνολογίας στον κλάδο της παροχής υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης έχει μεν σημαντικά πλεονεκτήματα να εισφέρει, εξαρτάται ωστόσο και από την αντιμετώπιση των κάτωθι προκλήσεων:

⁷⁴C.Brodersen,B.Kalis,C.Leong,E.Mitchell,E.Pupo,A.Truscott,andL.Ac-
centure, “Blockchain: Securing a new health interoperability experience,” ed: Accenture LLP, 2016.

⁷⁵L. A. Linn and M. B. Koo, “Blockchain for health data and its potential use in health it and health care related research,” in ONC/NIST Use of Blockchain for Healthcare and Research Workshop. Gaithersburg, Maryland, United States: ONC/NIST, 2016.

- Επεκτασιμότητα και απόδοση,
- Ευχρηστία,
- Ασφαλής αναγνώριση και
- Έλλειψη κινήτρων και προθυμίας για υιοθέτηση.

Επεκτασιμότητα και απόδοση: Ενώ θα μπορούσαμε να οραματιστούμε την περίπτωση χρήσης της αποθήκευσης των ιατρικών δεδομένων σε ένα «μπλοκ», η αποθήκευση μεγάλων ιατρικών αρχείων (π.χ. ακτινογραφία), είναι πολύ πιο προβληματική ενόψει των ιδιαιτεροτήτων των ερευνώμενων βάσεων δεδομένων. Επιπλέον, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του blockchain και δη η «αποκέντρωση», η «συναίνεση» και η «προέλευση» υποδηλώνουν, ότι όλα τα μπλοκ πρέπει να αποθηκεύονται σε κάθε συμμετέχοντα κόμβο εντός του δικτύου. Καθώς το μέγεθος των δεδομένων θα αυξάνεται συνεχώς, η ζήτηση για κάθε συμμετέχοντα κόμβο θα αυξηθεί επίσης προκειμένου να παρέχεται η απαραίτητη επεκτασιμότητα.

Για να καταδείξουμε αυτό το ζήτημα επεκτασιμότητας, μια πλήρης συμμετοχή των miners στο δίκτυο Bitcoin απαιτεί από τον εξορύκτη να κατεβάσει ολόκληρη τη βάση δεδομένων στο blockchain του Bitcoin, το οποίο ήταν συνολικά πάνω από 184 gigabyte στο τέλος του τρίτου τριμήνου 2018. Επίσης, η μέγιστη επικύρωση συναλλαγών εντός του δικτύου Bitcoin είναι σε επτά συναλλαγές/δευτερόλεπτο, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα συμφόρησης απόδοσης. Μια πλατφόρμα που βασίζεται σε blockchain που διατηρεί σημαντικά μεγαλύτερο όγκο δεδομένων δεν έχει ακόμη αποδειχθεί στις ρυθμίσεις παραγωγής⁷⁶.

Μια πιθανή λύση σε αυτή την πρόκληση είναι η αποθήκευση μιας εκτεταμένης συλλογής ιατρικών δεδομένων εκτός της αλυσίδας σε μια εξωτερική βάση δεδομένων. Αυτό θα εξακολουθούσε να είναι ασφαλές καθώς το επίπεδο blockchain θα επιβάλλει την πολιτική ελέγχου πρόσβασης. Υπό αυτό το πρίσμα, οι ασθενείς θα εξακολουθούσαν να έχουν τον έλεγχο του ποιος έχει πρόσβαση στα προσωπικά δεδομένα στην εξωτερική βάση δεδομένων, επειδή τα δεδομένα δεν θα ήταν

⁷⁶S. Angraal, H. M. Krumholz, and W. L. Schulz, “Blockchain technology: applications in health care,” *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, vol. 10, no. 9, 2017.

αναγνώσιμα χωρίς το κλειδί αποκρυπτογράφησης, το οποίο είναι αποθηκευμένο στον λογαριασμό blockchain του ασθενούς.

Ευχρηστία: Οι κρυπτογραφικές έννοιες των συναλλαγών Blockchain θα είναι άγνωστες στους περισσότερους ανθρώπους. Στο πλαίσιο της κοινής χρήσης ιατρικών αρχείων, τα προτεινόμενα σχήματα από τις εξαγόμενες μελέτες απαιτούν από τους ασθενείς να διαχειρίζονται τα ζεύγη κλειδιών τους (δημόσια/ιδιωτικά) προκειμένου να παρέχουν κρυπτογραφικές υπογραφές και να εξουσιοδοτούν την πρόσβαση στα ιατρικά τους δεδομένα, όπως συζητήσαμε.

Τούτου λεχθέντος, η δομική πολυπλοκότητα της διαχείρισης των κλειδιών θα πρέπει να κρύβεται πίσω από την εφαρμογή Ιστού ή/και φορητών συσκευών με μια φιλική προς το χρήστη διεπαφή. Ωστόσο, αυτό ανοίγει επίσης την πόρτα σε μια πιθανή απειλή για την ασφάλεια που θα εξετάσουμε στη συνέχεια. Η αυτοδιακυβέρνηση αποτελεί μια άλλη πρόκληση, εάν ο ασθενής δεν είναι σε θέση να εγκρίνει τις απαραίτητες άδειες πρόσβασης. Αυτό μπορεί να οφείλεται απλώς στην απώλεια των προσωπικών κλειδιών ή λ.χ. σε μια οξεία κρίσιμη ασθένεια όπως η νόσος του Αλτσχάιμερ. Επίσης, σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, τα ιατρικά δεδομένα θα πρέπει να είναι προσβάσιμα στο ιατρικό προσωπικό με την επίκληση μιας διαδικασίας χρησιμοποιώντας ένα έμπιστο μέρος (π.χ. κυβερνητικός οργανισμός, στενός συγγενής κ.λπ.).

Το MIT Media Lab εξέτασε το ψηφιακό πιστοποιητικό που εφαρμόζεται με την τεχνολογία blockchain. Μερικά διδάγματα που αντλήθηκαν από τα πρώτα του πειράματα περιλαμβάνουν: «είναι πολύ πιο δύσκολο να διαχειριστεί κανείς τα δημόσια/ιδιωτικά κλειδιά για τον έλεγχο ταυτότητας τόσο του εκδότη όσο και του παραλήπτη, επομένως η δημιουργία ενός πορτοφολιού που διατηρεί πιστοποιητικά, όπως αντίστοιχα τα πορτοφόλια κρυπτονομισμάτων αποθηκεύουν Bitcoin, μπορεί να είναι μια εναλλακτική».

Ασφαλής Ταυτοποίηση: Στην υγειονομική περίθαλψη, η ανάγκη αντιστοίχισης των ασθενών με τα αρχεία περίθαλψής τους σε διάφορα backends παρόχων υγειονομικής περίθαλψης (ιδιωτικών κλινικών, νοσοκομείων, εργαστηρίων κ.λπ.) είναι κρίσιμη και μη τετριμμένη. Στις ΗΠΑ, τα Κέντρα για Υπηρεσίες Medicare & Medicaid (CMS) έχουν δώσει πολύ μεγαλύτερη έμφαση στη διαλειτουργικότητα της υγειονομικής περίθαλψης με το «Προώθηση του Προγράμματος Διαλειτουργικότητας», με σκοπό να διευκολύνει την πρόσβαση στα αρχεία ασθενών προς/από τους ενδιαφερόμενους.

Προσέτι, startups, όπως π.χ. η digital- healthcare.io, ξοδεύει πόρους προσπαθώντας να βοηθήσει στην επίλυση ορισμένων από τα ως άνω ζητήματα διαλειτουργικότητας. Αυτές οι καινοτομίες και οι αλλαγές πολιτικής, αν και είναι θετικές, δεν φτάνουν αρκετά μακριά για να απαντήσουν στα εξής εξαιρετικά κρίσιμα ερωτήματα: πώς γνωρίζουμε ποιος έχει εξαρχής πρόσβαση σε αυτά τα αρχεία ασθενών; Ποιο είναι το πραγματικό τελικό σημείο;

Μέσω μιας ποικιλίας σχετικών τεχνολογιών, μπορούμε να συσχετίσουμε τη συσκευή ενός χρήστη (π.χ. smartphone) με το μοναδικά υπογεγραμμένο και κρυπτοασφαλές ψηφιακό πορτοφόλι όπως συζητήθηκε παραπάνω. Ωστόσο, τα smartphone και τα ψηφιακά πορτοφόλια δεν είναι άνθρωποι. Είναι πληρεξούσιοι στην καλύτερη περίπτωση και είναι επιρρεπείς στην αποτυχία, μπορούν να κλαπούν ή και να χαθούν.

Τούτων λεχθέντων, η ενσωμάτωση διακριτικών βιομετρικών στοιχείων επαλήθευσης ταυτότητας που δεν παραβιάζουν τους κανονισμούς απορρήτου στην κορυφή ενός συστήματος βασισμένου στο blockchain θα μπορούσε να έχει σημαντικά οφέλη. Τα πιο ευρέως προσβάσιμα βιομετρικά στοιχεία που ήδη κυκλοφορούν περιλαμβάνουν δακτυλικά αποτυπώματα, αναγνώριση προσώπου, σαρωτές αμφιβληστροειδούς και μετρήσεις με βάση την καρδιά. Βέβαια εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά εμπόδια που πρέπει να ξεπεραστούν, κυρίως στο πεδίο της προστασίας της ιδιωτικής ζωής, προκειμένου να μπορεί να γίνει χρήση των ανωτέρω βιομετρικών στοιχείων σε οιοδήποτε εγχείρημα εφαρμογής της ερευνώμενης τεχνολογίας στο υπό κρίση πεδίο.

Κεφάλαιο 6^ο: Επιχειρηματική εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα

6.1 Η επίδραση της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα

Αναμφίβολα, σύμφωνα και με τη διεθνή βιβλιογραφία η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να συμβάλει στην επίτευξη των βασικών στόχων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συγκεκριμένα, η ερευνώμενη τεχνολογία θα μπορούσε να επιδράσει θετικά στους ακόλουθους τομείς:

- **Κόστος:** μπορεί να βοηθήσει στην εξάλειψη των εγγραφών σε χαρτί, στη μείωση του κόστους συμμόρφωσης με τους κανονισμούς και στην παροχή βέλτιστης κατανομής των πόρων.
- **Ταχύτητα:** εξοικονόμηση χρόνου με την ψηφιοποίηση ορισμένων διαδικασιών και την μείωση των επικοινωνιών
- **Αξιοπιστία**
- **Μείωση κινδύνου:** η τεχνολογία Blockchain μπορεί να διασφαλίσει ότι τα δεδομένα δεν παραβιάστηκαν και μόνο οι εγκεκριμένοι συμμετέχοντες παίρνουν μέρος σε συναλλαγές.
- **Βιωσιμότητα:** οι μετρήσεις βιωσιμότητας είναι πιο ουσιαστικές και μετρήσιμες χάρη στο blockchain.

Ωστόσο, οι παραπάνω διαπιστώσεις της βιβλιογραφίας στηρίζονται εν πολλοίς σε ενδείξεις και υποθέσεις και όχι σε αποδεικτικά στοιχεία και μελέτες περιπτώσεων. Από την άλλη, οι ερευνητές καταφέρνουν καλά να επισημάνουν τα οφέλη και τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα. Συγκεκριμένα, αναφέρουν ως οφέλη την πιο αποτελεσματική επικοινωνία, το υψηλότερο επίπεδο ευελιξίας, βιωσιμότητας και την εγγύηση ποιότητας δεδομένων, ενώ ως περιορισμοί καταγράφονται το περίπλοκο περιβάλλον, το οποίο δεσμεύεται από διάφορους κανονισμούς, η ανάγκη να έρθουν κοντά όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη και το γεγονός ότι το ιδιωτικό blockchain είναι πιο επιρρεπές σε επιθέσεις ασφαλείας καθώς είναι πιο συγκεντρωτικό από ένα δημόσιο.⁷⁷

⁷⁷Kshetri, N., 2018. 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of information management*, 39, pp.80-89.

Μια πιο συγκεκριμένη μελέτη, η οποία ερευνά τον ρόλο του blockchain στην απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας με διαφορετική μεθοδολογία και από μια ελαφρώς διαφορετική οπτική γωνία, δημιουργήθηκε από τους Hald et al⁷⁸. Αντιλαμβάνεται το blockchain ως μια οργανωτική τεχνολογία, η οποία εκτείνεται σε πολλούς οργανισμούς, βοηθά τους διαχειριστές της εφοδιαστικής αλυσίδας να παρέμβουν και επηρεάζει ενεργά την ικανότητα διαχείρισης των διαδικασιών και των σχέσεων εντός της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Όσον αφορά στην απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας, το κόστος, την ανθεκτικότητα, την ανταπόκριση, την προσαρμοστικότητα, τη βιωσιμότητα και την καινοτομία, παρατήρησαν, ότι επηρεάζονται από το blockchain. Αυτά τα αποτελέσματα ευθυγραμμίζονται με την έρευνα του Kshetri (2018). Ο συγκεκριμένος ερευνητής υποστήριξε, πως το blockchain μπορεί να οδηγήσει τόσο σε βελτιώσεις όσο και σε μειώσεις στην απόδοση της αλυσίδας εφοδιασμού.

Ειδικότερα, ανέπτυξε τρεις πτυχές της ερευνώμενης τεχνολογίας που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την εφοδιαστική αλυσίδα. Συγκεκριμένα, κάνοντας λόγο για το blockchain ως τεχνολογία κυριαρχίας, υποστήριξε, ότι η διαφάνεια που προτάσσει αποτελεί απειλή, δεδομένων των ζητημάτων απορρήτου που εγείρει, αλλά και των ριζικών αλλαγών που μπορεί να επιφέρει στην αγορά.

Ακόμη, κατέγραψε και τα μειονεκτήματα των έξυπνων συμβολαίων, αλλά και τα προβλήματα στην επεκτασιμότητα του blockchain, σημειώνοντας, ότι η σημερινή κατάσταση στην αγορά της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι πολύ δυναμική και τα έξυπνα συμβόλαια δεν είναι αρκετά ευέλικτα για να αντέξουν σε αυτό το περιβάλλον, ενώ τίθεται και το ερώτημα, ποιος τα «γράφει» και ποιος είναι υπεύθυνος για τη συντήρησή τους. Ακόμη, επεσήμανε και την αδυναμία προσαρμογής τους στα νομικά πλαίσια. Τέλος, ως αρνητική αξιολόγησε και την προοπτική της ψηφιοποίησης ορισμένων διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας, επειδή έκρινε ότι έτσι θα χαθούν ορισμένα από τα εγγενή πλεονεκτήματά της, ενώ μπορεί σίγουρα να επηρεάσει το εργατικό δυναμικό. Βέβαια, πέραν των ως άνω μειονεκτημάτων, ο εν λόγω συγγραφέας

⁷⁸Hendriksen, R.S., Munk, P., Njage, P., Van Bunnik, B., McNally, L., Lukjancenko, O., Röder, T., Nieuwenhuijse, D., Pedersen, S.K., Kjeldgaard, J. and Kaas, R.S., 2019. Global monitoring of antimicrobial resistance based on metagenomics analyses of urban sewage. Nature communications, 10(1), pp.1-12.

κατέγραψε και τέσσερις πτυχές της ερευνώμενης τεχνολογίας, οι οποίες ενδέχεται να έχουν θετικό αντίκτυπο στην απόδοση της εφοδιαστικής αλυσίδας.⁷⁹

Καθώς η εφοδιαστική αλυσίδα έχει γίνει πιο εκτεταμένη λόγω της παγκοσμιοποίησης και αποτελείται από αυξανόμενους αριθμούς συμμετεχόντων, έχει αναπόφευκτα αυξηθεί κατακόρυφα η ανάγκη για ιχνηλασιμότητα των τροφίμων. Η διασφάλιση της ποιότητας απαιτεί κάθε συστατικό να είναι πλήρως ανιχνεύσιμο και να ανταλλάσσονται πληροφορίες μεταξύ όλων των παραγόντων. Η ιχνηλασιμότητα θεωρείται ως παράγοντας ενίσχυσης της ασφάλειας, της ποιότητας, της ακεραιότητας και της βιωσιμότητας των προϊόντων και αυξάνει τη συνολική ικανοποίηση των πελατών⁸⁰.

Οι σύγχρονες μέθοδοι για την επίτευξη ιχνηλασιμότητας περιλαμβάνουν συστήματα που βασίζονται σε μια κεντρική ή κατανεμημένη αρχιτεκτονική που διαχειρίζονται τρίτα μέρη. Ως εκ τούτου, είναι επιρρεπείς σε επιθέσεις ενός κόμβου, σε παραβιάσεις δεδομένων και αποκάλυψη πληροφοριών. Η κεντρική υποδομή επηρεάζει περαιτέρω αρνητικά τη διαφάνεια και μπορεί να προκαλέσει ζητήματα που σχετίζονται με το κλείδωμα των δεδομένων, την εμπιστευτικότητα και τη δυνατότητα ελέγχου.

Οι Song et al.⁸¹ περιέγραψαν πώς το blockchain επηρεάζει την ιχνηλασιμότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω των σημερινών εφαρμογών του κλάδου. Συγκεκριμένα, στην εν λόγω έρευνα υποστηρίχθηκε πως το blockchain έχει ήδη αποδειχθεί ένα καλό σύστημα για ενισχυμένη ιχνηλασιμότητα και δηλώνει ότι ταιριάζει καλά, ιδιαίτερα σε βιομηχανίες όπου τα συμβατικά συστήματα πληροφοριών παλεύουν με τεχνικές προκλήσεις.

Ειδικότερα, αυτό περιλαμβάνει ζητήματα που αφορούν τη συνεργασία πολλών συμμετεχόντων, τη διασφάλιση της εμπιστοσύνης και το υψηλό κόστος εισόδου για συμμετέχοντες που δεν μπορούν να αντέξουν οικονομικά ακριβά συστήματα ERP. Ωστόσο, καταγράφηκαν αρκετές προκλήσεις και κίνδυνοι, όπως η σύνδεση των

⁷⁹id

⁸⁰Behnke, K. and Janssen, M.F.W.H.A., 2020. Boundary conditions for traceability in food supply chains using blockchain technology. *International Journal of Information Management*, 52, p.101969.

⁸¹Song, J.M., Sung, J. and Park, T., 2019. Applications of blockchain to improve supply chain traceability. *Procedia Computer Science*, 162, pp.119-122.

φυσικών περιουσιακών στοιχείων με τα ψηφιακά. Μια άλλη πρόκληση που αναφέρει είναι η απροθυμία των ενδιαφερόμενων μερών να συμμετάσχουν σε αποκεντρωμένα συστήματα, τα οποία δυσκολεύονται γενικώς να κερδίσουν την εμπιστοσύνη του ευρύτερου κοινού.

Ο θετικός ρόλος του blockchain στην ιχνηλασιμότητα εξετάστηκε επίσης από άλλους συγγραφείς⁸². Τα οφέλη του blockchain για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας συζητήθηκαν από τον Min (2019). Ο συγκεκριμένος ερευνητής εξηγεί, ότι οι επαγγελματίες της εφοδιαστικής αλυσίδας εντοπίζουν πρώτα τους κινδύνους, στη συνέχεια τους κατηγοριοποιούν, αξιολογούν τα τρωτά σημεία, δημιουργούν σχέδια δράσης και τέλος αναπτύσσουν συστήματα για τον έλεγχο και την παρακολούθηση των προσπαθειών μετριασμού του κινδύνου. Επίσης, προέβη στις ακόλουθες επισημάνσεις.

Ειδικότερα, σχετικά με το ρόλο των Smart Contracts υποστήριξε, ότι με την υιοθέτησή τους είναι δυνατή η μείωση του χρόνου συναλλαγής και του κόστους, αλλά και η αποτροπή της συμβατικής απάτης, όταν η χρήση τους συνδυάζεται με άλλες τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων. Προσέτι, αναφορικά με την παρακολούθηση περιουσιακών στοιχείων επεσήμανε, ότι τα αρχεία που είναι αποθηκευμένα στο blockchain δεν μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν και επομένως το ιστορικό ιδιοκτησίας δεν μπορεί να παραβιαστεί. Ως εκ τούτου, αυτό το χαρακτηριστικό της ερευνώμενης τεχνολογίας μπορεί να μειώσει τις συναλλαγές παραποιημένων προϊόντων.

Ακόμη, σημείωσε, ότι το blockchain μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην ασφαλή και άνευ σφαλμάτων ολοκλήρωση παραγγελιών, δεδομένου ότι μέσω της αυτοματοποίησης είναι δυνατό να καταγραφεί μείωση στον αριθμό των σφαλμάτων που σχετίζονται με τις διαδικασίες εκπλήρωσης παραγγελιών. Τέλος, αναφορικά με την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, ο εν λόγω ερευνητής υποστήριξε, ότι η τεχνολογία blockchain λόγω της φύσης της μπορεί να αποτρέψει το έγκλημα στον κυβερνοχώρο

⁸²Helo, P. and Shamsuzzoha, A.H.M., 2020. Real-time supply chain—A blockchain architecture for project deliveries. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 63, p.101909.

και την εισβολή, καθώς εξαλείφει ενόψει του κατακεκομμένου χαρακτήρα της την ύπαρξη ενός μόνο σημείου αποτυχίας.

Ο θετικός αντίκτυπος του blockchain στον μετριασμό του κινδύνου αναφέρθηκε αργότερα από τους Irannezhad⁸³ και Kumar et al.⁸⁴ Η διαφάνεια που παρέχεται από το blockchain έχει σημαντικό αντίκτυπο στην εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού. Στο παρελθόν και κυρίως ακόμη και τώρα, η εμπιστοσύνη βασίζεται σε μεσάζοντες όπως τράπεζες ή κρατικά ιδρύματα, οι οποίοι εγγυώνται την εγκυρότητα των συναλλαγών.

Ως συνέπεια της χαμηλής διαφάνειας μεταξύ αυτών των οντοτήτων, η εμπιστοσύνη τείνει να είναι επίσης χαμηλή. Το blockchain ενισχύει την εμπιστοσύνη από τη φύση του, καθώς δεν υπάρχει ενδιάμεσος. Τα μέλη εμπιστεύονται την τεχνολογική πλατφόρμα ή τον θεματοφύλακα που διαχειρίζεται το δίκτυο. Όλοι όσοι έχουν άδεια, εξετάζουν τις ίδιες πληροφορίες και έχουν μια ενοποιημένη έκδοση των αρχείων δεδομένων, η οποία ελαχιστοποιεί τις διαφωνίες και δημιουργεί εμπιστοσύνη. Η ερευνώμενη τεχνολογία έχει άλλωστε χαρακτηριστεί εύλογα και ως μηχανή πίστης («The trust machine»).

Ακολούθως, αρκετοί συγγραφείς έχουν αντιμετωπίσει την αποδιαμεσολάβηση ως ένα από τα εξέχοντα οφέλη του blockchain. Συγκεκριμένα, οι Tönnissen et al⁸⁵ συζήτησαν ποιος είναι ο αντίκτυπος που έχει το blockchain στην αλληλεπίδραση των παραγόντων και ποιες ενδιάμεσες εργασίες θα μπορούσε να αντικαταστήσει η εν λόγω τεχνολογία. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι δεν υπάρχει διαμεσολάβηση, αλλά ένας νέος πάροχος υπηρεσιών εισέρχεται δίπλα σε έναν υπάρχοντα διαμεσολαβητή.

Σύμφωνα με την συγκεκριμένη έρευνα δεν είναι σαφές, εάν αυτός ο πάροχος υπηρεσιών θα γινόταν αποδεκτός από τη βιομηχανία της εφοδιαστικής αλυσίδας ως

⁸³Irannezhad, E., 2020. Is blockchain a solution for logistics and freight transportation problems?. *Transportation Research Procedia*, 48, pp.290-306.

⁸⁴Kumar, K.S., Rajeswari, R., Vidyadhari, C. and Kumar, B.S., 2020, December. Mathematical modeling approaches for blockchain technology. In *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 981, No. 2, p. 022001). IOP Publishing.

⁸⁵Tönnissen, S. and Teuteberg, F., 2020. Analysing the impact of blockchain-technology for operations and supply chain management: An explanatory model drawn from multiple case studies. *International Journal of Information Management*, 52, p.101953.

ενδιάμεσος, επειδή οι περιπτώσεις που μελετήθηκαν δεν αναφέρουν καμία απόδειξη γ' αυτό. Οι αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να αποτελούνται από εκατοντάδες οντότητες και πρέπει να είναι όλες πεπεισμένες για τα οφέλη ενός τέτοιου συστήματος. Διαφορετικά, η διαφάνεια και η ιχνηλασιμότητα δεν θα έχουν τη δυναμική που πρέπει.⁸⁶ Τούτων λεχθέντων, δεν είναι προφανές από τη διαθέσιμη βιβλιογραφία ποια επίδραση έχει το blockchain στην αποδιαμεσολάβηση.

Προσέτι, πολλοί συγγραφείς συζήτησαν την καταλληλότητα εφαρμογών εφοδιαστικής αλυσίδας βασισμένων στο blockchain για στους κλάδους της γεωργίας, των τροφίμων και της υγειονομικής περίθαλψης. Ο αριθμός αυτών των μελετών είναι αισθητά πιο σημαντικός σε σύγκριση με άλλους κλάδους. Τούτο δε, πιθανότατα, οφείλεται στο μεγάλο αριθμό περιστατικών παραποίησης/απομίμησης, απάτης, τροφικής δηλητηρίασης ή κλοπής προϊόντων που απαντώνται στους συγκεκριμένους κλάδους και οδήγησαν σε αυστηρότερους κανονισμούς και ελέγχους. Η ποιότητα και η ασφάλεια αυτών των προϊόντων διαδραματίζουν πιο κρίσιμο ρόλο και οι ερευνητές αντιλαμβάνονται το blockchain ως κατάλληλο για τη διασφάλιση αυτών των χαρακτηριστικών.

Ειδικότερα, οι Salah et al. (2019) πρότειναν μια λύση, βασισμένη στο blockchain του Ethereum και στα έξυπνα συμβόλαια, για τον εντοπισμό, την παρακολούθηση και την εκτέλεση συναλλαγών σε αλυσίδες εφοδιασμού σόγιας με πρωταρχικό στόχο την ελαχιστοποίηση της ανάγκης για μεσάζοντες. Ο Tian το 2016 εξέτασε τα μειονεκτήματα και τα οφέλη από τη χρήση της τεχνολογίας RFID με το blockchain και ερεύνησε τη σκοπιμότητα μιας τέτοιας λύσης.

Παράλληλα, οι Astil et al. το 2019 διερεύνησαν επίσης τεχνολογίες ενεργοποίησης, οι οποίες αντιμετωπίζουν και ενισχύουν τη διαφάνεια της εφοδιαστικής αλυσίδας, και δη το blockchain, το Internet of Things και τα Big Data analytics. Οι Galvez et al.⁸⁷ με τη σειρά τους διεξήγαγαν μια μελέτη, η οποία εξετάζει τις προκλήσεις και τις δυνατότητες εφαρμογής του blockchain για τη διασφάλιση της ιχνηλασιμότητας και της αυθεντικότητας σε αυτόν τον κλάδο.

⁸⁶id

⁸⁷Galvez, J.F., Mejuto, J.C. and Simal-Gandara, J., 2018. Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 107, pp.222-232.

Ακόμη, οι Kamble et al. το 2018 εντόπισαν τις πιο σημαντικές δικαιολογίες για την εφαρμογή της τεχνολογίας του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού στον κλάδο της γεωργίας. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι η ιχνηλασιμότητα είναι η πιο σημαντική αιτία, ακολουθούμενη από τη δυνατότητα ελέγχου, τη μη μεταβλητότητα και την προέλευση. Από την άλλη, οι Lin et al. ανέπτυξαν ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας τροφίμων, το οποίο στόχευε να αποδείξει τη σκοπιμότητα των υπηρεσιών blockchain και EPC Information Services.

Όπως προκύπτει, λοιπόν, παρατηρείται ιδίως τα τελευταία χρόνια μια διαρκώς αυξανόμενη τάση για νέες μελέτες σχετικά με την υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain σε αυτόν τον κλάδο, ενώ τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε άλλους κλάδους, όχι μόνο στη γεωργία. Συγκεκριμένα, οι Gausdal et al.⁸⁸ διεξήγαγαν έρευνα που αφορούσε στο ποιες βιομηχανικές δραστηριότητες και ποιοι τομείς της ναυτιλιακής βιομηχανίας μπορούν να ωφεληθούν από το blockchain.

Τα ευρήματα υποδηλώνουν πρωτίστως ισχυρό αντίκτυπο στην εκτέλεση πληρωμών, στην ανταλλαγή πληροφοριών και επικοινωνίας μεταξύ των οργανισμών και στην ασφαλέστερη μεταφορά εγγράφων. Δυνητικά, θα μπορούσε επίσης να μειώσει τον κίνδυνο διαφθοράς. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με άλλες μελέτες στις περισσότερες περιπτώσεις. Ο συγγραφέας σχολίασε, ότι ίσως είναι καλή ιδέα να μελετήσουμε στο μέλλον μεμονωμένα μέρη του κλάδου, καθώς αυτό που θα μπορούσε να ταιριάζει στον οργανισμό κάποιου ίσως να μην είναι απαραίτητα κατάλληλο για ολόκληρο τον κλάδο ή έναν άλλο οργανισμό.

Παράλληλα, ορισμένοι επαγγελματίες και ερευνητές αντιλαμβάνονται και παρουσιάζουν το blockchain ως μια λύση που θα διόρθωνε κάθε πρόβλημα και θα έμπαινε στη δημοσιότητα. Από την άλλη, οι Kumar et al. το 2020 στόχευαν να παρουσιάσουν μια πιο ρεαλιστική απεικόνιση της τεχνολογίας και κυρίως να αιτιολογήσουν σε ποιες περιπτώσεις είναι λογικό να εξεταστεί η εφαρμογή blockchain, ώστε να αποδώσει αυτή καλύτερα. Ειδικότερα, το Blockchain είναι ένα ακριβό μέσο αποθήκευσης και, φυσικά, αξίζει να το υιοθετήσετε μόνο όταν τα οφέλη υπερβαίνουν το κόστος. Ο συγγραφέας πιστεύει ότι πρόκειται για δια-οργανωτικές συναλλαγές

⁸⁸Gausdal, A.H., Czachorowski, K.V. and Solesvik, M.Z., 2018. Applying blockchain technology: Evidence from Norwegian companies. Sustainability, 10(6), p.1985.

μεταξύ μη αξιόπιστων οντοτήτων, όπου η ορατότητα και η προέλευση είναι ζωτικής σημασίας.

Συνοψίζοντας, προκειμένου να συνοψίσουμε τα κύρια βιβλιογραφικά αποτελέσματα των επιπτώσεων του blockchain στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, παρουσιάστηκαν και αιτιολογήθηκαν διάφορες πτυχές. Οι ερευνητές συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό σε πτυχές όπως η διαφάνεια ή η ιχνηλασιμότητα. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες διακρίσεις σχετικά με την αποδιαμεσολάβηση.

6.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την πρακτική εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα

Στην παρούσα ενότητα θα καταγράψουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν καθοριστικά και δη, είτε θετικά, είτε αρνητικά λειτουργώντας ως εμπόδια πτυχές της υιοθέτησης του blockchain στο κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συγκεκριμένα, οι Yadav et al.⁸⁹ προσδιόρισαν 39 μεταβλητές, οι οποίες δικαιολογούν την υιοθέτηση εφαρμογών που βασίζονται σε blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού.

Ειδικότερα, αυτές οι μεταβλητές μειώθηκαν σε δώδεκα με βάση παρόμοιες συσχετίσεις. Τελικά, οι συγγραφείς προσδιόρισαν έξι καθοριστικούς παράγοντες που επηρεάζουν δραστικά την ενσωμάτωση του blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα. Οι παράγοντες αυτοί είναι οι εξής:

- Ασφάλεια δεδομένων και αποκέντρωση
- Προσβασιμότητα
- Νόμοι και Πολιτική
- Τεκμηρίωση
- Διαχείριση δεδομένων
- Ποιότητα

Προσέτι, ο Treiblmaier⁹⁰ πραγματοποίησε μια μελέτη που ασχολείται με την απάντηση σε ερωτήματα σχετικά με το πώς να δομηθεί και να διαχειριστεί μια αλυσίδα

⁸⁹Yadav, G., Kumar, A., Luthra, S., Garza-Reyes, J.A., Kumar, V. and Batista, L., 2020. A framework to achieve sustainability in manufacturing organisations of developing economies using industry 4.0 technologies' enablers. *Computers in industry*, 122, p.103280.

⁹⁰Treiblmaier, H., 2018. The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. *Supply chain management: an international journal*.

εφοδιασμού που ενσωματώνει blockchain. Αυτές οι συστάσεις έγιναν με βάση τέσσερις μεγάλες θεωρίες που χρησιμοποιούνται στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η συγκεκριμένη μελέτη παρείχε τις πρώτες κατευθυντήριες γραμμές, τόσο για τις θεωρητικές, όσο και τις διαχειριστικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την υιοθέτηση του blockchain. Επισημάνθηκε δε, ότι σε μελλοντική έρευνα, είναι σημαντικό να γίνει σαφής διάκριση μεταξύ των διαφορετικών τύπων blockchain και να διερευνηθούν συγκεκριμένα.

Οι Saberi et al. με τη σειρά τους το 2019 πρότειναν και περιέγραψαν τη διαδικασία υιοθέτησης της τεχνολογίας blockchain, ενώ κατέγραψαν και τα εμπόδια της προοπτικής αυτής. Η κατηγοριοποίηση των εν λόγω εμποδίων περιελάμβανε ειδικά και γενικά εμπόδια. Σύμφωνα με την έρευνα, τα περισσότερα από τα τεχνολογικά εμπόδια σχετίζονται με την μάλλον ανώριμη φάση ανάπτυξης που διανύει η τεχνολογία του blockchain. Τούτων λεχθέντων, με βάση την παραπάνω έρευνα τα εμπόδια υιοθέτησης του blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού ταξινομήθηκαν στις ακόλουθες ομάδες:

- Ενδοοργανωτικοί φραγμοί: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν πτυχές όπως η υποστήριξη της ανώτατης διοίκησης και η μακροπρόθεσμη δέσμευση. Η εφαρμογή του blockchain απαιτεί επίσης νέες ικανότητες και ευθύνες για την υποστήριξη της ανάπτυξής του. Το μοντέλο αποδοχής τεχνολογίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της χρησιμότητας και της ευκολίας χρήσης τόσο για άτομα όσο και για οργανισμούς και ο συγγραφέας δηλώνει ότι η εφαρμογή του blockchain μπορεί να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας ένα τέτοιο μοντέλο.⁹¹
- Διοργανικοί φραγμοί - Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η αλυσίδα εφοδιασμού αφορά τη συνεργασία μεταξύ διαφόρων εταίρων. Η ενσωμάτωση πληροφοριακών συστημάτων μεταξύ αυτών των εταίρων μπορεί να είναι μια προκλητική διαδικασία, καθώς ορισμένοι εταίροι μπορεί να μην είναι διατεθειμένοι να αποκαλύψουν πληροφορίες και μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την επιτυχή υιοθέτησή τους. Επιπλέον, οι συνεργάτες δραστηριοποιούνται σε

⁹¹Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J. and Shen, L., 2019. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), pp.2117-2135.

διαφορετικές περιοχές και πολιτισμούς, γεγονός που μπορεί να προκαλέσει προβλήματα επικοινωνίας.

- Εμπόδια που σχετίζονται με το σύστημα: ενδέχεται να χρειαστεί να επενδύσει σε πρόσθετα εργαλεία όπως η διαχείριση αποθήκευσης ή η υποδομή υπολογιστικού νέφους. Επομένως, θεωρείται ως πιθανό εμπόδιο.
- Εξωτερικά εμπόδια: η αβεβαιότητα σχετικά με τις κυβερνητικές και βιομηχανικές πολιτικές μπορεί, είτε να ενισχύσει, είτε να περιορίσει την υιοθέτηση του blockchain. Ένα καλό παράδειγμα είναι το έργο Mediledger, το οποίο ξεκίνησε ως απάντηση στους νέους κανονισμούς που εκδόθηκαν από την Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων.

Επίσης, οι πελάτες συχνά δεν γνωρίζουν την προέλευση των προϊόντων. Οι Montecchi et al. το 2019 δημιούργησαν έναν οδηγό για τον τρόπο που πρέπει να εφαρμοστεί η τεχνολογία του blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα, ώστε να διασφαλιστεί, ότι η γνώση σχετικά με ένα προϊόν είναι γνήσια και επαληθεύσιμη. Το αποτέλεσμα ενός εισαγόμενου πλαισίου είναι η ανάδειξη της σύνδεσης μεταξύ των διαστάσεων της γνώσης προέλευσης και της αντίληψης κινδύνου. Ο συγγραφέας σχολιάζει ότι αρνητικές πτυχές της διασφάλισης της προέλευσης μέσω του blockchain μπορεί να είναι η έκθεση στους ανταγωνιστές, τα εμπορικά μυστικά, η πνευματική ιδιοκτησία και οι λεπτομέρειες της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Με τη σειρά τους οι Y. Wang; Singgih, et al.⁹² παρουσίασαν ότι αντιλαμβάνονται κυρίως τις κοινωνικές πτυχές ως το κύριο εμπόδιο στη χρήση του blockchain. Συγκεκριμένα, αναφέρουν θέματα πολιτισμού και διακυβέρνησης, όπως η αλλαγή νοοτροπίας των ανθρώπων και τα επιχειρησιακά πρωτόκολλα. Επιπλέον, εξέφρασαν την καινοτομία και την πολυπλοκότητα αυτής της τεχνολογίας ως τον επιβραδυντικό παράγοντα της διευρυμένης εφαρμογής. Εκτός από τις κοινωνικές προκλήσεις, ανέφεραν συχνά ζητήματα τεχνολογίας και διαλειτουργικότητας, τα οποία είναι πολύ αβέβαια και ανεξερεύνητα.

Από την άλλη, τα αναμενόμενα οφέλη από την ευρύτερη υιοθέτηση και εφαρμογή του Blockchain στον κλάδο, αν και δεν μπορούν να παραγνωριστούν, εντούτοις δεν

⁹²Wang, Y., Singgih, M., Wang, J. and Rit, M., 2019. Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains?. *International Journal of Production Economics*, 211, pp.221-236.

πρέπει να λογίζονται ως αυτονόητα και μάλιστα σε κάθε περίπτωση. Αυτό το θέμα αναφέρθηκε από τους Behnke et al.⁹³ καθώς παρουσίασαν τις οριακές συνθήκες των επιχειρήσεων στις αλυσίδες εφοδιασμού τροφίμων.

Παρά ταύτα, οι συγκεκριμένοι ερευνητές πιστεύουν, ότι αυτές οι συνθήκες σχετίζονται και με άλλες βιομηχανίες. Συγκεκριμένα, τονίστηκε η ανάγκη συνδρομής ορισμένων προϋποθέσεων, προτού εφαρμοστεί το blockchain. Ειδικότερα, τα αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζουν οργανωτικές αλλαγές όπως η τυποποιημένη αλυσίδα εφοδιασμού μεταξύ όλων των παραγόντων και οι προσαρμοσμένες διαδικασίες που είναι οι πιο καθοριστικές. Αυτή η έρευνα δείχνει ένα ίχνος αποδείξεων γιατί πολλά έργα παραμένουν σε πιλοτικό στάδιο.

Θέματα τυποποίησης αντιμετωπίζονται επίσης από τους Jabbar et al.⁹⁴. καθώς δηλώνει ότι για να είναι επιτυχημένο ένα έργο blockchain, κάθε συμμετέχων στο δίκτυο πρέπει να συνειδητοποιήσει τα οφέλη που θα έφερνε και να συνεργαστεί ενεργά για την υλοποίηση. Επιπλέον, αναφέρει την ανεπαρκή ενοποίηση και την ελλιπή προετοιμασία των ιδιόκτητων συστημάτων προγραμματισμού πόρων της επιχείρησης (ERP). Βέβαια, καμία από τις παραπάνω διαπιστώσεις δεν υποστηρίζεται από στοιχεία.

Αντίθετα, οι Wong et al. διεξήγαγαν το 2020 εμπειρική έρευνα εξετάζοντας τις πτυχές της υιοθέτησης του blockchain σε δείγμα 194 μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων στη Μαλαισία. Οι συγγραφείς αναγνώρισαν, ότι η ανταγωνιστική πίεση, η πολυπλοκότητα, το κόστος και το σχετικό πλεονέκτημα είναι βασικοί παράγοντες για την υιοθέτηση, ενώ η δυναμική της αγοράς, η ρυθμιστική υποστήριξη και η υποστήριξη της ανώτερης διοίκησης δείχνουν ότι είναι λιγότερο κρίσιμες.

Ο Irannezhad⁹⁵ σε μια ενότητα της έρευνας εντόπισε τις προκλήσεις που σχετίζονται με την υιοθέτηση του blockchain, οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες ομάδες. Η πρώτη ομάδα σχετίζεται με τεχνικές αποφάσεις σχετικά με τον κατάλληλο σχεδιασμό, την επιλογή ενός δημόσιου ή ιδιωτικού blockchain και τις

⁹³Behnke, K. and Janssen, M.F.W.H.A., 2020. Boundary conditions for traceability in food supply chains using blockchain technology. *International Journal of Information Management*, 52, p.101969.

⁹⁴Jabbar et al, ο.π..

⁹⁵Xi, D., O'Brien, T.I. and Irannezhad, E., 2020. Investigating the investment behaviors in cryptocurrency. *The Journal of Alternative Investments*, 23(2), pp.141-160.

απαιτήσεις απόδοσης. Δεύτερον, ο συγγραφέας αναφέρει οικονομικά κίνητρα, τα οποία αφορούν την επιλογή αν θα ενταχθεί σε ένα δίκτυο ή μάλλον θα εφαρμόσει ένα νέο. Η τελευταία ομάδα περιλαμβάνει προκλήσεις όπως για παράδειγμα η διαλειτουργικότητα.

Αρκετοί συγγραφείς καθορίζουν τις προκλήσεις υιοθέτησης, οι οποίες πηγάζουν κυρίως από τεχνικές πτυχές όπως η επεκτασιμότητα ή η διαλειτουργικότητα, και από κοινωνικές πτυχές όπως γενικά, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι σε σύγκριση με την προηγούμενη ενότητα, όπου οι συγγραφείς δεν είναι ενωμένοι σχετικά με ορισμένες επιπτώσεις του blockchain, σε αυτήν την ενότητα συμφωνούν ομοιόμορφα σχετικά με τις κύριες πτυχές της υιοθέτησης του blockchain, όπως τα εμπόδια εισόδου ή οι κύριοι οδηγοί.

Ωστόσο, υπάρχει έλλειψη μελετών, που θα ερευνούσαν τις συγκεκριμένες περιπτώσεις, όπου είναι αποδοτική και έχει νόημα η εφαρμογή του blockchain. Ορισμένα δεδομένα είναι διαθέσιμα σε μικρή μερίδα της διαθέσιμης βιβλιογραφίας, αλλά σίγουρα απομένει σημαντικός χώρος για περαιτέρω μελέτες. Πλέον δε, η τεχνολογία του Blockchain έχει υιοθετηθεί σε πολλές πρακτικές επιχειρηματικές εφαρμογές. Μερικές εξ αυτών αυτά αποτελούν απόδειξη ιδεών, έργα beta και άλλα λειτουργούν ήδη ως επιχειρήσεις που παράγουν κέρδη. Ευθύς κατωτέρω θα εξετάσουμε ορισμένα από τα έργα αυτά.

Οι Jensen et al. εξέτασαν το TradeLens, μια πλατφόρμα που αναπτύχθηκε από την IMB και τη Maersk, για την παρακολούθηση εμπορευματοκιβωτίων αποστολής και σχετική τεκμηρίωση και ανέφερε πώς θα μπορούσε να προσφέρει επιχειρηματική αξία και να βοηθήσει στην επίλυση μη δασμολογικών φραγμών, όπως το κόστος, οι αβέβαιοι χρόνοι παράδοσης και οι ανησυχίες για την ασφάλεια. Στη συνέχεια, στην πλατφόρμα προστέθηκαν αρκετοί οργανισμοί, όπως αποστολείς, μεταφορείς εμπορευμάτων, λιμάνια, τερματικά, αερομεταφορείς ωκεανών, διατροφικοί φορείς και κυβερνητικές αρχές.

Πρόσφατα, ανακοινώθηκε ότι μια πρώτη τράπεζα θα συνδεθεί στην πλατφόρμα. Ωστόσο, αυτή η διαδικασία αντιμετωπίζει πολλές προκλήσεις, όπως νομικά προβλήματα ή την προθυμία άλλων μερών να συμμετάσχουν στην πλατφόρμα. Για παράδειγμα, η συμφωνία μεταξύ των συνεργαζόμενων μερών εξετάστηκε από την αντιμονοπωλιακή εκκαθάριση της FMC.

Η Gasser⁹⁶ τόνισε στη μελέτη της ότι η ναυτιλιακή βιομηχανία ήταν παραδοσιακά εντατική έρευνα και γεμάτη χειρωνακτική εργασία. Το Tradelens σίγουρα βοηθά στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και στον μετριασμό της ερευνητικής εργασίας. Μια άλλη πτυχή στην οποία βοηθά η Tradelens είναι η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο. Αναφέρθηκε επίσης ότι ένα δύσκολο κομμάτι του έργου είναι η διαλειτουργικότητα, έτσι ώστε τα δεδομένα να ανταλλάσσονται χωρίς προβλήματα.

Η Maersk, μια δανική ναυτιλιακή εταιρεία και ο μεγαλύτερος χειριστής εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο, εργάζεται επί του παρόντος εντατικά για τη δημιουργία εσόδων από το TradeLens. Σε μια ευαίσθητη αγορά όπως τα logistics, δεν είναι εύκολη υπόθεση. Η Maersk εξετάζει ένα μοντέλο στο οποίο πληρώνετε για δεδομένα που θέλετε να εξαγάγετε από το σύστημα και αποζημιώνεστε για τα δεδομένα που παρέχετε. Η μελέτη που διεξήχθη από τον Kshetri; Η Loukoianova (2019) εστιάζει καθαρά σε έργα που βασίζονται στην περιοχή της Ασίας, συγκεκριμένα την Accenture και τις ψηφιακές επιχειρήσεις, την Toyota, την Alibaba ή το JD.com.

Για άλλη μια φορά, οι συγγραφείς περιέγραψαν εν συντομία τα έργα και ανακάλυψαν ότι η υιοθέτηση του blockchain είναι πλέον πιο δικαιολογημένη για τα ακριβά προϊόντα. Αυτό το έγγραφο υποδεικνύει επίσης ότι το blockchain θα βελτιώσει τα κέρδη αποτελεσματικότητας εξαλείφοντας τη χειρωνακτική εργασία, θα παρέχει προέλευση και θα δημιουργήσει μια αλυσίδα φύλαξης.

Ένα ενδιαφέρον γεγονός είναι ότι το 2017, το 40% των νεοφυών επιχειρήσεων που έλαβαν κρατική χρηματοδότηση σχετίζονταν με blockchain και αποδεικνύει πόση δημοτικότητα έχει κερδίσει αυτή η τεχνολογία, ιδιαίτερα στην Ασία. Ένα έλλειμμα αυτής της εργασίας θα μπορούσε να θεωρηθεί η έλλειψη συμπαγούς χαρακτήρα και το γεγονός ότι οι συγγραφείς δεν αναφέρουν περιορισμούς ή προκλήσεις υιοθέτησης αυτών των μελετημένων έργων.

6.3 Μελέτη περίπτωσης: Modum

Η Modum είναι μια ελβετική εταιρεία που εξετάζει το πρόβλημα της ασφαλούς παράδοσης φαρμάκων. Η διανομή των φαρμάκων είναι μια εξαιρετικά ρυθμιζόμενη

⁹⁶Weinmayer, K., Gasser, S. and Eisl, A., 2019. Bitcoin and Investment Portfolios. In Business Transformation through Blockchain (pp. 171-195). Palgrave Macmillan, Cham.

διαδικασία και πρέπει να παρακολουθούνται διάφορες μεταβλητές κατά τη μεταφορά. Για παράδειγμα, η χρήση ειδικών οχημάτων, τα οποία διατηρούν σταθερή θερμοκρασία, είναι δαπανηρή. Έτσι, ανέπτυξαν μια λύση, η οποία μειώνει σημαντικά το κόστος μεταφοράς. Χρησιμοποιούν έναν συνδυασμό blockchain, AI και IoT. Τα καταγεγραμμένα δεδομένα μεταφέρονται στο blockchain του Ethereum και εάν πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις, ειδοποιούνται τα σχετικά μέρη. Πριν από λίγα χρόνια ανακοίνωσαν στενότερη συνεργασία με τα Swiss Post και άλλους σημαντικούς εταίρους.⁹⁷

Ειδικότερα, τον Μάιο του 2018, η Modum ανακοίνωσε τη συνεργασία με την Swiss Post για την παρακολούθηση των φαρμάκων κατά τη μεταφορά τους. Θεωρείται πιο απαιτητική διαδικασία από τη μεταφορά άλλων εμπορευμάτων, αφού υπάρχουν πολλοί κανονισμοί για τέτοιες μεταφορές, οι οποίοι πρέπει να τηρούνται.

Ο Thomas Wälchli, Διευθυντής της PostLogistic, σχολίασε ότι πολλές εταιρείες ταχυδρομικών υπηρεσιών αποφάσισαν να εγκαταλείψουν τη μεταφορά με φάρμακα επειδή οι συνθήκες είναι πολύ απαιτητικές. Η δημιουργία ενός στολίσκου οχημάτων που χρησιμοποιούνται μόνο για φαρμακευτικά προϊόντα θα ήταν αναποτελεσματική, γ' αυτό αναζήτησαν άλλη λύση. Αυτή ήταν η στιγμή που άρχισαν να συνεργάζονται με τη Modum, καθώς συνειδητοποίησαν ότι ίσως υπήρχε καλύτερος τρόπος συμμόρφωσης με αυτούς τους κανονισμούς.

Η ιδέα πίσω από αυτό είναι ότι υπάρχουν, για παράδειγμα, ορισμένα φάρμακα, τα οποία μπορούν να μεταφερθούν σε ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασίας και για συγκεκριμένο χρόνο. Εάν δεν υπάρχει τρόπος να το αποδείξετε, πρέπει να χρησιμοποιήσετε το συγκεκριμένο όχημα που είναι εξοπλισμένο με το σύστημα ψύξης. Ωστόσο, τι θα γινόταν αν ένα φάρμακο μεταφερόταν σε ένα τυπικό αυτοκίνητο και ο μεταφορέας μπορούσε να αποδείξει ότι όλες οι μετρούμενες μεταβλητές ήταν σε ένα επιτρεπόμενο εύρος;

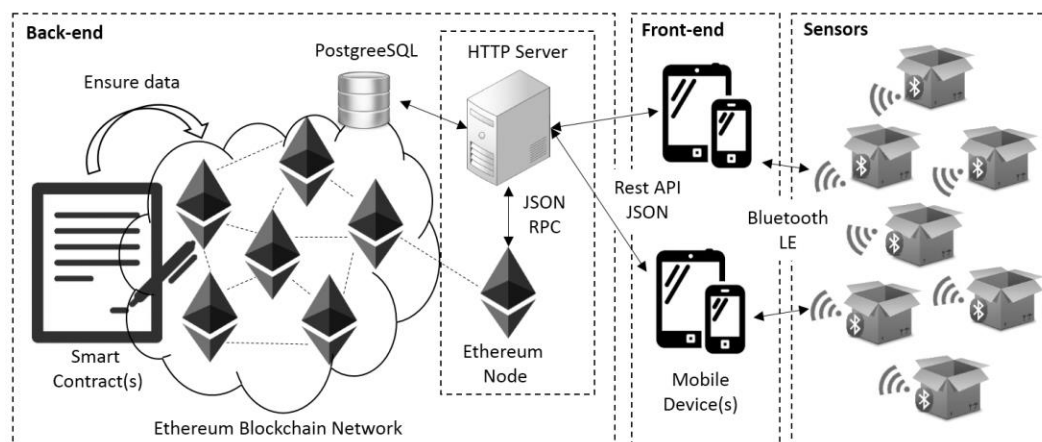
Η συσκευή τους παρακολουθεί συνεχώς διάφορες μεταβλητές κατά τη μεταφορά και τις καταγράφει στο blockchain. Μόλις ο παραλήπτης λάβει την αποστολή, σαρώνεται

⁹⁷Bocek, T., Rodrigues, B.B., Strasser, T. and Stiller, B., 2017, May. Blockchains everywhere-a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. In 2017 IFIP/IEEE symposium on integrated network and service management (IM) (pp. 772-777). IEEE.

ο κωδικός QR της συσκευής και αναγνωρίζεται αμέσως εάν η αποστολή μεταφέρθηκε σύμφωνα με τους κανονισμούς ή όχι. Το Blockchain παρέχει μια πιο διαφανή, ουδέτερη και στιβαρή αρχιτεκτονική από ό,τι αν τα δεδομένα θα καταγράφονταν σε μια κεντρική βάση δεδομένων.

Εκτός από αυτό, οι ταχυμεταφορείς έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίσουν δυναμικά το εύρος θερμοκρασίας σε μια εφαρμογή και να τοποθετήσουν τον αισθητήρα στο κουτί. Εκείνη τη στιγμή δημιουργείται ένα έξυπνο συμβόλαιο. Μετά τη λήψη ενός πακέτου, ελέγχει τα καταγεγραμμένα δεδομένα με τα εύρη που έχουν οριστεί σε μια εφαρμογή. Εάν όλα πήγαν καλά, το έξυπνο συμβόλαιο επικυρώνεται και τελικά η πληρωμή γίνεται.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει την τεχνική αρχιτεκτονική. Το back-end αποτελείται από δίκτυο Ethereum που ανταλλάσσει δεδομένα με έναν διακομιστή HTTP και η εφαρμογή front-end μπορεί να εγκατασταθεί σε μια συσκευή που επιτρέπει τη σάρωση κώδικα QR.



Πηγή: «Bocek et al. (2017)»

Το όφελος από την μεταφόρτωση δεδομένων απευθείας στο blockchain είναι, ότι με αυτόν τον τρόπο διασφαλίζεται πως τα δεδομένα δεν μπορούν να τροποποιηθούν. Τα κέντρα υγείας και οι άλλοι αγοραστές δεν χρειάζεται να εμπιστευόνται τον ταχυμεταφορέα ή τη Modum, αλλά μόνο το έξυπνο συμβόλαιο. Αρχικά, η εταιρεία επέλεξε το blockchain του Ethereum, αλλά στη συνέχεια ενσωμάτωσε και το Hyperledger Fabric.

Στα τέλη του 2017, η Modum άρχισε να συνεργάζεται με τη SAP, έναν από τους μεγαλύτερους παρόχους ERP παγκοσμίως, και η SAP εξετάζει το ενδεχόμενο να ενσωματώσει τη λύση της Modum στις τυπικές διαδικασίες εφοδιαστικής της. Ο Pascal Hagedorn, επικεφαλής του έργου στο SAP Co-Innovation Lab, σχολίασε: «Αυτό το καθιστά ελκυστική επέκταση σε άλλες λύσεις SAP για logistics, όπως το SAP Global Track and Trace. Στο πλαίσιο του έργου συν-καινοτομίας μας, επί του παρόντος εργαζόμαστε με το Modum για το πώς να το ενσωματώσουμε στον κόσμο των επιχειρηματικών διαδικασιών της SAP».

Μία επίσης προσφάτως αναφερθείσα συνεργασία είναι αυτή με την Horváth Partners, χάρις στην οποία η Modum αναμένει ότι θα μπορέσει να αξιοποιήσει μια σημαντική βάση πελατών. Ο Kai Gindner, ηγέτης της Horváth Partners στην Ελβετία, σχολίασε: «Είμαστε πλέον σε θέση να προσφέρουμε στους πελάτες μας σύνδεση από άκρο σε άκρο συνεργατών οικοσυστήματος, πλήρη διαφάνεια δικτύου εφοδιαστικής αλυσίδας και αξιόπιστη ιχνηλασιμότητα προϊόντων. Ως εκ τούτου, είναι ιδανικό για εμάς».

Συνοψίζοντας, η Modum αντιπροσωπεύει μια ισχυρή περίπτωση επιχειρηματικής εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το προϊόν τους βασίζεται στον συντονισμό διαφορετικών τεχνολογιών και τους δίνει τη δυνατότητα να πραγματοποιούν συγκεκριμένες ενέργειες με πολύ πιο αποτελεσματικό τρόπο και με λιγότερες απαιτήσεις σε πόρους.

Κεφάλαιο 7^ο: Συμπεράσματα

Στο παρόν και τελευταίο κεφάλαιο έχουν συλλεγεί και ταξινομηθεί τα συμπεράσματα που αντλήσαμε από την έρευνα μας στις εφαρμογές της τεχνολογίας blockchain στους τρεις επιχειρηματικούς κλάδους που επιλέξαμε. Η καινοτόμα και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία blockchain καταφέρνει με την αξία της να υποστηρίζει τον λόγο ύπαρξης της, καθώς και τους ρόλους που μπορεί να πάρει μέρος ώστε να εναρμονιστεί στη καθημερινότητά μας, είτε σε παρόντα αλλά είτε και σε νέα συστήματα. Το γεγονός αυτό δεν αναιρεί την αναγκαία υποχρέωσή των υπεύθυνων της ανάπτυξής της, να δώσουν λύσεις και να αντιμετωπίσουν ή τουλάχιστον να περιορίσουν προκλήσεις που εμποδίζουν την άμεση εφαρμογή της σε ορισμένα σημεία.

Ως μια τεχνολογία στην οποία έχουν βασιστεί πλατφόρμες με σκοπό τις συναλλαγές δεδομένων και κρυπτονομισμάτων, αν μη τι άλλο έχει τη δυνατότητα να διεκδικεί εφαρμογές σε χρηματοοικονομικές υπηρεσίες. Ο ίδιος της ο σχεδιασμός της προσφέρει χρήσιμα προτερήματα για αυτόν τον τομέα. Καθιστά την επαλήθευση των περιουσιακών στοιχείων δυνατή και αξιόπιστη μειώνοντας τον κίνδυνο απώλειάς τους και υπάρχει διαρκής διαθεσιμότητα λόγω της αποκέντρωσης. Το αμετάβλητο καθολικό επιτρέπει τη τήρηση αρχείων και αντιμετωπίζονται αδυναμίες όπου τα παρόντα συστήματα επιφέρουν υψηλά κόστη, καθώς και σημαντικοί χρηματοοικονομικοί τομείς βελτιώνουν τις πρακτικές τους. Μπορεί επίσης να εξασφαλίσει τη προστασία προσωπικών δεδομένων συνδυάζοντας τη διαφάνεια αλλά και το απόρρητο σε υψηλά επίπεδα. Επιπλέον με αυτοματοποιημένες λειτουργίες είναι ικανή να πετύχει σημαντική μείωση στο κόστος συναλλαγής μεταξύ των επιχειρήσεων και στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Παρόλα αυτά είναι χρήσιμο να σημειωθεί ότι πρέπει να ξεπεραστούν πολλά εμπόδια για να θεωρηθεί πλήρως αξία εμπιστοσύνης. Αρχικά απαιτούνται δαπάνες που θα παρέχουν τις κατάλληλες υποδομές ώστε να εφαρμοστεί στη μέγιστη απόδοση. Το αμετάβλητο καθολικό σε κάποιες περιπτώσεις είναι επίσημο καθώς είναι απόλυτα πιθανό να προκύψουν λάθη που προφανώς πολύ δύσκολα θα μπορούν να διορθωθούν. Ο όγκος των συναλλαγών ανά δευτερόλεπτο είναι πολύ μικρός σε σχέση με τα σημερινά δεδομένα με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη καθυστέρηση. Το γεγονός αυτό απαιτεί και κατάλληλες εφαρμογές που θα είναι σε θέση να εξισορροπούν το φορτίο και όχι να το επιβαρύνουν. Οι πλατφόρμες αν και μέσω της διαφορετικότητάς αποφέρουν εναλλακτικές σε μεγάλο εύρος περιπτώσεων χρήσης, έχουν δυσκολίες στην

επικοινωνία τους. Η συμπαγής και θωρακισμένη αλυσίδα του blockchain σε κατάλληλες συνθήκες μπορεί να δημιουργήσει έφορο έδαφος σε απειλές προς την ασφάλεια και εκμετάλλευσης ευπαθειών. Καλείται επίσης να εξασφαλίσει τη προστασία του απορρήτου που συγκρούεται σε ορισμένα σημεία με τη διαφάνεια. Τέλος, είναι εξίσου σημαντικό να κατασκευαστεί ένα νομικό και κανονιστικό πλαίσιο που θα συμμορφώνεται με τα αντίστοιχα σημερινά δεδομένα και θα προσφέρει αίσθημα εμπιστοσύνης και ασφάλειας.

Η αρχιτεκτονική και τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain αποδεικνύουν την ιδανική εφαρμογή της σε συστήματα που αφορούν το κλάδο της υγείας χωρίς βέβαια ξεφεύγουν από αρνητικά σενάρια που χρήζουν τρόπους αποφυγής. Η διαθεσιμότητα, η διαφάνεια, η ασφάλεια και η απόδοση των blockchain συστημάτων ταιριάζει με την ανάγκη διαφύλαξης και διαμοιρασμού ιατρικών δεδομένων. Το χαοτικό παρόν μοντέλο που δεν επιτρέπει στους υπεύθυνους της υγείας να έχουν πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα των ασθενών τους, αφού είναι συνήθως διάσπαρτα σε διαφορετικά κέντρα, είναι ελαττωματικό καθώς είναι πολύ εύκολο να παραληφθούν απαραίτητα στοιχεία για τη σωστή περίθαλψη του ασθενούς. Επιπλέον, η λειτουργία του μηχανισμού υγείας έχει συνεχώς να αντιμετωπίσει αναξιόπιστες πηγές γνώσης αλλά και περιπτώσεις απάτης από ψεύτικες ασφαλιστικές εταιρείες μέχρι και εμπόριο πλαστών φαρμάκων. Το blockchain είναι ικανό να φωτίσει τα σκοτεινά σημεία που ζημιώνουν το κλάδο της υγείας και να τον θωρακίσει.

Υπάρχουν όμως κάποια ζητήματα που δυσκολεύουν την υιοθέτηση του blockchain στην υγεία. Είναι γεγονός ότι το μεγάλο μέγεθος των ιατρικών δεδομένων θέτει σε κίνδυνο υπερφόρτωσης του καθολικού και πρέπει να εφαρμοστεί εναλλακτικός τρόπος αποθήκευσης των δεδομένων που μπορεί να βαρύνουν την απόδοση συστημάτων. Ένα ακόμη κρίσιμο ζήτημα είναι η διαχείριση κωδικών πρόσβασης καθώς και η εξοικείωση των ασθενών με τέτοιου είδους διεπαφές που γενούν ερωτήματα για περιπτώσεις που οι ασθενείς δεν είναι σε θέση να ανταποκριθούν είτε λόγω της ίδιας της ασθένειας είτε λόγω άγνοιας.

Έχει λάβει μέρος ένα σημαντικό πλήθος ερευνητικών ομάδων ώστε να αναλύσουν και να μελετήσουν οφέλη και εμπόδια της εφαρμογής της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η οργανωτική τεχνολογία, όπως πως έχει χαρακτηριστεί, παρουσιάζει από ενδείξεις θετικό αντίκτυπο σε πολλές μεταβλητές και στοιχεία που

διαμορφώνουν τις λειτουργίες μιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Σημειώνεται θετική επίδρασή στο κόστος, τη ταχύτητα, την αξιοπιστία και τη βιωσιμότητα. Η δυνατότητα της αποκέντρωσης προσφέρει ασφάλεια και προσβασιμότητα στα συστήματα και η διαχείριση δεδομένων γίνεται πιο ευέλικτη με αποτέλεσμα να συνεισφέρει και στη καλύτερη ποιότητα των στόχων. Ο πιο άμεσος έλεγχος της πορείας των αγαθών και υπηρεσιών προσφέρει ενεργοποιεί μηχανισμούς ιχνηλασιμότητας που μπορούν να αποτρέψουν ή να διορθώσουν σφάλματα και να φροντίζουν για γρήγορες, ασφαλείς και με μεγαλύτερη ακρίβεια διαδικασίες. Συνεπώς, ο μετριασμός των κινδύνων, εγκλημάτων, παραποιημένων προϊόντων και διαφθοράς είναι ένας στόχος που γενικά αποσκοπεί ένα σύστημα blockchain. Επιπλέον, ο συνδυασμός της με τεχνολογίες όπως Big Data και IoT μπορούν να δημιουργήσουν πιο αποδοτικά συστήματα ως προς την διασφάλιση της σωστής λειτουργίας, διευκόλυνσης των συναλλαγών και της αυτοματοποίησης. Η περίπτωση της εταιρίας Modum η οποία εφάρμοσε τη τεχνολογία blockchain, AI και IoT είναι ένα πολύ χρήσιμο παράδειγμα που παρουσιάζει την αποτελεσματικότητα τέτοιων συστημάτων.

Ωστόσο ορισμένες ομάδες ερευνητών κατέγραψαν εμπόδια, προκλήσεις καθώς και ορισμένοι βρέθηκαν εντελώς αντίθετοι στη χρήση της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η διαφάνεια σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί από προτέρημα να οδηγήσει σε αθέμητες καταστάσεις, όπως η αποκάλυψη δεδομένων και πληροφοριών, πράγμα που θα προκαλούσε αρνητικές αντιδράσεις από τους άμεσα ενδιαφερόμενους. Όπως έχει προαναφερθεί και στους άλλους τομείς, έτσι κι εδώ η τεχνολογία blockchain υστερεί σε θέματα επεκτασιμότητας και συντήρησης των έξυπνων συμβολαίων. Ένα νέο θέμα που γεννά αμφιβολίες είναι ότι η αυτοματοποίηση ορισμένων λειτουργιών μπορεί να διαγράψει θέσεις εργασίας και να έρθει αντιμέτωπη με το εργατικό δυναμικό. Γενικά η υιοθέτηση της σε αυτό το κλάδο προϋποθέτει την καθιέρωση προτύπων και πρωτοκόλλων από όλους. Αυτό σημαίνει σε διαφορετικές χώρες με διαφορετικούς νόμους, διαφορετικές επιχειρήσεις με διαφορετικές πολιτικές και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι είναι μια νέα τεχνολογία, δημιουργείται έτσι κύματα επιφυλάξεων και αμφιβολιών.

Βιβλιογραφία

A. Dubovitskaya, Z. Xu, S. Ryu, M. Schumacher, and F. Wang, "Secure and trustable electronic medical records sharing using blockchain," in AMIA Annual Symposium Proceedings, vol. 2017. American Medical Informatics Association, 2017.

A. Lewis, "A gentle introduction to smart contracts I Bits on blocks," Bits on blocks, 2016.

A. Morrison, "How smart contracts automate digital business," PwC, 2016. Διαθέσιμο στο :<http://usblogs.pwc.com/emerging-technology/how-smart-contracts-automate-digital-business/>.

A. Rosic, "Smart contracts: The blockchain technology that Will replace lawyers," <https://blockgeeks.com/guides/smart-contracts/> Journal of Scientific and Engineering Research 540 Sadiku MNO et al Journal of Scientific and Engineering Research, 2018, 5(5):538-541.

A. Savelyev, "Contract law 2.0: 'Smart' contracts as the beginning of the end of classic contract law," Information & Communications Technology Law, vol. 26, no. 2, 2017, pp 116-134.

A. Wright and P. De Filippi, "Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia." 10-Mar-2015.

Androulaki, E.; Karame, G.O.; Roeschlin, M.; Scherer, T.; Capkun, S. Evaluating user privacy in bitcoin. In Proceedings of the International Conference on Financial Cryptography and Data Security, Okinawa, Japan, 1–5 April 2013; pp. 34–51.

B. Dickson, "Blockchain's brilliant approach to cybersecurity I VentureBeat," 2017.

Beck, R., Avital, M., Rossi, M. and Thatcher, J.B., 2017. Blockchain technology in business and information systems research. Business & information systems engineering, 59(6), pp.381-384.

Behnke, K. and Janssen, M.F.W.H.A., 2020. Boundary conditions for traceability in food supply chains using blockchain technology. International Journal of Information Management, 52, p.101969.

Bocek, T., Rodrigues, B.B., Strasser, T. and Stiller, B., 2017, May. Blockchains everywhere-a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. In 2017 IFIP/IEEE symposium on integrated network and service management (IM) (pp. 772-777). IEEE.

C. Catalini et al., "Some Simple Economics of the Blockchain," 2017.

C. Pirtle and J. Ehrenfeld, "Blockchain for healthcare: The next generation of medical records?, DOI: 10.1007/s10916-018-1025-3," 2018.

C.Brodersen,B.Kalis,C.Leong,E.Mitchell,E.Pupo,A.Truscott,andL.Ac- centure, "Blockchain: Securing a new health interoperability experience," ed: Accenture LLP, 2016.

Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S. and Kalyanaraman, V., 2016. Blockchain technology: Beyond bitcoin. Applied Innovation, 2(6-10), p.71.

- D. Furlonger and R. Valdes, "Practical Blockchain: A Gartner Trend Insight Report," *Gart. Res.*, vol. G00325933, no. March, p. 3, 2017.
- D. Schatsky, "Getting smart about smart contracts I Deloitte US I CFO Program," Deloitte LLP, 2016.
- De Meijer, C.R., 2016. The UK and Blockchain technology: A balanced approach. *Journal of Payments Strategy & Systems*, 9(4), pp.220-229.
- DuPont, Q. and Maurer, B., 2015. Ledgers and Law in the Blockchain. *Kings Review*, 23.
- E.Funk,J.Riddell,F.Ankel,andD.Cabrera,“Blockchain technology: A data framework to improve validity, trust, and accountability of information exchange in health professions education,” *Academic Medicine*, vol. 93, no. 12, pp. 1791–1794, 2018.
- F. (Fergus W. . Ryan, *Contract law*. Thompson Round Hall, 2006.
- Fosso Wamba, S., Kala Kamdjoug, J.R., Epie Bawack, R. and Keogh, J.G., 2020. Bitcoin, Blockchain and Fintech: a systematic review and case studies in the supply chain. *Production Planning & Control*, 31(2-3), pp.115-142.
- Galvez, J.F., Mejuto, J.C. and Simal-Gandara, J., 2018. Future challenges on the use of blockchain for food traceability analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 107, pp.222-232.
- Gausdal, A.H., Czachorowski, K.V. and Solesvik, M.Z., 2018. Applying blockchain technology: Evidence from Norwegian companies. *Sustainability*, 10(6), p.1985.
- Goldberg, I. On the security of the Tor authentication protocol. In *Proceedings of the International Workshop On Privacy Enhancing Technologies*, Cambridge, UK, 28–30 June 2006; pp. 316–331.
- Guo, Y. and Liang, C., 2016. Blockchain application and outlook in the banking industry. *Financial innovation*, 2(1), pp.1-12.
- H. Farahmand, "A Technical Primer for Assessing a Blockchain Platform," *Gart. Res.*, no. March, 2017.
- H. I. News. (2018) The biggest healthcare data breaches of 2018 (so far). <https://www.healthcareitnews.com/projects/biggest-healthcare-data-breaches-2018-so-far>.
- H. K. Patil and R. Seshadri, “Big data security and privacy issues in healthcare,” in *2014 IEEE International Congress on Big Data*. IEEE, 2014, pp. 762–765.
- H. Li, L. Zhu, M. Shen, F. Gao, X. Tao, and S. Liu, “Blockchain-based data preservation system for medical data,” *Journal of medical systems*, vol. 42, no. 8, 2018.
- Helo, P. and Shamsuzzoha, A.H.M., 2020. Real-time supply chain—A blockchain architecture for project deliveries. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 63, p.101909.
- Hendriksen, R.S., Munk, P., Njage, P., Van Bunnik, B., McNally, L., Lukjancenko, O., Röder, T., Nieuwenhuijse, D., Pedersen, S.K., Kjeldgaard, J. and Kaas, R.S., 2019. Global monitoring

of antimicrobial resistance based on metagenomics analyses of urban sewage. *Nature communications*, 10(1), pp.1-12.

Hillbom, E., and Tillström, T., 2016. Applications of Smart contracts and smart property utilizing blockchains (Doctoral dissertation, Masters of Science Thesis in Computer Science, Chalmers University of Technology and University of Gothenburg, Sweden. February).

I. BARTON. (2018) Leveraging technology and education in the pharmaceutical industry. <https://www.healthcareglobal.com/pharmaceutical/leveraging-technology-and-education-high-stakes-fight-against-fake-medicines>.

Irannezhad, E., 2020. Is blockchain a solution for logistics and freight transportation problems?. *Transportation Research Procedia*, 48, pp.290-306.

K. Koshechkin, G. Klimenko, I. Ryabkov, and P. Kozhin, "Scope for the application of blockchain in the public healthcare of the Russian Federation," *Procedia Computer Science*, vol. 126, pp. 1323–1328, 2018.

K. N. Griggs, O. Ossipova, C. P. Kohlios, A. N. Baccarini, E. A. Howson, and T. Hayajneh, "Healthcare blockchain system using smart contracts for secure automated remote patient monitoring," *Journal of medical systems*, vol. 42, no. 7, 2018.

K. R. Valdes Ray, Furlonger David, "The Evolving Landscape of Blockchain Technology Platforms," *Gart. Res.*, no. March, 2017.

Kakavand, H., Kost De Sevres, N. and Chilton, B., 2017. The blockchain revolution: An analysis of regulation and technology related to distributed ledger technologies. Available at SSRN 2849251.

Kiviat, T.I., 2015. Beyond bitcoin: Issues in regulating blockchain transactions. *Duke LJ*, 65, p.569.

Kshetri, N., 2018. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of information management*, 39, pp.80-89.

Kumar, K.S., Rajeswari, R., Vidyadhari, C. and Kumar, B.S., 2020, December. Mathematical modeling approaches for blockchain technology. In *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 981, No. 2, p. 022001). IOP Publishing.

L. A. Linn and M. B. Koo, "Blockchain for health data and its potential use in health IT and health care related research," in *ONC/NIST Use of Blockchain for Healthcare and Research Workshop*. Gaithersburg, Maryland, United States: ONC/NIST, 2016.

M. L. Anderson, K. Chiswell, E. D. Peterson, A. Tasneem, J. Topping, and R. M. Califf, "Compliance with results reporting at clinicaltrials.gov," *New England Journal of Medicine*, vol. 372, no. 11, pp. 1031–1039, 2015.

M. Iansiti and K. R. Lakhani, "The Truth About Blockchain," *Harvard Business Review*, 2017. [Online]. Available: <https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain>.

M. Wöhler and U. Zdun, "Smart contracts: Security patterns in the Ethereum ecosystem and solidity," Proceedings of the International Workshop on Blockchain Oriented Software Engineering, 2018, pp. 2- 8.

Marino, B., & Juels, A. (2016, July). Setting standards for altering and undoing smart contracts. In International Symposium on Rules and Rule Markup Languages for the Semantic Web (pp. 151-166). Springer, Cham.

N. Szabo, "Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets," 1996.

Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A. and Goldfeder, S., 2016. Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction. Princeton University Press.

Nasir, M.H.; Arshad, J.; Khan, M.M.; Fatima, M.; Salah, K.; Jayaraman, R. Scalable blockchains—A systematic review. *Future Gener. Comput. Syst.* 2022, 126, 136–162

P. A. Laplante, M. Kassab, N. L. Laplante, and J. M. Voas, "Building caring healthcare systems in the internet of things," *IEEE Systems Journal*, vol. 12, no. 3, pp. 3030–3037, 2018.

S. Angraal, H. M. Krumholz, and W. L. Schulz, "Blockchain technology: applications in health care," *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, vol. 10, no. 9, 2017.

S. Baghla, "Origin of Bitcoin: A brief history from 2008 crisis to present times," 2017. [Online]. Available: <https://analyticsindiamag.com/origin-bitcoin-brief-history/>.

S. L. Cichosz, M. N. Stausholm, T. Kronborg, P. Vestergaard, and O. Hejlesen, "How to use blockchain for diabetes health care data and access management: an operational concept," *Journal of diabetes science and technology*, vol. 13, no. 2, pp. 248–253, 2018.

S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System," 2008.

Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J. and Shen, L., 2019. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), pp.2117-2135.

Saleem, M. A. (2017). The impact of socio-economic factors on small business success. *Geografia- Malaysian Journal of Society and Space*, 8(1)

Sasson, E.B.; Chiesa, A.; Garman, C.; Green, M.; Miers, I.; Tromer, E.; Virza, M. Zerocash: Decentralized Anonymous Payments from Bitcoin. In Proceedings of the Symposium on Security and Privacy, Berkeley, CA, USA, 18–21 May 2014.

Seijas, P. L., Thompson, S. J., & McAdams, D., 2016. Scripting smart contracts for distributed ledger technology. *IACR Cryptology ePrint Archive*, 2016, 1156.

Song, J.M., Sung, J. and Park, T., 2019. Applications of blockchain to improve supply chain traceability. *Procedia Computer Science*, 162, pp.119-122.

Sun, S.F.; Au, M.H.; Liu, J.K.; Yuen, T.H. Ringct 2.0: A compact accumulator-based (linkable ring signature) protocol for blockchain cryptocurrency monero. In Proceedings of the European Symposium on Research in Computer Security, Oslo, Norway, 11–15 September 2017; pp. 456–474.

- Tönnissen, S. and Teuteberg, F., 2020. Analysing the impact of blockchain-technology for operations and supply chain management: An explanatory model drawn from multiple case studies. *International Journal of Information Management*, 52, p.101953.
- Treiblmaier, H., 2018. The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. *Supply chain management: an international journal*.
- V. Grewal-Carr and S. Marshall, "Blockchain Enigma. Paradox. Opportunity," Deloitte LLP, 2016.
- V. Patel, "A framework for secure and decentralized sharing of medical imaging data via blockchain consensus," *Health informatics journal*, 1460458218769699, 2018.
- V. Patel, W. Barker, and E. Siminerio, "Trends in consumer access and use of electronic health information," *ONC Data Brief*, vol. 30, 2015.
- V. Shermin, "Disrupting governance with blockchains and smart contracts," *Strategic Change*, vol. 26, no. 5, 2017, pp. 499–509.
- W. Kersten, T. Blecker, C. M. Ringle, N. Hackius, and M. Petersen, "Published in: Digitalization in Supply Chain Management and Logistics Blockchain in Logistics and Supply Chain: Trick or Treat?," vol. 9783745043280, 2017.
- W.Gordon,A.Wright,andA.Landman,"Blockchaininhealthcare:Decoding the hype," *New England Journal of Medicine Catalyst*. Retrieved from <http://catalyst.nejm.org/decoding-blockchain-technology-health>, 2017.
- Walsh, C., O'Reilly, P., Gleasure, R., Feller, J., Li, S. and Cristoforo, J., 2016. New kid on the block: a strategic archetypes approach to understanding the Blockchain.
- Wang, Y., Singgih, M., Wang, J. and Rit, M., 2019. Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains?. *International Journal of Production Economics*, 211, pp.221-236.
- Weinmayer, K., Gasser, S. and Eisl, A., 2019. Bitcoin and Investment Portfolios. In *Business Transformation through Blockchain* (pp. 171-195). Palgrave Macmillan, Cham.
- Workie, H. and Jain, K., 2017. Distributed ledger technology: Implications of blockchain for the securities industry. *Journal of Securities Operations & Custody*, 9(4), pp.347-355.
- X. Yue, H. Wang, D. Jin, M. Li, and W. Jiang, "Healthcare data gateways: found healthcare intelligence on blockchain with novel privacy risk control," *Journal of medical systems*, vol. 40, no. 10, 2016.
- X. Zheng, A. Vieira, S. L. Marcos, Y. Aladro, and J. Ordieres-Meré, "Activity-aware essential tremor evaluation using deep learning method based on acceleration data," *Parkinsonism & related disorders*, vol. 58, pp. 17–22, 2018.
- Xi, D., O'Brien, T.I. and Irannezhad, E., 2020. Investigating the investment behaviors in cryptocurrency. *The Journal of Alternative Investments*, 23(2), pp.141-160.

Yadav, G., Kumar, A., Luthra, S., Garza-Reyes, J.A., Kumar, V. and Batista, L., 2020. A framework to achieve sustainability in manufacturing organisations of developing economies using industry 4.0 technologies' enablers. *Computers in industry*, 122, p.103280.

Zheng, Z.; Xie, S.; Dai, H.N.; Chen, X.; Wang, H. Blockchain challenges and opportunities: A survey. *Int. J. Web Grid Serv.* 2018, 14, 352–375.

Zhu, Y., Guo, R., Gan, G. and Tsai, W.T., 2016, June. Interactive incontestable signature for transactions confirmation in bitcoin blockchain. In *2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)* (Vol. 1, pp. 443-448). IEEE.