



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ
ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

**«Εφαρμογή Τεχνολογίας Blockchain
στην εφοδιαστική αλυσίδα»**

Μεταπτυχιακή Εργασία

ΤΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

(Α.Μ. : 00803)

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΖΙΡΙΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΛΑΜΙΑ 2022



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE SUPPLY CHAIN ...

TSINOPOULOS IOANNIS

Master thesis

TZIRITAS NIKOLAOS

Lamia 2022

[2]

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο [«τίτλος εργασίας»] αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο ΔΗΛΩΝ

ΤΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Ημερομηνία

08/12/2022

Υπογραφή

ΤΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Τριμελής Επιτροπή:

ΤΖΙΡΙΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΚΟΛΟΜΒΑΤΣΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΛΟΥΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Επιστημονικός Σύμβουλος:

ΤΖΙΡΙΤΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η μελέτη της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα φαίνεται να αυξάνει την αποτελεσματικότητα της επιχείρησης και να είναι επωφελείς για μεγάλο αριθμό παραγόντων που επηρεάζουν το σύστημα όπως οι επιχειρήσεις, οι προμηθευτές, οι εργαζόμενοι και οι πελάτες. Συγχρόνως, η χρήση του blockchain προσφέρει μειωμένο χρόνο συναλλαγής, βελτίωση ορατότητας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού καθώς και βελτιωμένη συνδεσιμότητα. Επιπροσθέτως, με την τεχνολογία blockchain ενδυναμώνονται χαρακτηριστικά όπως η ασφάλεια, η ανθεκτικότητα, η προέλευση, η διαχείριση διαδικασιών και η διαχείριση προϊόντων. Ωστόσο, υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί αναφορικά με τους κινδύνους που πρέπει να αντιμετωπιστούν όπως η ανάπτυξη εφαρμογών, η πολυπλοκότητα των δεδομένων η διαχείριση της αποκέντρωσης τα υψηλότερα υπολογιστικά έξοδα, η πιθανή μη σταδιακή ενημέρωση και άλλα.

Πιθανές λύσεις που προτείνονται για εξάλειψη των κινδύνων είναι η δημιουργία ισχυρών σχέσεων και η διάφανη εφοδιαστική αλυσίδα ενώ, συγχρόνως η εξατομικευμένη εξυπηρέτηση και η δυνατότητα ελέγχου λειτουργούν αποτελεσματικά για την αποφυγή προβλημάτων σε εφαρμογές τεχνολογίας blockchain. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ο CoVID-19 έχει τονίσει σημαντικά την αξία της ανθεκτικότητας και της αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ωστόσο, χρειάζεται προσήλωση και διαφάνεια σε όλο το λειτουργικό κομμάτι ώστε να αποφευχθούν κίνδυνοι που μπορούν να φέρουν στην επιχείρηση μη αναστρέψιμα αποτελέσματα.

Στην παρούσα έρευνα μελετήθηκαν βασικοί ορισμοί για να προσεγγιστεί εννοιολογικά και πολύπλευρα η τεχνολογία blockchain όπως αρχιτεκτονική, ταξινόμηση συστημάτων, σύγκριση τύπων, πρωτόκολλα και η περίπτωση του Bitcoin και Ethereum. Έπειτα, διερευνήθηκε η σύνδεση των τεχνολογιών blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα και εξετάστηκε μια σειρά πρακτικών εφαρμογών.

Λέξεις-κλειδιά: blockchain, εφοδιαστική αλυσίδα, αποτελεσματικότητα.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	8
Σκοπός.....	10
Κεφάλαιο 1°.....	11
1.1 Η τεχνολογία Blockchain.....	11
1.2 Βασικά χαρακτηριστικά του blockchain.....	15
1.3 Αρχιτεκτονική blockchain.....	16
1.4 Ταξινόμηση συστημάτων blockchain.....	17
1.3.1 Δημόσιο Blockchain.....	17
1.3.2 Ιδιωτικό Blockchain.....	18
1.3.3 Blockchain κοινοπραξίας.....	18
1.3.4 Σύγκριση τύπων blockchain.....	19
1.4 Πρωτόκολλα blockchain.....	22
1.4.1 Proof-of-Work, (PoW).....	22
1.4.2 Byzantine Fault Tolerance (BFT).....	24
1.4.3 PoW έναντι BFT.....	25
Πίνακας 1. Σύγκριση PoW έναντι BFT.....	25
Κεφάλαιο 2 °.....	28
2.1 Δίκτυο Bitcoin.....	28
2.1.1 Πλεονεκτήματα των bitcoins.....	29
2.1.2 Κίνδυνοι του Bitcoin.....	31
2.2 Ethereum.....	33
2.3 Πορτοφόλια Λογισμικού (Software wallets).....	35
Κεφάλαιο 3 °.....	38
3.1 Σύγχρονη αλυσίδα εφοδιασμού έναντι παραδοσιακής.....	38
3.2 Οφέλη της ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας.....	39
3.3 Εφαρμογή τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα.....	42

3.4 Περιορισμοί και πιθανές λύσεις στην εφαρμογή.....	50
3.5 Εφαρμογή τεχνολογίας blockchain σε περιόδους COVID-19	57
Κεφάλαιο 4°	60
4.1 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί σε παραδείγματα εφαρμοσμένης τεχνολογίας blockchain	60
4.2 Περιπτώσεις εφαρμογής τεχνολογίας blockchain την εφοδιαστική αλυσίδα	64
4.2.1 Πληρωμές προμηθευτών αυτοκινήτων.....	64
4.2.2 Ιχνηλασιμότητα κρέατος	64
4.2.3 Μικροδίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	65
4.2.4 Προσφορές και εκτέλεση συμβάσεων βάσει RFID.....	65
4.2.5 Παρακολούθηση τροφίμων και φαρμακευτικών προϊόντων.....	66
4.2.6 Nestlé.....	66
4.2.7 Cermaq και η Labeyrie	67
4.2.8 El Ordeño	67
4.2.9 Organo	68
4.2.10 Φοινικέλαιο της Μαλαισίας (MPOC).....	68
4.2.11 Maersk.....	68
4.2.12 CargoX	69
4.2.13 Walmart.....	70
4.2.14 Bext360	73
Κεφάλαιο 5ο.....	75
Συμπεράσματα.....	75
Βιβλιογραφία.....	78
Ξένη βιβλιογραφία	78
Ελληνική βιβλιογραφία	84
Διαδικτυακή βιβλιογραφία	84

Εισαγωγή

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τον 20ο αιώνα, η εξάρτηση των επιχειρήσεων από τις αλυσίδες εφοδιασμού έχει αυξηθεί. Οι αλυσίδες εφοδιασμού έχουν γίνει μια ζωτική επιχειρηματική διαδικασία που μπορεί να ενθαρρύνει την ανταγωνιστικότητα μιας επιχείρησης στην αγορά. Πρόσφατα μάλιστα, τονίστηκε ότι η επιτυχία μιας εταιρείας βασίζεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ των ροών πληροφοριών, υλικών, εργαζομένων και κεφαλαιουχικού εξοπλισμού. Τα «logistics» έχουν παίξει σημαντικό ρόλο στην επίτευξη μιας αποτελεσματικής πρότασης αξίας στους πελάτες. Συγκεκριμένα, φαίνεται να είναι απαραίτητα για τη δημιουργία επιχειρηματικής αξίας καθώς τα logistics ορίστηκαν ως «*Η ολοκληρωμένη διαχείριση αγορών, μεταφοράς και αποθήκευσης σε λειτουργική βάση*» (Eljazzar, et al., 2018).

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας χρησιμοποιήθηκε για δεκαετίες για την παράδοση αγαθών. Αργότερα, η έννοια της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας άλλαξε από την εστίαση μόνο στα logistics για να γίνει υποχρεωτική η παρακολούθηση και η διαχείριση άλλων ροών εντός της αλυσίδας εφοδιασμού. Τέτοιες ροές περιλαμβάνουν, ροή χρήματος και ροή πληροφοριών. Καθημερινά παράγονται δισεκατομμύρια προϊόντα που εκτείνονται σε όλο το κόσμο διαμέσου πολύπλοκων συστημάτων αλυσίδων εφοδιασμού. Ωστόσο, υπάρχουν πολλά ερωτήματα σχετικά με αυτά τα προϊόντα.

Για παράδειγμα, πώς, πότε και πού δημιουργήθηκαν, κατασκευάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν αυτά τα προϊόντα κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους. Ακόμη και πριν φτάσουν στον τελικό καταναλωτή, τα αγαθά διέρχονται από ένα ευρύ δίκτυο λιανοπωλητών, διανομέων, μεταφορέων, αποθεμάτων και προμηθευτών που συμμετέχουν σε κάθε διαδικασία της αλυσίδας εφοδιασμού, δηλαδή σχεδιασμός, παραγωγή, παράδοση, πωλήσεις κ.λπ. (Eljazzar, et al., 2018).

1. Οι αλυσίδες μπλοκ είναι ουσιαστικά μια εξέλιξη των τεχνολογιών βάσεων δεδομένων που αποτελούνται από έναν νέο συνδυασμό προηγούμενων τεχνολογιών: «*Τεχνολογίες κατανεμημένου καθολικού (DLT) που περιέχουν μια λίστα συναλλαγών που έχουν μόνο προσαρτήματα, με χρονική σήμανση που υποστηρίζονται από κρυπτογραφία και μηχανισμούς συναίνεσης για τη διασφάλιση της ασφάλειας, της εγκυρότητας και της μόνιμης αποθήκευσης αμετάβλητων εγγραφών σε ένα δίκτυο peer-to-peer (P2P)*». Ενώ υπάρχουν ξεχωριστά στοιχεία

(π.χ. DLT και P2P) των τεχνολογιών blockchain για δεκαετίες είναι ο μοναδικός συνδυασμός DLT και δίκτυα P2P, που προστατεύονται από τη χρήση προηγμένων μηχανισμών κρυπτογραφίας και συναίνεσης και έχουν ωθήσει τις τεχνολογίες blockchain στην επόμενη εξέλιξη αξιόπιστων, ανεκτικών σφαλμάτων και ασφαλών συστημάτων αρχείων. Μάλιστα, φαίνεται να έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο διεξάγεται η αλληλουχία των διεργασιών στις επιχειρήσεις παγκοσμίως. Πολλές ψηφιακές διοργανωτικές αλληλεπιδράσεις βασίζονται σε πολλαπλά, αποσυνδεδεμένα και κεντρικά συστήματα μεταξύ εμπορικών εταίρων που απαιτούν συντονισμό, συμφιλίωση και εμπιστοσύνη με τους συμμετέχοντες για να διασφαλιστεί ότι δεν θα συμβούν δόλιες συναλλαγές σε όλο το δίκτυο (Falcone, et al., 2021).

Για να μετριαστούν αυτά τα προβλήματα, πολλές συναλλαγές πραγματοποιούνται μέσω αξιόπιστων τρίτων μερών, δηλαδή μεσάζοντες, όπως τράπεζες ή μεσίτες που αναλαμβάνουν τη διαχείριση του πιθανού κινδύνου οπότε διαχειρίζονται και επικυρώνουν τις συναλλαγές μεταξύ δύο συμμετεχόντων με αντάλλαγμα ένα μέρος της συναλλαγής. Οι εφαρμογές blockchain υπόσχονται ότι ο τρόπος αλληλεπίδρασης των οργανισμών να αλλάξει θεμελιωδώς, αφαιρώντας την ανάγκη για αξιόπιστα τρίτα μέρη και βασίζονται στην αλγοριθμική εμπιστοσύνη που είναι ενσωματωμένη στην εφαρμογή της blockchain, η οποία έχει συγκεντρώσει το όνομα «η μηχανή εμπιστοσύνης» στον δημοφιλή τύπο. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με Falcone, et al., (2021), οι τεχνολογίες blockchain:

2. Επιτρέπουν στους συμμετέχοντες να αλληλεπιδρούν απευθείας αντί μέσω τρίτου μέρους.
3. Εξαλείφουν της ανάγκη για συμφωνία λόγω ενός κοινόχρηστου, με χρονική σφραγίδα και αμετάβλητου βιβλίου συναλλαγών
4. Παρέχουν άμεσα διαφάνεια και προέλευση των δεδομένων μιας συναλλαγής
5. Επιτρέπουν τον διακανονισμό συναλλαγών ταχύτερα και φθηνότερα αυτοματοποιώντας τις συναλλαγές και αφαιρώντας τρίτα μέρη και
6. Δημιουργούν μια δομή δεδομένων που είναι ανεκτική σε σφάλματα, ανθεκτική και διαρκώς διαθέσιμη σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο (Falcone, et al., 2021).

Επιπροσθέτως σύμφωνα με τους Rejeb, et al., (2021), η τεχνολογία blockchain θεωρείται πρωτοποριακή γιατί πρώτον, το blockchain έχει αναδειχθεί ως μια νέα οριακή συνθήκη που δημιουργεί νέα πλαίσια και έννοιες για επιχειρηματικά

μοντέλα, οργανωτικές μορφές και δομές διακυβέρνησης, ενώ διευκολύνει βελτιώσεις στη διαχείριση πόρων, την ιχνηλασιμότητα, την ασφάλεια και τη διαφάνεια δεδομένων. Δεύτερον, το blockchain αλλάζει τη σχέση μεταξύ των μερών στις συναλλαγές και επιτρέπει την ενσωμάτωση των συμμετεχόντων σε ένα δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ παράλληλα ενισχύει τη συνεργασία μεταξύ τους. Τρίτον, η τεχνολογία blockchain προσφέρει τη δυνατότητα να μετασχηματίζει ριζικά τις τρέχουσες επιχειρηματικές δραστηριότητες στα logistics ενισχύοντας τη βιωσιμότητα και εξορθολογίζοντας τις οργανωτικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένης της διανομής, της εκπλήρωσης παραγγελιών, της πληρωμής για ενδιάμεσα αγαθά και της μετάδοσης πληροφοριών.

Σκοπός

Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι η μελέτη της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο σκοπός αυτός θα διεξαχθεί ανασκόπηση σε ελληνική και ξένη βιβλιογραφία για την εννοιολογική οριοθέτηση της τεχνολογίας blockchain, των βασικών χαρακτηριστικών της και ταξινόμηση των συστημάτων της. Επιπροσθέτως, θα γίνει μελέτη του δικτύου Bitcoin καθώς και ενδελεχής έρευνα στην επίδραση της τεχνολογίας blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού συγκρίνοντας την με την παραδοσιακή παραθέτοντας τα οφέλη αλλά και τυχόν περιορισμούς.

Ερευνητικά ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα που προκύπτουν για την παρούσα έρευνα είναι:

- Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας blockchain και πώς αυτή επιδρά στις συναλλαγές.
- Διερεύνηση των επιδράσεων της τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα.
- Μελέτη περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Κεφάλαιο 1^ο

1.1 Η τεχνολογία Blockchain

Η τεχνολογία Blockchain και τα καταναμεμημένα λογιστικά βιβλία είναι μια ανατρεπτική τεχνολογία που έχει προκαλέσει την προσοχή των ερευνητών και σε πολλούς και διαφορετικούς κλάδους. Ωστόσο, ο χρηματοπιστωτικός κλάδος θεωρείται πρωταρχικός χρήστης της έννοιας του blockchain. Το γεγονός αυτό δεν οφείλεται μόνο ότι η πιο γνωστή εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας είναι το κρυπτονόμισμα Bitcoin, αλλά οφείλεται σε σημαντικές αναποτελεσματικές διαδικασίες και ένα τεράστιο ζήτημα βάσης κόστους ειδικά σε αυτόν τον κλάδο (Nofer et al.,2017).

Επιπλέον, η χρηματοπιστωτική κρίση αποκάλυψε ότι ακόμη και στις χρηματοπιστωτικές υπηρεσίες δεν είναι πάντα δυνατό να εντοπιστεί ο σωστός σημερινός ιδιοκτήτης ενός περιουσιακού στοιχείου. Είναι ακόμη μεγαλύτερο πρόβλημα, η επανάληψη της ιδιοκτησίας μιας μεγαλύτερης αλυσίδας μεταβαλλόμενων αγοραστών στις παγκόσμιες υπηρεσίες χρηματοοικονομικών συναλλαγών: όταν, π.χ., η αμερικανική επενδυτική τράπεζα Bear Stearns απέτυχε το 2008 και εξαγοράστηκε πλήρως από την JP Morgan Chase, ο αριθμός των προσφερόμενων μετοχών προς τον αγοραστή ήταν μεγαλύτερο από τις μετοχές που κυκλοφορούσαν στα βιβλία της Bear Stearns. Δεν κατέστη δυνατό να διευκρινιστούν τα λογιστικά λάθη και η JP Morgan Chase έπρεπε να επωμιστεί τη ζημιά από τις πλεονάζουσες ψηφιακές μετοχές (Nofer et al.,2017).

Ενώ, το πρόβλημα της ανίχνευσης της κατοχής σε αλυσίδες συναλλαγών είναι ήδη μια κρίσιμη πτυχή στις χρηματοπιστωτικές αγορές, είναι επίσης σημαντικό και για τα φυσικά αγαθά. Ο λιανοπωλητής των ΗΠΑ Wal-Mart με περισσότερους από 260 εκατομμύρια πελάτες την εβδομάδα αναζητούσε μια τεχνολογία που βοηθά στον ακριβή εντοπισμό εκείνων των παρτίδων λαχανικών που σε μια δεδομένη περίπτωση, π.χ., έχουν μολυνθεί από κολοβακτηρίδια. Για να γίνει η επαλήθευση της ιδιοκτησίας των περιουσιακών στοιχείων και η επεξεργασία των συναλλαγών η κυρίαρχη λύση σήμερα είναι η διαμεσολάβηση. Οι μεσάζοντες πραγματοποιούν τον προσεκτικό έλεγχο κάθε εμπλεκόμενου μέρους κατά μήκος μιας αλυσίδας διαμεσολαβητών. Ωστόσο, αυτό δεν είναι μόνο χρονοβόρο και δαπανηρό, αλλά ενέχει και πιστωτικό κίνδυνο σε περίπτωση αποτυχίας ενός διαμεσολαβητή. Η τεχνολογία blockchain

υπόσχεται να ξεπεράσει αυτές τις κρίσιμες πτυχές, αντιπροσωπεύοντας τη «μετατόπιση από την εμπιστοσύνη των ανθρώπων στην εμπιστοσύνη των μαθηματικών» αφού οι ανθρώπινες παρεμβάσεις δεν είναι πλέον απαραίτητες (Nofer et al.,2017).

Οι Yada et.al., (2019), με την έρευνα τους έρχονται να συμπληρώσουν ότι οι αλυσίδες μπλοκ είναι «ψηφιακά λογιστικά βιβλία που είναι προφανή και ανθεκτικά σε παραβιάσεις που υλοποιούνται με κατανεμημένο τρόπο, δηλαδή χωρίς κεντρικό αποθετήριο και συνήθως χωρίς κεντρική αρχή (δηλαδή τράπεζα, εταιρεία ή κυβέρνηση)». Στο βασικό τους επίπεδο, επιτρέπουν σε μια κοινότητα χρηστών να καταγράφει συναλλαγές σε ένα κοινό βιβλίο εντός αυτής της κοινότητας, έτσι ώστε υπό την κανονική λειτουργία του δικτύου blockchain καμία συναλλαγή δεν μπορεί να αλλάξει μετά τη δημοσίευση.

Τις παραπάνω έρευνες έρχονται να επιβεβαιώσουν με μελέτη τους οι Francisco και Swanson (2018), υποστηρίζοντας ότι το Blockchain χρησιμοποιεί αμοιβαία κατανεμημένα λογιστικά βιβλία που έχουν χτιστεί σε μια σειρά από καινοτομίες που χρησιμοποιούνται για την οργάνωση και την κοινή χρήση ψηφιακών δεδομένων. Δίνει μάλιστα τον παρακάτω ορισμό:

«Το blockchain είναι μια κατανεμημένη βάση δεδομένων, η οποία μοιράζεται και συμφωνείται σε ένα δίκτυο με ομότιμο δανεισμό. Αποτελείται από μια συνδεδεμένη ακολουθία μπλοκ (μια μονάδα αποθήκευσης συναλλαγών), που περιέχει συναλλαγές με χρονική σήμανση που είναι ασφαλισμένες με κρυπτογράφηση δημόσιου κλειδιού (δηλαδή, "hash") και επαληθεύονται από την κοινότητα του δικτύου. Μόλις ένα στοιχείο προσαρτηθεί στο blockchain, δεν μπορεί να αλλάξει, μετατρέποντας ένα blockchain σε ένα αμετάβλητο αρχείο προηγούμενης δραστηριότητας.»

Η διαδικασία «κατακερματισμού» μετατρέπει υλικά (π.χ. πρώτη ύλη) και άυλα (π.χ. ιδιοκτησία ενός αρχείου) περιουσιακά στοιχεία σε ένα ψηφιακά κωδικοποιημένο «κουπόνι» και μπορεί να καταχωρηθεί, να παρακολουθηθεί και να διαπραγματευτεί με ιδιωτικό κλειδί σε ένα δεδομένο blockchain. Μπορεί να επιτευχθεί περαιτέρω έλεγχος ενός περιουσιακού στοιχείου και η ιχνηλασιμότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας όπως επίσης μπορεί να ενεργοποιηθεί μέσω της χρήσης τεχνολογιών παρακολούθησης όπως RFID, ετικέτες NFC και παρόμοιων τεχνολογιών που ενεργοποιούνται από το Internet of Things (IoT). Ένα νέο παράδειγμα στο χώρο της πληροφορικής είναι Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων . Το "Internet of Things", όπως είναι ευρέως γνωστή ως IoT, προκύπτει από τις δύο λέξεις, η πρώτη είναι

"Internet" και η δεύτερη είναι "Things". Το Διαδίκτυο που είναι ένα παγκόσμιο σύστημα δικτύων υπολογιστών συνδεδεμένων μεταξύ τους, προκειμένου να εξυπηρετηθούν δισεκατομμύρια χρήστες σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιεί την τυπική σουίτα πρωτοκόλλων Διαδικτύου (TCP/IP). Είναι ένα δίκτυο δικτύων που αποτελείται από εκατομμύρια ιδιωτικά, δημόσια, ακαδημαϊκά, επιχειρηματικά και κυβερνητικά δίκτυα, τοπικής έως παγκόσμιας εμβέλειας, τα οποία συνδέονται με ένα ευρύ φάσμα ηλεκτρονικών, ασύρματων και οπτικών τεχνολογιών δικτύωσης. Σήμερα πάνω από 100 χώρες ανταλλάσσουν δεδομένα, ειδήσεις και απόψεις μέσω του διαδικτύου (Madakam, et al., 2015).

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της λειτουργίας σε ψηφιακό περιβάλλον είναι η δυνατότητα δημιουργίας αλγορίθμων και προγραμμάτων που μπορούν να εκτελεστούν μερικώς ή πλήρως ή να επιβληθούν όταν προκύψουν ορισμένες συνθήκες χωρίς ανθρώπινη αλληλεπίδραση, γνωστό ως «έξυπνα συμβόλαια». Ένα «έξυπνο συμβόλαιο» ενεργοποιείται μόλις ενεργοποιηθεί μια προκαθορισμένη προϋπόθεση ή ένα σύνολο όρων που συμφωνήθηκαν από τα εμπλεκόμενα μέρη και όλα τα μέρη ενημερωθούν σύμφωνα με τη σύμβαση. Ένα παράδειγμα είναι η συστηματική ειδοποίηση και πληρωμή για αυτοματοποιημένη μεσεγγύηση. Φαίνεται ότι το blockchain θα βοηθήσει στη διευκόλυνση της περαιτέρω ενοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ωστόσο, για βιομηχανίες και εταιρείες που είναι ήδη καλά ενοποιημένες, ενδέχεται να μην είναι διατεθειμένες να επενδύσουν ουσιαστικά σε blockchain που δεν παρέχει σημαντικά οφέλη σε σχέση με τις τρέχουσες λύσεις. (Francisco και Swanson, 2018).

Επίσης, σύμφωνα με τους Rejeb, et al., (2019), ένα Blockchain ορίζεται ως ένα «ψηφιακό, αποκεντρωμένο και καταναμημένο καθολικό στο οποίο οι συναλλαγές καταγράφονται και προστίθενται με χρονολογική σειρά με στόχο τη δημιουργία μόνιμων και αδιάψευστων εγγραφών». Ουσιαστικά, είναι ένας νέος μηχανισμός για την αποθήκευση, την ασφάλεια και την κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ πολλών κόμβων σε ένα δίκτυο.

Ένα Blockchain ξεφεύγει από την παραδοσιακή κεντρική προσέγγιση με τη διαχείριση των δεδομένων αλυσίδας σε ένα καταναμημένο και διασυνδεδεμένο δίκτυο κόμβων. Τα κύρια χαρακτηριστικά των Blockchain είναι η κοινή τήρηση αρχείων, η έλλειψη μεταβλητότητας, η αποκέντρωση, η καταναμημένη εμπιστοσύνη, η συναίνεση πολλών μερών, η ανεξάρτητη επικύρωση, τα αποδεικτικά στοιχεία παραβίασης και η αντίσταση σε παραβιάσεις (Nofer, et al., 2017).

Ο όρος «Blockchain» κέρδισε τη δημοτικότητά του ως αποτέλεσμα ενός συνδυασμού διαμορφωμένων τεχνολογιών, εργαλείων και μεθόδων που στηρίζουν το κρυπτονόμισμα Bitcoin. Από μόνο του, το Bitcoin είναι ένα αποκεντρωμένο ψηφιακό νόμισμα που βασίζεται σε ένα ανοιχτό σύστημα δικτύων υπολογιστών και ηλεκτρονικών πρωτοκόλλων επικοινωνίας και ήταν η πρώτη επιτυχημένη εφαρμογή που χτίστηκε σε διαδικτυακό Blockchain (Nofer, et al., 2017).

Οι αλυσίδες μπλοκ μπορούν να διαμορφωθούν ώστε να κρυπτογραφούν και να αποθηκεύουν δεδομένα εντός ή εκτός αλυσίδας και να καταγράφουν συναλλαγές με χρονική σήμανση. Επιπλέον, μπορούν να αυτοματοποιήσουν τις συμφωνίες μέσω της χρήσης έξυπνων συμβολαίων για την εκτέλεση διαδικασιών που βασίζονται σε ένα σύνολο όρων και κανόνων που έχουν συμφωνήσει οι συμμετέχοντες στο σύστημα (Rejeb, et al., 2019).

Μια πλατφόρμα Blockchain μπορεί να υποστηρίξει σχέσεις ανταλλαγής πολλών μερών σε παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού με τον έλεγχο ταυτότητας των συμμετεχόντων, εξουσιοδοτώντας την πρόσβασή τους και βελτιώνοντας την τήρηση αρχείων των συναλλαγών. Αυτή η δυνατότητα είναι δυνατή με κρυπτογραφικούς μηχανισμούς και μπλοκ. Κάθε μπλοκ περιέχει μια κεφαλίδα και ένα σώμα, από τα οποία το πρώτο περιέχει τον κατακερματισμό του προηγούμενου μπλοκ, συνδέοντας έτσι τα μεμονωμένα μπλοκ. Οποιαδήποτε προσπάθεια παραβίασης ενός μπλοκ απαιτεί την ανάλογη αλλαγή των κεφαλίδων των προηγούμενων και των διαδοχικών μπλοκ για να αποφευχθεί ο εντοπισμός και γίνεται σταδιακά πιο δύσκολο να παραβιαστεί καθώς η αλυσίδα μεγαλώνει (Rejeb, et al., 2019).

Δεδομένου ότι η διάχυση και η κατανομημένη φύση τους χαρακτηρίζουν τα δίκτυα IoT, μια κεντρική προσέγγιση για τη συλλογή, αποθήκευση και ανάλυση όλων των σχετικών δεδομένων της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις και να οδηγήσει σε μια κατάσταση που συχνά αναφέρεται σε ένα μόνο σημείο αστοχίας. Επομένως, ένα Blockchain έχει τις δυνατότητες να αντιμετωπίσει όλες τις προκλήσεις που αναφέρονται παραπάνω και να παρέχει στους εταίρους ανταλλαγής εφοδιαστικής αλυσίδας εμπιστοσύνη που βασίζεται στην αποκέντρωση. Η έλλειψη κεντρικών ελέγχων στα Blockchains διασφαλίζει υψηλό επίπεδο επεκτασιμότητας και ευρωστίας χρησιμοποιώντας πόρους όλων των εμπλεκόμενων κόμβων και εξαλείφοντας τις ροές κυκλοφορίας πολλά προς ένα (Rejeb, et al., 2019).

1.2 Βασικά χαρακτηριστικά του blockchain

Το blockchain έχει τα ακόλουθα βασικά χαρακτηριστικά:

- Αποκέντρωση. Κάθε κεντρική αξιόπιστη υπηρεσία (π.χ. της κεντρικής τράπεζας), στα συμβατικά κεντρικά συστήματα συναλλαγών, πρέπει να επικυρώνει οποιαδήποτε συναλλαγή με αποτέλεσμα αναπόφευκτα το κόστος και τα σημεία συμφόρησης στην απόδοση στους κεντρικούς διακομιστές. Σε άλλη περίπτωση, στο δίκτυο blockchain μια συναλλαγή μπορεί να πραγματοποιηθεί μεταξύ οποιωνδήποτε δύο ομότιμων (P2P) χωρίς η κεντρική υπηρεσία να ελέγξει την ταυτότητα αυτής. Το blockchain με αυτόν τον τρόπο μπορεί να πετύχει σημαντική μείωση του κόστους του διακομιστή (συμπεριλαμβανομένου του κόστους λειτουργίας και του κόστους ανάπτυξης) και να μετριάσει τα σημεία συμφόρησης απόδοσης στον κεντρικό διακομιστή (Chu, & Wang, 2018).
- Επιμονή. Λαμβάνοντας υπόψη ότι πρέπει να γίνει επιβεβαίωση και καταγραφή σε μπλοκ που διανέμονται σε ολόκληρο το δίκτυο, κάθε μία από τις συναλλαγές που εξαπλώνονται σε όλο το δίκτυο, είναι πάρα πολύ δύσκολο να παραβιαστεί αυτό. Επιπλέον και άλλοι κόμβοι θα επικυρώνουν κάθε μπλοκ που εκπέμπεται επομένως και οι συναλλαγές θα ελέγχονται. Άρα οποιαδήποτε παραποίηση μπορεί να είναι ανιχνεύεται εύκολα (Vo, et al., 2018).
- Ανωνυμία. Κάθε χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει με το δίκτυο blockchain με μια διεύθυνση που δημιουργείται. Επιπλέον, κάθε χρήστης θα μπορούσε να προβεί στη δημιουργία πολλών διευθύνσεων για να αποφύγει την έκθεση ταυτότητας. Δεν υπάρχει πλέον κανένα κεντρικό μέρος που διατηρεί τα προσωπικά στοιχεία των χρηστών. Αυτός ο μηχανισμός διατηρεί ένα συγκεκριμένο βαθμό απορρήτου στις συναλλαγές που περιλαμβάνονται στο blockchain. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι το blockchain δεν μπορεί να εγγυηθεί την τέλεια διατήρηση του απορρήτου λόγω του εγγενούς περιορισμού.
- Ακουστικότητα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι επικυρώνονται και καταγράφονται με χρονική σήμανση κάθε μία από τις συναλλαγές στο blockchain, οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να επαληθεύσουν και να ανιχνεύσουν τις προηγούμενες εγγραφές μέσω της πρόσβασης σε οποιονδήποτε κόμβο στο κατανεμημένο δίκτυο. Στο blockchain του Bitcoin, κάθε συναλλαγή μπορούσε να εντοπιστεί σε προηγούμενες συναλλαγές επαναληπτικά. Μέσω από αυτό το γεγονός,

βελτιώνεται η ιχνηλασιμότητα και η διαφάνεια των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στο blockchain (Dorri, et al., 2019).

1.3 Αρχιτεκτονική blockchain

Η αρχιτεκτονική blockchain σύμφωνα με τις έρευνες των Dutta, et al., (2020) και Syed, et al., (2019) αποτελείται από πέντε ενότητες που διέπουν τις αντίστοιχες λειτουργίες και δημιουργούν πρωτόκολλα για εφαρμογές blockchain:

- (1) Μονάδα πηγής δεδομένων: Βοηθά στη δημιουργία του blockchain στις «κατανεμημένες και κοινόχρηστες βάσεις δεδομένων». Εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα που ανακτώνται από τους χρήστες του blockchain θα είναι αναλλοίωτα και αμετάβλητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αμετάβλητη κατάσταση δεδομένων, η αποθήκευση χωρίς παραβιάσεις με οποιαδήποτε μορφή και το κοινόχρηστο καθολικό δεδομένων μέσω των δεδομένων "Application Programming Interface (API)" είναι οι βασικές πτυχές του blockchain.
- (2) Μονάδα συναλλαγής: Παρακολουθεί, διαχειρίζεται, ενεργοποιεί και υποστηρίζει το «ταξίδι μιας συναλλαγής σε blockchain». Βοηθά στην επικύρωση και τη διευκόλυνση της προσθήκης στο blockchain. Αν και έξυπνες πύλες συναλλαγών συμβάσεων, τα δεδομένα μεταφέρονται. Μαζί με την κοινή ορατότητα των συναλλαγών, η ροή πληροφοριών σε όλο το SC δημιουργείται μέσω του blockchain. Οι συναλλαγές ομαδοποιούνται και παραδίδονται σε κάθε κόμβο με τη μορφή μπλοκ. Οι συναλλαγές αφού εκτελεστούν είναι σχεδόν αδύνατο να επαναφερθούν ή να διαγραφούν σε blockchains.
- (3) Μονάδα δημιουργίας μπλοκ: Τα μπλοκ μπορούν να θεωρηθούν ως δομές δεδομένων που δημιουργούνται από τους «εξορύκτες». Περιέχουν πληροφορίες και λεπτομέρειες για τις συναλλαγές που αναπαράγονται σε όλους τους κόμβους του δικτύου. Η ενότητα δημιουργίας μπλοκ επιτρέπει την προσθήκη νέων μπλοκ σε ένα υπάρχον SC παρέχοντας τιμές κατακερματισμού και συνδέσεις του προηγούμενου μπλοκ. Οι αλληλουχίες των συναλλαγών αποθηκεύονται σε "χρονολογικά μπλοκ" και τα μπλοκ που αποθηκεύουν μη έγκυρες συναλλαγές μπορούν να εντοπιστούν και να παρακολουθηθούν εύκολα (Dutta, et al., 2020; Syed, et al., 2019).

- (4) Μονάδα συναίνεσης: Οι αλγόριθμοι απόδειξης εργασίας και κατάστασης χρησιμοποιούνται για την επιβεβαίωση και την επικύρωση όλων των συναλλαγών για την αποφυγή καταστροφής των δεδομένων. Η συνέπεια των δεδομένων διατηρείται στο κατακευματισμένο δίκτυο μέσω των προσεκτικά σχεδιασμένων «συναινετικών αλγορίθμων». Η κατακευματισμένη συναίνεση βοηθά τόσο στην επαλήθευση της εγκυρότητας των συναλλαγών όσο και στη δημιουργία συνδέσμων μεταξύ των μπλοκ στο σύστημα blockchain.
- (5) Μονάδα σύνδεσης και διασύνδεσης: Παρακολουθεί την αλληλουχία των συναλλαγών και βοηθά στην παροχή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για έξυπνες συμβάσεις. Αυτή η ενότητα συγχρονίζει όλες τις πλατφόρμες τεχνολογίας πληροφοριών (IT), τους αλγόριθμους και το λογισμικό που απαιτούνται για εφαρμογές blockchain. Ανάλογα με τις περιπτώσεις χρήσης, θα μπορούσαν να διατεθούν στην αγορά πολλαπλές πλατφόρμες κατακευματισμένου καθολικού που προσφέρουν αλγόριθμους συναίνεσης για το σύστημα blockchain, ανεξάρτητα από το αν το blockchain είναι δημόσιο, ιδιωτικό, με άδεια ή μη. (Dutta, et al., 2020; Syed, et al., 2019).

1.4 Ταξινόμηση συστημάτων blockchain

Τα τρέχοντα συστήματα blockchain σύμφωνα με Buterin (2015), μπορούν να κατηγοριοποιηθούν χονδρικά σε τρεις τύπους:

- 2 Δημόσιο blockchain,
- 3 Ιδιωτικό blockchain και
- 4 Blockchain κοινοπραξίας (Buterin, 2015).

1.3.1 Δημόσιο Blockchain

Πιο αναλυτικά, το Bitcoin είναι το πιο γνωστό παράδειγμα δημόσιων blockchain. Στο Bitcoin οι καταστάσεις είναι ψηφιακά νομίσματα (κρυπτονομίσματα) και μια συναλλαγή μετακινεί νομίσματα από το ένα σύνολο διευθύνσεων στο άλλο. Κάθε κόμβος εκπέμπει ένα σύνολο συναλλαγών που θέλει να εκτελέσει. Ειδικοί κόμβοι που ονομάζονται miners συλλέγουν συναλλαγές σε μπλοκ, ελέγχουν για την

εγκυρότητά τους και ξεκινούν ένα πρωτόκολλο συναίνεσης για την προσθήκη των μπλοκ στην αλυσίδα μπλοκ (Buterin, 2015).

1.3.2 Ιδιωτικό Blockchain

Επιπροσθέτως, το Hyperledger είναι ένα από τα πιο δημοφιλή ιδιωτικά blockchain. Δεδομένου ότι οι ταυτότητες κόμβων είναι γνωστές στις ιδιωτικές ρυθμίσεις, τα περισσότερα blockchain υιοθετούν ένα από τα πρωτόκολλα από την τεράστια βιβλιογραφία σχετικά με την καταναεμημένη συναίνεση. Τα Zab, Raft, Paxos, PBFT είναι δημοφιλή πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται ενεργά σήμερα. Το Hyperledger χρησιμοποιεί απευθείας το PBFT,¹ ενώ άλλοι όπως οι Parity, Ripple και ErisDB αναπτύσσουν τις δικές τους παραλλαγές. Το PBFT είναι ένα πρωτόκολλο τριών φάσεων. Στη φάση προετοιμασίας, ένας ηγέτης εκπέμπει μια τιμή που πρέπει να δεσμευτεί από άλλους κόμβους. Στη συνέχεια, στη φάση προετοιμασίας, οι κόμβοι μεταδίδουν τις τιμές που πρόκειται να δεσμευτούν. Τέλος, η φάση δέσμευσης επιβεβαιώνει τη δεσμευμένη τιμή όταν περισσότερα από τα δύο τρίτα των κόμβων συμφωνούν στην προηγούμενη φάση (Dinh et. al., 2018).

Το PBFT είναι δεσμευμένο στην επικοινωνία, αλλά επιτυγχάνει τόσο ασφάλεια όσο και ζωντάνια σε μερικώς σύγχρονα δίκτυα. Εκτός από την ντετερμινιστική συναίνεση, μια άλλη βασική ιδιότητα των ιδιωτικών blockchains είναι ότι υποστηρίζουν έξυπνα συμβόλαια που μπορούν να εκφράσουν εξαιρετικά περίπλοκες λογικές συναλλαγών. Αυτές οι ιδιότητες είναι ιδιαίτερα επιθυμητές σε επιχειρηματικά και χρηματοοικονομικά συστήματα. Πράγματι, τα ιδιωτικά blockchain προκαλούν τέτοιο ενδιαφέρον από μεγάλα τραπεζικά και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα που ορισμένοι ισχυρίζονται ακόμη και ότι έχουν τη δυνατότητα να διαταράξουν τις τρέχουσες πρακτικές στη διαχείριση δεδομένων (Dinh et. al., 2018).

1.3.3 Blockchain κοινοπραξίας

Οι κοινοπραξίες blockchain μπορούν να χωριστούν σε δύο τύπους. Το πρώτο είναι επιχειρηματικό, με τα μέλη της κοινοπραξίας να στοχεύουν στην επίλυση ενός ή περισσότερων επιχειρηματικών προβλημάτων.

Το δεύτερο είναι προσανατολισμένο στην τεχνολογία, όπου τα μέλη της κοινοπραξίας στοχεύουν να αναπτύξουν πλατφόρμες που χρησιμεύουν ως καθολική υποδομή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς τύπους επιχειρήσεων (ένα παράδειγμα είναι το Hyperledger). Υπάρχουν παραδείγματα κοινοπραξιών με επιχειρηματικό προσανατολισμό και προσανατολίζονται στην τεχνολογία (π.χ. η κοινοπραξία R3, μέλη της οποίας είναι κυρίως τράπεζες και χρηματοπιστωτικά ιδρύματα που αναπτύσσουν μια πλατφόρμα, την Corda, κατάλληλη για συναλλαγές κάθε είδους) (Zavolokina, et al., 2020; Li, et al., 2017).

Ορισμένες κοινοπραξίες blockchain είναι διεθνείς, ενώ άλλες επικεντρώνονται αποκλειστικά στις τοπικές αγορές. Οι κοινοπραξίες ποικίλλουν σε μέγεθος, από πολύ μικρές με μόνο δύο ή τρία μέλη, έως μεγάλες με εκατοντάδες μέλη. Επιπλέον, οι κοινοπραξίες blockchain ενδέχεται να διαφέρουν ως προς τα μοντέλα διακυβέρνησής τους και τους επιχειρηματικούς στόχους τους. Η ποικιλία, η πολυπλοκότητα και η φύση αυτού του νέου τύπου διοργανωτικής συνεργασίας, σε συνδυασμό με τα αυξανόμενα επίπεδα ενδιαφέροντος από διευθυντικά στελέχη και στελέχη για τη χρήση της τεχνολογίας blockchain στις επιχειρήσεις, απαιτεί βαθύτερη κατανόηση των σημαντικών παραγόντων που πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν αποφασίζει κάποιος να συμμετέχει σε μια κοινοπραξία blockchain.

Οι επιχειρήσεις που σκοπεύουν να εξερευνήσουν τις δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία blockchain βασίζονται κρίσιμα στη σκόπιμη δημιουργία κοινοπραξιών. Ωστόσο, ο σχηματισμός κοινοπραξιών blockchain και τα κριτήρια επιτυχίας τους έχουν λάβει λίγη προσοχή στη βιβλιογραφία (Zavolokina, et al., 2020; Li, et al., 2017).

1.3.4 Σύγκριση τύπων blockchain

Συγκρίνοντας τους τρεις τύπους blockchain από διαφορετικές οπτικές γωνίες σύμφωνα με Zheng et. al., (2018):

- ❖ *Συναινετικός προσδιορισμός.* Κάθε κόμβος, στο δημόσιο blockchain, θα μπορούσε να πάρει μέρος στη διαδικασία συναίνεσης. Ωστόσο, μόνο ένα σύνολο κόμβων που έχει επιλεγεί είναι υπεύθυνο για να επικυρώσει το μπλοκ στο blockchain κοινοπραξίας. Όσο για την ιδιωτική αλυσίδα, υπάρχει πλήρης έλεγχος

από μία οργάνωση που θα είχε την δυνατότητα να καθορίσει την τελική συναίνεση.

- ❖ *Άδεια ανάγνωσης.* Σε μια δημόσια αλυσίδα μπλοκ οι συναλλαγές είναι ορατές στο κοινό, ενώ η άδεια ανάγνωσης εξαρτάται από μια αλυσίδα μπλοκ κοινοπραξίας ή μια ιδιωτική αλυσίδα μπλοκ. Η κοινοπραξία ή ο οργανισμός θα μπορούσε να αποφασίσει εάν οι αποθηκευμένες πληροφορίες είναι δημόσιες ή περιορισμένη.
- ❖ *Αμεταβλητότητα.* Δεδομένου ότι η αποθήκευση των συναλλαγών γίνεται σε διαφορετικούς κόμβους στο κατανεμημένο δίκτυο, είναι πάρα πολύ δύσκολο να παραβιαστεί η δημόσια αλυσίδα μπλοκ. Ωστόσο, εάν η πλειοψηφία της κοινοπραξίας ή του κυρίαρχου οργανισμού θέλει να παραβιάσει το blockchain, το blockchain κοινοπραξίας ή το ιδιωτικό blockchain θα μπορούσε να αντιστραφεί ή να παραποιηθεί.
- ❖ *Αποτελεσματικότητα.* Επειδή στο δημόσιο δίκτυο blockchain υπάρχει μεγάλος αριθμός κόμβων, για τη διάδοση συναλλαγών και μπλοκ απαιτείται πολύς χρόνος. Λαμβάνοντας υπόψη την ασφάλεια του δικτύου, οι περιορισμοί στο δημόσιο blockchain θα ήταν πολύ πιο αυστηροί. Με αποτέλεσμα, να είναι περιορισμένη η απόδοση των συναλλαγών και η καθυστέρηση είναι υψηλή.
- ❖ *Συγκεντρωτισμός.* Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ των τριών τύπων blockchain είναι: το ιδιωτικό blockchain είναι πλήρως συγκεντρωμένο καθώς ελέγχεται από μια ενιαία ομάδα, το δημόσιο blockchain είναι αποκεντρωμένο και το blockchain κοινοπραξίας είναι εν μέρει συγκεντρωμένο.
- ❖ *Διαδικασία συναίνεσης.* Στη διαδικασία συναίνεσης του δημόσιου blockchain θα μπορούσαν να έχουν συμμετοχή όλοι στον κόσμο. Ενώ τόσο στο blockchain κοινοπραξίας όσο και στο ιδιωτικό blockchain είναι διαφορετικά τα πράγματα. Ένας κόμβος πρέπει να πιστοποιηθεί για να συμμετάσχει στη διαδικασία συναίνεσης σε κοινοπραξία ή ιδιωτικό blockchain.

Επειδή το δημόσιο blockchain είναι ανοιχτό στον κόσμο, έχει την δυνατότητα να προσελκύσει πολλούς χρήστες. Οι κοινότητες είναι επίσης πολύ ενεργές. Συνεχώς εμφανίζονται πολλά δημόσια blockchain. Ενώ το blockchain κοινοπραξίας, θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε πολλές επιχειρηματικές εφαρμογές. Επίσης το Ethereum παρέχει εργαλεία για τη δημιουργία blockchains κοινοπραξιών (ethereum, n.d.). Όσο για το ιδιωτικό blockchain, εκεί εξακολουθούν να υπάρχουν πολλές εταιρείες που το εφαρμόζουν για λόγους αποτελεσματικότητας και ελέγχου (Zheng et. al., 2018).

Επιπροσθέτως, σύμφωνα με την έρευνα των Dinh et. al., (2018) ένα τυπικό σύστημα blockchain αποτελείται από πολλούς κόμβους. Μαζί, οι κόμβοι διατηρούν ένα σύνολο κοινών, καθολικών καταστάσεων και εκτελούν συναλλαγές τροποποιώντας τις καταστάσεις. Το Blockchain είναι μια ειδική δομή δεδομένων που αποθηκεύει ιστορικές καταστάσεις και συναλλαγές. Όλοι οι κόμβοι του συστήματος συμφωνούν για τις συναλλαγές και τη σειρά τους. Μια συναλλαγή σε μια αλυσίδα μπλοκ είναι η ίδια όπως στις παραδοσιακές βάσεις δεδομένων: *μια ακολουθία λειτουργιών που εφαρμόζεται σε ορισμένες καταστάσεις*. Ως εκ τούτου, η συναλλαγή blockchain απαιτεί την ίδια σημασιολογία ACID. Το ACID αναφέρεται σε ένα σύνολο εγγυήσεων για κάθε συναλλαγή που πρόκειται να διεκπεραιωθεί από το σύστημα TP: ατομικότητα, συνέπεια, απομόνωση και ανθεκτικότητα. Το ACID έχει έκτοτε κατανοηθεί ως ένα πολύ βολικό μοντέλο.

Μια συναλλαγή που αποτελείται από πολλαπλές λειτουργίες εκτελείται ως σύνολο ή καθόλου («όλα ή τίποτα»). Η βασική διαφορά είναι το υπό εξέταση μοντέλο αποτυχίας. Οι τρέχουσες συναλλακτικές, κατακεκομμένες βάσεις δεδομένων χρησιμοποιούν κλασικές τεχνικές ελέγχου συγχρονισμού, όπως η δέσμευση δύο φάσεων για τη διασφάλιση του ACID. Μπορούν να επιτύχουν υψηλή απόδοση, λόγω του απλού μοντέλου αποτυχίας σύγκρουσης. Αντίθετα, ο αρχικός σχεδιασμός blockchain λαμβάνει υπόψη ένα πολύ εχθρικό περιβάλλον στο οποίο οι κόμβοι εμφανίζουν εναλλακτική συμπεριφορά (Dinh et. al., 2018).

Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο τα γενικά έξοδα συγχρονισμού και ο έλεγχος είναι πολύ υψηλότερος. Σε υψηλό επίπεδο, ένα σύστημα blockchain μπορεί να κατηγοριοποιηθεί είτε ως δημόσιο είτε ως ιδιωτικό. Στο δημόσιο, οποιοσδήποτε κόμβος μπορεί να ενταχθεί και να αποχωρήσει από το σύστημα, επομένως το blockchain είναι πλήρως αποκεντρωμένο, που μοιάζει με σύστημα peer-to-peer. Στο ιδιωτικό, το blockchain επιβάλλει την αυστηρή ιδιότητα μέλους. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει ένας μηχανισμός ελέγχου πρόσβασης για τον προσδιορισμό του ποιος μπορεί να ενταχθεί στο σύστημα. Ως αποτέλεσμα, κάθε κόμβος πιστοποιείται και η ταυτότητά του είναι γνωστή στους άλλους κόμβους (Dinh et. al., 2018).

1.4 Πρωτόκολλα blockchain

1.4.1 Proof-of-Work, (PoW)

Σύμφωνα με τη μελέτη του Φωκά (2020), το Proof-of-Work, ή PoW, είναι ο αρχικός αλγόριθμος συναίνεσης σε ένα δίκτυο Blockchain, ο οποίος χρησιμοποιείται για την παραγωγή νέων μπλοκ στην αλυσίδα και για την επιβεβαίωση συναλλαγών . Με το Proof-of-Work, ανταγωνίζονται οι «εξορύκτες» μεταξύ τους για την ολοκλήρωση των συναλλαγών στο δίκτυο προκειμένου να ανταμειφθούν. Σε ένα δίκτυο οι χρήστες στέλνουν ο ένας στον άλλο ψηφιακά διακριτικά. Ένα αποκεντρωμένο καθολικό συγκεντρώνει το σύνολο των συναλλαγών σε μπλοκ. Ωστόσο, θα πρέπει να μεριμνήσει για την οργάνωση μπλοκ και την επιβεβαίωση των συναλλαγών. Αυτή η ευθύνη βαρύνει ειδικούς κόμβους που ονομάζονται «miners», και η διαδικασία ονομάζεται εξόρυξη. Οι κύριες αρχές λειτουργίας είναι ένα περίπλοκο μαθηματικό παζλ και μια δυνατότητα εύκολη απόδειξης της λύσης. Τα πρωτόκολλα blockchain θεωρούνται ως μια εξέχουσα εφαρμογή της έννοιας της «απόδειξης εργασίας» (PoW) στον τομέα του σχεδιασμού πρωτοκόλλου συναίνεσης.

Πιο αναλυτικά, ένα σχήμα PoW χαρακτηρίζεται από έναν αλγόριθμο «απόδειξης» και «επαλήθευσης», του οποίου η θεμελιώδης ιδιότητα είναι ότι ο αλγόριθμος απόδειξης δεν επιτρέπει σημαντικές συντομεύσεις, δηλαδή είναι δύσκολο να γίνει σημαντικά πιο πρόσφορος, και ως εκ τούτου οποιαδήποτε επαληθευμένη λύση συνεπάγεται μια επένδυση υπολογιστικής προσπάθειας εκ μέρους του «prover». Η ιδέα εισήχθη αρχικά ως μηχανισμός προστασίας από ανεπιθύμητα μηνύματα. Στη συνέχεια, βρήκε εφαρμογές σε άλλους τομείς, όπως η ανθεκτικότητα σε επιθέσεις και προστασία άρνησης υπηρεσίας (Φωκάς, 2020).

Μια πρόσφατα προτεινόμενη και ευρέως εξεταζόμενη εναλλακτική λύση είναι το πρωτόκολλο GHOST το οποίο, κυρίως, προτάθηκε να βρίσκεται στον πυρήνα του Ethereum καθώς και άλλες πρόσφατες προτάσεις για βελτιωμένα συστήματα που μοιάζουν με Bitcoin. Ενώ η παραλλαγή GHOST διαφημίζεται ότι προσφέρει ανώτερη απόδοση σε σύγκριση με το Bitcoin χωρίς απώλεια ασφάλειας, φαίνεται ότι εξασφαλίζει την ασφάλεια μόνο έναντι συγκεκριμένων επιθέσεων (Panagiotakos, 2020).

Συγχρόνως, οι Gervais, et. al., (2016), με ερευνά τους έρχονται να συμπληρώσουν ότι ο μηχανισμός συναίνεσης απόδειξης εργασίας (PoW) είναι ο

ευρύτερα αναπτυγμένος μηχανισμός συναίνεσης σε υπάρχουσες αλυσίδες μπλοκ. Το PoW εισήχθη από το Bitcoin και υποθέτει ότι κάθε ομότιμος ψηφίζει με την «υπολογιστική του ισχύ» λύνοντας περιπτώσεις απόδειξης εργασίας και κατασκευάζοντας τα κατάλληλα μπλοκ. Επιπροσθέτως, η ασφάλεια του PoW βασίζεται στην αρχή ότι καμία οντότητα δεν πρέπει να συγκεντρώνει περισσότερο από το 50% της επεξεργαστικής ισχύος, επειδή μια τέτοια οντότητα μπορεί να ελέγξει αποτελεσματικά το σύστημα διατηρώντας τη μεγαλύτερη αλυσίδα.

Οι γνωστές επιθέσεις σε υπάρχουσες αλυσίδες μπλοκ σύμφωνα με τις μελέτες των Gervais, et. al., (2016) και Yin et. al., (2018) που βασίζονται σε PoW περιγράφονται παρακάτω:

- Πρώτον, ένας αντίπαλος μπορεί να επιχειρήσει να διπλασιάσει χρησιμοποιώντας τα ίδια κέρματα για την έκδοση δύο (ή περισσότερων) συναλλαγών δαπανώντας έτσι ουσιαστικά περισσότερα νομίσματα από όσα διαθέτει. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι η αποδοχή συναλλαγών χωρίς να απαιτούνται επιβεβαιώσεις blockchain είναι ανασφαλής. Όσο περισσότερες επιβεβαιώσεις λαμβάνει μια συναλλαγή, τόσο λιγότερο πιθανό είναι αυτή η συναλλαγή να αντιστραφεί στο μέλλον.
- Δεύτερον, οι εξωρύκτες μπορεί να επιχειρήσουν να εκτελούν επιθέσεις εξόρυξης προκειμένου να αυξήσουν το σχετικό τους μερίδιο εξόρυξης στο blockchain, με επιλεκτική απόκρυψη εξορυσσόμενων μπλοκ και μόνο σταδιακή δημοσίευσή τους.

Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι, ως αποτέλεσμα αυτών των επιθέσεων, ένας «εγωιστής» ανθρακωρύχος εξοπλισμένος με αρχικά 33% σε ισχύ εξόρυξης μπορεί να κερδίσει αποτελεσματικά το 50% της ισχύος εξόρυξης. Οι επιθέσεις διπλής δαπάνης και η εγωιστική εξόρυξη μπορούν να αμβλυνθούν εάν όλοι οι κόμβοι στο σύστημα blockchain είναι στενά συγχρονισμένοι. Σημειώνεται ότι, εκτός από την καθυστέρηση δικτύου, οι καθυστερήσεις συγχρονισμού μπορεί να επιδεινωθούν λόγω επιθέσεων έκλειψης όταν ένας αντίπαλος δημιουργεί ένα λογικό διαμέρισμα στο δίκτυο, δηλαδή παρέχει αντιφατικές πληροφορίες μπλοκ και συναλλαγών σε διαφορετικούς κόμβους δικτύου blockchain (Gervais, et. al., 2016; Yin et. al., 2018).

1.4.2 Byzantine Fault Tolerance (BFT)

Μια ελκυστική εναλλακτική λύση για το PoW είναι το Byzantine Fault Tolerance (BFT), το οποίο περιλαμβάνει αμελητέους υπολογισμούς, δεν εγγυάται καμία διχάλα και υπόσχεται σχεδόν στιγμιαία οριστικότητα μπλοκ. Το BFT έχει μελετηθεί καλά στο πλαίσιο των κατανεμημένων συστημάτων. Ωστόσο, υπάρχει μεγάλη σύγχυση σχετικά με τον τρόπο εφαρμογής του BFT σε μια ρύθμιση blockchain, η οποία είναι αρκετά διαφορετική από τα παραδοσιακά κατανεμημένα συστήματα. Το πιο σημαντικό, το BFT έχει γίνει αντιληπτό ως ένα πρωτόκολλο βαρύ στην επικοινωνία. Συγκεκριμένα, υπάρχει ένας μακροχρόνιος μύθος ότι το BFT δεν μπορεί να κλιμακωθεί στον αριθμό των συμμετεχόντων n , καθώς οι περισσότερες υπάρχουσες λύσεις επιβαρύνουν τα μηνύματα μετάδοσης, ακόμη και υπό ευνοϊκές συνθήκες δικτύου. Ως αποτέλεσμα, οι υπάρχουσες αλυσίδες BFT περιλαμβάνουν πολύ λίγους κόμβους που μπορούν να εκλεγούν εκπρόσωποι, νικητές PoW ή ένα τυχαίο σύνολο δειγμάτων που λαμβάνεται μέσω κρυπτογραφικής ταξινόμησης (Yang, 2018).

Αξίζει να σημειωθεί το να έχεις σταθερούς εκπροσώπους ακυρώνει την αποκέντρωση και το PoW εισάγει αβεβαιότητα στο σύνολο των συμμετεχόντων λόγω διχάλων. Το BFT με βάση τη διαλογή, από την άλλη πλευρά, παρέχει μόνο πιθανολογικές εγγυήσεις για την ασφάλεια. Επιπλέον, η πιθανότητα αποτυχίας του είναι αρκετά μικρή με ένα μεγάλο δείγμα (τουλάχιστον μερικές εκατοντάδες κόμβοι), το οποίο μπορεί να είναι ήδη πέρα από την ικανότητα των αλυσίδων BFT που αναπτύσσονται αυτήν τη στιγμή (Yang, 2018).

Ο πρακτικός αλγόριθμος συναίνεσης βυζαντινής ανοχής σφαλμάτων (PBFT), στην κανονική περίπτωση, εκτελεί ένα πρωτόκολλο τριών φάσεων: προ-προετοιμασία, προετοιμασία και δέσμευση. Ένας πελάτης στέλνει ένα αίτημα σε έναν από τους ομότιμους, ο οποίος με τη σειρά του μεταδίδει μηνύματα προετοιμασίας στους άλλους ομότιμους. Στο στάδιο προετοιμασίας, ένα μήνυμα προετοιμασίας μεταδίδεται σε όλους τους άλλους κόμβους

Όταν ένα αντίγραφο λαμβάνει μηνύματα προετοιμασίας $2f$, ταιριάζει με το μήνυμα προ-προετοιμασίας και μεταδίδει ένα μήνυμα δέσμευσης πολλαπλών εκπομπών. Μόλις το αντίγραφο λάβει $2f + 1$ μηνύματα δέσμευσης, που ταιριάζουν με το μήνυμα προ-προετοιμασίας, αλλάζει την κατάσταση σε δεσμευμένο και εκτελεί τη λειτουργία μηνύματος. Μόλις εκτελεστεί το μήνυμα, αποστέλλεται μια απάντηση

στον πελάτη. Ο κύριος σκοπός ενός βυζαντινού αλγορίθμου συναίνεσης με ανοχή σε σφάλματα είναι να επιτρέψει στο σύστημα να επιβιώσει και να συνεχίσει να λειτουργεί παρά το γεγονός ότι ορισμένες από τις μηχανές παρουσιάζουν αυθαίρετα σφάλματα. Αν και ο PBFT είναι ένας συναινετικός αλγόριθμος με αποδεδειγμένες ιδιότητες ασφάλειας και ζωντάνιας, κάνει κάποιες υποθέσεις που δεν είναι πρακτικές (Onireti, et al.,2019).

Η επιβάρυνση του δικτύου κατά τη διάρκεια του γύρου συναίνεσης δεν επιτρέπει την κλίμακα του πρωτοκόλλου συναίνεσης, περιορίζοντας την απόδοση ολόκληρου του συστήματος. Αποδείχθηκε ότι το PBFT μπορεί να δεχθεί επίθεση από έναν αντίπαλο χρησιμοποιώντας έναν απλό μηχανισμό προγραμματισμού, διακόπτοντας τη συναίνεση είτε εντελώς, είτε αναγκάζοντας να περιμένουμε μεγάλο χρονικό όριο όταν ο ηγέτης είναι διαμερισμένος και μη συγχρονισμένος (Onireti, et al.,2019).

1.4.3 PoW έναντι BFT

Ο Πίνακας 1. στηρίζεται στα ευρήματα της έρευνας του Vukolić, M. (2015), και δίνει μια σύγκριση μεταξύ της συναίνεσης PoW και της συναίνεσης BFT για ένα σύνολο σημαντικών ιδιοτήτων blockchain. Αυτές οι ιδιότητες περιλαμβάνουν τη διαχείριση ταυτότητας κόμβου, το συναινετικό τελικό (ή, διπλά, τη δυνατότητα προσωρινής διχάλας στο blockchain), την επεκτασιμότητα ως προς τον αριθμό των κόμβων συναίνεσης και των πελατών, την απόδοση (λανθάνουσα κατάσταση, απόδοση, κατανάλωση ενέργειας), ανεκτή δύναμη αντιπάλου, υποθέσεις συγχρονισμού δικτύου και, τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό, η ύπαρξη αποδείξεων ορθότητας των πρωτοκόλλων που αποτελούν τη βάση του blockchain.

Πίνακας 1. Σύγκριση PoW έναντι BFT

	Συναίνεση PoW	Συναίνεση BFT
Διαχείριση ταυτότητας κόμβου	ανοιχτό, πλήρως αποκεντρωμένο	επιτρέπεται, οι κόμβοι πρέπει να γνωρίζουν τα αναγνωριστικά όλων των άλλων κόμβων

Συναινετικό οριστικό	όχι	ναι
Επεκτασιμότητα (αριθμός κόμβων)	εξαιρετικό (χιλιάδες κόμβοι)	περιορισμένη, μη καλά εξερευνημένη (δοκιμάστηκε μόνο έως $n \leq 20$ κόμβους)
Επεκτασιμότητα (αριθμός πελατών)	εξαιρετικό (χιλιάδες πελάτες)	εξαιρετικό (χιλιάδες πελάτες)
Απόδοση (διακίνηση)	περιορισμένη (λόγω πιθανών πιρουνιών αλυσίδας)	εξαιρετικό (δεκάδες χιλιάδες tx/sec)
Απόδοση (λανθάνουσα κατάσταση)	υψηλή καθυστέρηση (λόγω επιβεβαιώσεων πολλαπλών μπλοκ)	εξαιρετική (ταιριάζει με καθυστέρηση δικτύου)
Κατανάλωση ενέργειας	πολύ φτωχό (PoW σπαταλά ενέργεια)	καλός
Ανεκτή δύναμη ενός αντιπάλου	$\leq 25\%$ υπολογιστι κή ισχύς	$\leq 33\%$ δύναμη ψήφου
Υποθέσεις συγχρονισμού δικτύου	φυσικές χρονικές σημάνσεις ρολογιού (π.χ. για εγκυρότητα μπλοκ)	κανένα για συναινετική ασφάλεια (απαιτείται συγχρονισμός για ζωντανότητα)
Αποδείξεις ορθότητας	όχι	ναί

Πηγή: Vukolić, M. (2015). The quest for scalable blockchain fabric: Proof-of-work vs. BFT replication. In *International workshop on open problems in network security* (pp. 112-125). Springer, Cham.

Ο τρόπος διαχείρισης των ταυτοτήτων κόμβων στα πρωτόκολλα PoW και BFT είναι ίσως η πιο θεμελιώδης διαφορά τους. Τα blockchains PoW διαθέτουν μια εξ ολοκλήρου αποκεντρωμένη διαχείριση ταυτότητας-για παράδειγμα, οποιοσδήποτε μπορεί να κατεβάσει τον κώδικα για το Bitcoin miner και να αρχίσει να συμμετέχει

στο πρωτόκολλο, γνωρίζοντας βασικά μόνο έναν ομότιμο για να ξεκινήσει. Αυτό είναι ένα πολύ ισχυρό χαρακτηριστικό των μπλοκ αλυσίδων PoW και ο κύριος λόγος για τον οποίο αποτελούν την οικογένεια blockchain της επιλογής όταν πρόκειται για τις λεγόμενες «δημόσιες» αλυσίδες μπλοκ στις οποίες επιτρέπεται σε οποιονδήποτε να συμμετέχει (Vukolić, 2015).

Τέτοιες δημόσιες αλυσίδες μπλοκ ονομάζονται μερικές φορές και «χωρίς άδεια» blockchains. Η συμμετοχή χωρίς άδεια καθίσταται δυνατή από το PoW, καθώς το PoW αντιμετωπίζει εγγενώς την επίθεση, διαβόητη σε ανώνυμα δίκτυα. Συγκεκριμένα, στις αλυσίδες μπλοκ που βασίζονται σε PoW, η ικανότητα ενός κόμβου (αντίθετα, μιας δεξαμενής κόμβων) να επηρεάζει το αποτέλεσμα της συναίνεσης PoW εξαρτάται από την υπολογιστική ισχύ ενός κόμβου (αντίστοιχα, μια ομάδα) (Vukolić, 2015).

Αντίθετα, η προσέγγιση BFT στη συναίνεση απαιτεί συνήθως κάθε κόμβος να γνωρίζει ολόκληρο το σύνολο των ομοτίμων κόμβων του που συμμετέχουν στη συναίνεση. Αυτό με τη σειρά του απαιτεί μια (λογικά) κεντρική διαχείριση ταυτότητας στην οποία ένα αξιόπιστο μέρος εκδίδει ταυτότητες και κρυπτογραφικά πιστοποιητικά σε κόμβους.

Διαισθητικά, αυτή η πτυχή των blockchains που βασίζονται σε BFT το θέτει σε μειονεκτική θέση σε σχέση με τις αλυσίδες μπλοκ PoW. Σε μια σειρά από αναδυόμενες εφαρμογές blockchain αυτό εξηγεί γιατί τα πρωτόκολλα συναίνεσης BFT είναι η τεχνολογία επιλογής για τις λεγόμενες «επιτρεπόμενες» αλυσίδες μπλοκ, οι οποίες απαιτούν να είναι γνωστή η ταυτότητα των συμμετεχόντων στην αλυσίδα μπλοκ. Σε γενικές γραμμές, αυτό που συχνά ανεπίσημα αναφέρεται ως «συναινετικά οριστικό» (και μερικές φορές ως "προώθηση ασφάλειας") είναι μια ιδιότητα που απαιτεί να μην αφαιρείται ποτέ από την αλυσίδα μπλοκ ένα έγκυρο μπλοκ, που προσαρτάται στο blockchain κάποια στιγμή στο χρόνο (Vukolić, 2015).

Κεφάλαιο 2^ο

2.1 Δίκτυο Bitcoin

Το 2008, δημιουργήθηκαν τα πρώτα σύγχρονα κρυπτονομίσματα με τον συνδυασμό του blockchain με άλλων τεχνολογιών και εννοιών υπολογιστών, τα οποία είναι ηλεκτρονικά μετρητά που αντί για κεντρικό αποθετήριο ή αρχή έχουν προστασία μέσω κρυπτογραφικών μηχανισμών. Αυτή η τεχνολογία έγινε περισσότερο γνωστή το 2009 με την έναρξη του δικτύου Bitcoin, το πρώτο από τα πολλά σύγχρονα κρυπτονομίσματα. Σε παρόμοια συστήματα καθώς και στο Bitcoin οι ψηφιακές πληροφορίες που αντιπροσωπεύουν ηλεκτρονικά μετρητά μεταφέρονται σε ένα κατακεντρωμένο σύστημα. Οι χρήστες Bitcoin έχουν την δυνατότητα ψηφιακά να υπογράψουν και να μεταβιβάσουν τα δικαιώματά τους σε αυτές τις πληροφορίες σε άλλο χρήστη και το blockchain Bitcoin καταγράφει αυτήν τη μεταφορά δημόσια, επιτρέποντας σε όλους τους συμμετέχοντες του δικτύου να επαληθεύουν ανεξάρτητα την εγκυρότητα των συναλλαγών (Baumann, 2014).

Το blockchain Bitcoin διατηρείται και διαχειρίζεται ανεξάρτητα από μια κατακεντρωμένη ομάδα συμμετεχόντων. Αυτό, μαζί με τους κρυπτογραφικούς μηχανισμούς, καθιστά το blockchain ανθεκτικό στις προσπάθειες αλλαγής του καθολικού αργότερα (τροποποίηση μπλοκ ή πλαστογραφία συναλλαγών). Η τεχνολογία Blockchain έδωσε την δυνατότητα για την δημιουργία πολλών νέων κρυπτονομισμάτων όπως το Bitcoin και το Ethereum¹. Γι αυτό το λόγο, η τεχνολογία blockchain συνδέεται με το Bitcoin ή γενικότερα με τις λύσεις κρυπτονομισμάτων. Όμως, η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια μεγαλύτερη ποικιλία εφαρμογών και διερευνάται για διάφορους τομείς. Η τεχνολογία blockchain λόγω των πολλών στοιχείων της καθώς και η εξάρτησή της από κρυπτογραφικά πρωτόγονα και κατακεντρωμένα συστήματα μπορούν να κάνουν την κατανόησή της δύσκολη. Ωστόσο, κάθε στοιχείο μπορεί να περιγραφεί απλά και να χρησιμοποιηθεί ως δομικό στοιχείο για την κατανόηση του μεγαλύτερου πολύπλοκου συστήματος (Baumann, 2014).

Οι αλυσίδες μπλοκ είναι κατακεντρωμένα ψηφιακά βιβλία κρυπτογραφικά υπογεγραμμένων συναλλαγών που ομαδοποιούνται σε μπλοκ. Κάθε μπλοκ συνδέεται

κρυπτογραφικά με το προηγούμενο (καθιστώντας το εμφανές παραβιάσεις) μετά την επικύρωση και τη συναίνεση. Καθώς προστίθενται νέα μπλοκ, τα παλαιότερα μπλοκ γίνονται πιο δύσκολο να τροποποιηθούν (δημιουργώντας αντίσταση παραβίασης). Τα νέα μπλοκ αναπαράγονται σε αντίγραφα του καθολικού εντός του δικτύου και τυχόν διενέξεις επιλύεται αυτόματα χρησιμοποιώντας καθιερωμένους κανόνες (Baumann, 2014).

Παράλληλα, οι Alqassem, et al., (2018), με την ερευνα τους έρχονται να συμπληρώσουν ότι το Bitcoin είναι ένα σύνθετο κοινωνικό-κυβερνοφυσικό σύστημα που αποτελείται από ένα αποκεντρωμένο δίκτυο πληρωμών peer-to-peer, μια νομισματική μονάδα και έναν δημόσια διατηρημένο ιστορικό συναλλαγών που φυλάσσεται σε ένα μαζικά αναπαραγόμενο δημόσιο καθολικό, π.χ. το blockchain, έναν αλγόριθμο που ελέγχει τη δημιουργία χρημάτων και έναν μηχανισμό επαλήθευσης ιδιοκτησίας χρησιμοποιώντας κρυπτογραφία δημόσιου κλειδιού, όπου κάθε διεύθυνση Bitcoin αποτελείται από ένα ζεύγος δημόσιων και ιδιωτικών κλειδιών. Η διαδικασία δημιουργίας νέων νομισμάτων στο σύστημα ονομάζεται εξόρυξη.

Η διαδικασία εξόρυξης είναι υπολογιστικά ακριβής. Οποιοσδήποτε κόμβος που είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο Bitcoin μπορεί να συμμετάσχει στην εξόρυξη Bitcoin είτε ως μέρος μιας ομάδας εξορυκτών (που ονομάζεται mining pool) είτε μεμονωμένα. Στη συγκεντρωτική εξόρυξη, τα νομίσματα που δημιουργούνται μοιράζονται με βάση την υπολογιστική ισχύ που συνεισφέρει κάθε μέλος (Oggier, et al., 2018).

2.1.1 Πλεονεκτήματα των bitcoins

Τοποθετημένο στη διασταύρωση τεχνολογίας, οικονομίας και πολιτικής, το Bitcoin απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση για τη μελέτη της χρησιμότητας, των κινδύνων και της χρήσης του. Από τεχνολογική άποψη, το χαρακτηριστικό του βασικού πρωτοκόλλου είναι η αποκέντρωση, η οποία συμβάλλει στη δημόσια έγκριση του Bitcoin ως τρόπου πληρωμής. Σε ένα κατανεμημένο δίκτυο συναίνεσης, η ανάγκη για μια κεντρική αρχή για τον έλεγχο της λειτουργίας του συστήματος καθίσταται παρωχημένη. Ως εκ τούτου, το Bitcoin ακολουθεί τον κανόνα «χρήστης

πρώτος», παρακάμπτοντας τον ρόλο των παραδοσιακών χρηματοοικονομικών διαμεσολαβητών (Möser and Böhme 2015).

Καθώς οι διαδικτυακές πληρωμές μπορούν να πραγματοποιηθούν απευθείας μεταξύ των χρηστών, το Bitcoin προσφέρει μεγαλύτερες ταχύτητες συναλλαγών από άλλες εναλλακτικές λύσεις πληρωμής. Μια άλλη σχετική πτυχή είναι η διαδικασία εξόρυξης, η οποία αντιπροσωπεύει τη συνολική σταθερότητα, την ασφάλεια και την αξιοπιστία του αποκεντρωμένου συστήματος πληρωμών. Έχοντας κίνητρα από οικονομική αμοιβή με τη μορφή νέων bitcoins και χρεώσεων συναλλαγών, οι ειδικοί συμμετέχοντες στο δίκτυο, οι «miners», συνεισφέρουν υπολογιστικούς πόρους για την επαλήθευση των συναλλαγών μεταξύ των μερών και για τη διατήρηση μιας συνεπούς κατάστασης δημόσιου καθολικού. Αυτό το καθολικό καταγράφει το πλήρες ιστορικό πληρωμών σε διατεταγμένα μπλοκ συναλλαγών και είναι το γνωστό blockchain (Möser and Böhme 2015).

Μια οικονομική ανάλυση κόστους-οφέλους επισημαίνει πιθανώς χαμηλές χρεώσεις συναλλαγών, ευκαιρίες κερδοσκοπίας και ανταμοιβές εξόρυξης ως πιθανούς λόγους ενδιαφέροντος για το Bitcoin. Θεωρητικά, τα τέλη είναι προαιρετικά και καταβάλλονται σε οποιονδήποτε «εξορύκτη» επαληθεύει με επιτυχία ένα μπλοκ με αυτήν τη συναλλαγή. Στην πράξη, οι περισσότερες συναλλαγές στο blockchain περιλαμβάνουν ένα τέλος, το οποίο μπορεί να εξηγηθεί, για παράδειγμα, από μια προεπιλεγμένη τιμή που έχει διαμορφωθεί στο τυπικό λογισμικό πελάτη (Möser and Böhme 2015).

Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές επιλογές πληρωμής, οι χρεώσεις Bitcoin είναι συνήθως χαμηλότερες από τις χρεώσεις που επιβαρύνουν τα άτομα όταν πραγματοποιούν διεθνείς πληρωμές και μεταφορές, ενώ η εξοικονόμηση κόστους σε περίπτωση τοπικών αγορών λιανικής δεν είναι πάντα εμφανής. Οι κυμαινόμενες συναλλαγματικές ισοτιμίες μεταξύ Bitcoin και νομισμάτων fiat ανοίγουν μια ευκαιρία για συναλλαγές και κερδοσκοπία στις αγορές συναλλάγματος. Επιδιώκοντας να επωφεληθούν από την υψηλή αστάθεια των τιμών, πολλοί χρήστες φαίνεται να αποκτούν bitcoin όχι για να τα χρησιμοποιήσουν για να πληρώσουν για αγαθά ή υπηρεσίες, αλλά για να τα κρατήσουν μέχρι να ανατιμηθούν οι συναλλαγματικές ισοτιμίες. Αυτό το γεγονός εγείρει τη συνεχιζόμενη συζήτηση στον ακαδημαϊκό κόσμο και την πρακτική σχετικά με τη σωστή ερμηνεία του Bitcoin ως ψηφιακού νομίσματος ή ενός απλού επενδυτικού εργαλείου (Möser and Böhme 2015).

Αν και οι επενδυτικές ευκαιρίες επηρεάζουν την απόφαση των ατόμων να χρησιμοποιήσουν Bitcoin, η πρόσφατη μελέτη των Hur et al. (2015) αναφέρει ότι η κερδοσκοπική φύση του Bitcoin δεν είναι αποκλειστικός λόγος υιοθέτησης Bitcoin. Οι συναλλαγές Bitcoin είναι μη αναστρέψιμες καθώς τα χρήματα που μεταφέρθηκαν μπορούν να επιστραφούν στον αποστολέα μόνο με τη συγκατάθεση του παραλήπτη. Η μη αναστρεψιμότητα είναι μια φυσική επιλογή σχεδιασμού, η οποία δικαιολογείται από την απουσία κεντρικού διαιτητή για την επαλήθευση και την αναστροφή ανεπιθύμητων ή τυχαίων συναλλαγών. Το αν είναι θετικό ή αρνητικό χαρακτηριστικό του Bitcoin είναι συζητήσιμο. Η αδυναμία αντιστροφής επιβεβαιωμένων πληρωμών προστατεύει τους εμπόρους από απάτη με αντιστροφές χρεώσεων. Από την άλλη πλευρά, οι χρήστες έχουν ελάχιστες πιθανότητες να πάρουν χρήματα πίσω σε περιπτώσεις απάτης ή τυχαίων λαθών στις λεπτομέρειες των συναλλαγών.

2.1.2 Κίνδυνοι του Bitcoin

Όπως κάθε άλλο σύστημα πληρωμών, το Bitcoin εκθέτει τους κατόχους του σε ορισμένους τύπους κινδύνου. Οι Böhme et al. (2015), σε έρευνα τους κάνουν διάκριση μεταξύ κινδύνου αγοράς, κινδύνου αντισυμβαλλομένου, κινδύνου συναλλαγής, λειτουργικού κινδύνου, κινδύνου ιδιωτικού απορρήτου καθώς και νομικού και ρυθμιστικού κινδύνου.

Στο οικοσύστημα του Bitcoin υπάρχουν ποικίλοι χρηματοοικονομικοί μεσάζοντες τρίτων, π.χ. ανταλλαγές συναλλάγματος, απομακρυσμένα πορτοφόλια ή ανωνυμοποιητές συναλλαγών (Moore and Christin 2013). Οι Möser et al. (2014) τονίζουν ότι *«ορισμένοι μεσάζοντες είναι απαραίτητοι για να καταστεί το Bitcoin χρησιμοποιήσιμο ως παγκόσμιο νόμισμα του Διαδικτύου»*. Χωρίς ανταλλαγές που φέρνουν σε επαφή αγοραστές και πωλητές, είναι δύσκολο για τα ενδιαφερόμενα άτομα να αποκτήσουν αρχικά bitcoin. Ωστόσο, οι μεσάζοντες αναπόφευκτα εκθέτουν τους πελάτες τους σε κίνδυνο αντισυμβαλλομένου λόγω πιθανών ευπαθειών ασφαλείας των συστημάτων. Για παράδειγμα, το ανταλλακτήριο μεγάλου όγκου Mt. Gox διέκοψε τη λειτουργία του το 2014, αναφέροντας την απώλεια 754.000 bitcoin των πελατών του (που ισοδυναμεί με περίπου 450 εκατομμύρια δολάρια τη στιγμή του κλεισίματος) (Böhme et al. 2015).

Επιπλέον, τα bitcoins ενδέχεται να χαθούν λόγω απροσεξίας των χρηστών, όπως τυπογραφικά λάθη στη συναλλαγή, ξεχασμένοι κωδικοί πρόσβασης ή ελαττώματα ασφαλείας των συσκευών που χρησιμοποιούνται. Είναι πιθανό, αν και απίθανο, μια ήδη επιβεβαιωμένη συναλλαγή να αποδειχθεί άκυρη λόγω της ύπαρξης άλλης μεγαλύτερης αλυσίδας μπλοκ. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω μιας διχάλας στο blockchain, όταν δύο ή περισσότεροι εξορύκτες δημοσιεύουν ταυτόχρονα μπλοκ συναλλαγών με το ίδιο προηγούμενο μπλοκ. Ο κανόνας για την επίλυση αυτού του ζητήματος υπαγορεύει τους ανθρακωρύχους να υιοθετήσουν και να εξορύξουν στη μεγαλύτερη αλυσίδα. Τελικά, η πλειοψηφία των ανθρακωρύχων θα μετατραπεί στην ίδια μεγαλύτερη αλυσίδα, ακυρώνοντας τυχόν συναλλαγές που έχουν καταγραφεί σε άλλες εναλλακτικές αλυσίδες (Abramova & Böhme, 2016).

Ένας άλλος καθοριστικός παράγοντας του κινδύνου συναλλαγών, η πιθανή μαύρη λίστα των bitcoin αμφίβολης προέλευσης, αναδεικνύεται από συζητήσεις και ανησυχίες σχετικά με την πιθανή χρήση του Bitcoin για παράνομες δραστηριότητες. Αν και δεν εφαρμόζεται ευρέως σήμερα, η μαύρη λίστα επιβάλλει μια απειλή λόγω μιας περιόδου αβεβαιότητας μεταξύ της εκτέλεσης μιας συναλλαγής και της εγγραφής της στη μαύρη λίστα (Möser et al. 2014). Ως εκ τούτου, οι χρήστες ενδέχεται να αντιμετωπίσουν τον κίνδυνο να αποδεχτούν υποτιθέμενα νόμιμα bitcoin, τα οποία θα μπορούσαν αργότερα να μπουν στη μαύρη λίστα από τις αρχές επιβολής του νόμου και κατά συνέπεια να χάσουν την αξία τους (Abramova & Böhme, 2016).

Όπως κάθε άλλη επένδυση, η αγορά ή η διαπραγμάτευση αυτού του εικονικού νομίσματος δεν είναι χωρίς κίνδυνο. Εδώ είναι οι κύριοι επενδυτικοί κίνδυνοι Bitcoin που επιβεβαιώνουν τους κινδύνους που αναφέρθηκαν ήδη.

- Αστάθεια: Το Bitcoin είναι ένα ασταθές ψηφιακό περιουσιακό στοιχείο επειδή υπομένει απίστευτες κατακόρυφες πτώσεις και αυξήσεις στην αξία του.
- Κρίση ταυτότητας: Το Bitcoin χρησιμεύει ως νόμισμα και ως εμπόρευμα. Αυτό σημαίνει ότι η κυβέρνηση μπορεί να φορολογήσει το Bitcoin όπως κάθε άλλο εμπόρευμα. Αλλά επειδή είναι αποκεντρωμένο, η φορολόγηση του γίνεται πρόκληση..
- Ανεπαρκής ρύθμιση: Καμία κυβέρνηση ή κεντρική τράπεζα δεν ρυθμίζει το Bitcoin και αυτό εξηγεί την υψηλή αστάθειά του. Εάν κάποιος χάσει την επένδυσή τους σε Bitcoin, δεν υπάρχει χώρος για να κατατεθεί αξίωση ή καταγγελία.

Με λίγα λόγια, το Bitcoin θα μπορούσε να θεωρηθεί καλή επένδυση για άτομα με ανοχή υψηλού κινδύνου ("Investing in Bitcoin- Risks and Opportunities", 2022).

2.2 Ethereum

Σύμφωνα με Mohammed et al., (2021), το Ethereum από άποψη αγοράς είναι μετά το Bitcoin το δεύτερο μεγαλύτερο κρυπτονόμισμα. Είναι επίσης μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα υπολογιστών που μπορεί να τρέξει μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένου ενός κόσμου αποκεντρωμένων εφαρμογών και υπηρεσιών χρηματοδότησης (ή DeFi). Από οικονομικά εργαλεία και παιχνίδια μέχρι πολύπλοκες βάσεις δεδομένων, εκτελούνται ήδη στο blockchain Ethereum. Και οι μελλοντικές του δυνατότητες περιορίζονται μόνο από τη φαντασία των προγραμματιστών. Όπως το θέτει το μη κερδοσκοπικό Ίδρυμα Ethereum: *«Το Ethereum είναι κάτι περισσότερο από πληρωμές. Είναι μια αγορά χρηματοοικονομικών υπηρεσιών, παιχνιδιών και εφαρμογών που δεν μπορούν να κλέψουν τα δεδομένα σας ή να σας λογοκρίνουν»*.

Οι εφαρμογές που βασίζονται στο Ethereum κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας τη βασική του καινοτομία: τα «έξυπνα συμβόλαια». Τα έξυπνα συμβόλαια, όπως τα κανονικά συμβόλαια σε χαρτί, καθορίζουν τους όρους μιας συμφωνίας μεταξύ των μερών. Όμως, σε αντίθεση με ένα παλιομοδίτικο συμβόλαιο, τα έξυπνα συμβόλαια εκτελούνται αυτόματα όταν πληρούνται οι όροι χωρίς να χρειάζεται κανένα από τα συμμετέχοντα μέρη να γνωρίζει ποιος βρίσκεται στην άλλη πλευρά της συμφωνίας και χωρίς την ανάγκη κανενός είδους μεσάζοντα (Mohammed et al., 2021).

Το Ethereum, όπως και το Bitcoin, είναι ένα έργο ανοιχτού κώδικα που δεν ανήκει ούτε λειτουργεί από ένα μεμονωμένο άτομο. Αυτό σημαίνει ότι ο καθένας που να συνδέεται στο διαδίκτυο έχει την δυνατότητα να εκτελέσει έναν κόμβο Ethereum ή να αλληλεπιδράσει με το δίκτυο. Ωστόσο, το Ethereum διαφέρει από το Bitcoin ως προς την ικανότητά του να δημιουργεί και να εκτελεί έξυπνα συμβόλαια. Τα έξυπνα συμβόλαια επιτρέπουν ένα τεράστιο οικοσύστημα εφαρμογών στο Ethereum, όπως τα stablecoins (τα οποία είναι συνδεδεμένα με το δολάριο μέσω έξυπνων συμβολαίων),

οι αποκεντρωμένες εφαρμογές χρηματοδότησης (γνωστές ως DeFi) και άλλες αποκεντρωμένες εφαρμογές (ή dapps).

Όπως και το Bitcoin, το Ethereum προστατεύεται από ένα παγκόσμιο δίκτυο υπολογιστών που ονομάζεται «miners» που επεξεργάζεται και επαληθεύει τις συναλλαγές. Ωστόσο, σε αντίθεση με το Bitcoin, το Ethereum σχεδιάζει να καταργήσει σταδιακά την εξόρυξη εντελώς, μεταβαίνοντας τελικά σε έναν μηχανισμό που ονομάζεται «απόδειξη συμμετοχής» (Mohammed et al., 2021).

Το 2013, ένας 19χρονος προγραμματιστής υπολογιστών (και συνιδρυτής του Bitcoin Magazine) ονόματι Vitalik Buterin κυκλοφόρησε μια λευκή βίβλο που πρότεινε ένα εξαιρετικά ευέλικτο blockchain που θα μπορούσε να υποστηρίξει σχεδόν κάθε είδους συναλλαγή. Το 2014, η Vitalik, μαζί με μια ομάδα συνιδρυτών, συμπεριλαμβανομένου του Gavin Wood, χρηματοδότησε crowdfund την ανάπτυξη του πρωτοκόλλου Ethereum με την πώληση 18 εκατομμυρίων δολαρίων σε μάρκες πριν από την κυκλοφορία. Το 2015, η πρώτη δημόσια έκδοση του blockchain Ethereum κυκλοφόρησε τον Ιούλιο και η λειτουργικότητα έξυπνων συμβολαίων άρχισε να κυκλοφορεί στο blockchain Ethereum.

Σήμερα, οποιοσδήποτε διαθέτει ισχυρό επεξεργαστή γραφικών μπορεί να εξορύξει το Ethereum στον υπολογιστή του, ωστόσο μπορεί να μην είναι κερδοφόρο. Όπως το Bitcoin, οι εξορύκτες μικρής κλίμακας ανταγωνίζονται περισσότερες μεγάλες επιχειρήσεις χρησιμοποιώντας ισχυρό, εξειδικευμένο υλικό. Η εξόρυξη Ethereum σχεδιάζεται να καταργηθεί σταδιακά το 2022 υπέρ μιας τεχνολογίας που ονομάζεται proof of stake (Mohammed et al., 2021).

Μέσω της απόδειξης πονταρίσματος, το Ethereum θα ασφαλιστεί από ένα παγκόσμιο δίκτυο «επικυρωτών» που θα τρέχουν το λογισμικό του Ethereum ενώ ποντάρουν ένα συγκεκριμένο ποσό μάρκες ETH. Μόλις ολοκληρωθεί αυτή η αναβάθμιση, οποιοσδήποτε έχει μερίδιο ETH και υπολογιστή που πληροί τις απαιτήσεις μπορεί να γίνει επικυρωτής. Όπως και στην περίπτωση του Bitcoin, η τιμή του Ethereum βασίζεται σε μια παγκόσμια αγορά προσφοράς και ζήτησης. Η τιμή του μπορεί να είναι ευμετάβλητη βραχυπρόθεσμα, καθώς η ζήτηση υπερκαλύπτει την προσφορά και το αντίστροφο. Ωστόσο, μακροπρόθεσμα η τιμή του ETH ξεπέρασε ιστορικά πολλές παραδοσιακές επενδύσεις, όπως δείκτες μεγάλων μετοχών και ομολόγων (Mohammed et al., 2021).

2.3 Πορτοφόλια Λογισμικού (Software wallets)

Σύμφωνα με Chauhan, et al., (2017), τα πορτοφόλια λογισμικού διατίθενται σε πολλές μορφές, καθεμία με το δικό της σύνολο μοναδικών χαρακτηριστικών. Τα περισσότερα είναι κατά κάποιο τρόπο συνδεδεμένα στο διαδίκτυο. Τα πορτοφόλια διακρίνονται από ένα σύνολο υποστηριζόμενων κρυπτονομισμάτων και πλατφορμών λογισμικού όπως Windows, Mac και άλλα λειτουργικά συστήματα. Τα πορτοφόλια λογισμικού είναι διαθέσιμα σε τρεις μορφές (επιτραπέζιους υπολογιστές, κινητά και διαδικτυακά):

Τα πορτοφόλια επιτραπέζιων υπολογιστών είναι προγράμματα υπολογιστών που αποθηκεύουν κρυπτονομίσματα σε έναν υπολογιστή, έτσι ώστε οι πληροφορίες τους να μην είναι προσβάσιμες σε κανέναν εκτός από τον χρήστη, του οποίου τα ιδιωτικά κλειδιά διατηρούνται μόνο στην επιφάνεια εργασίας.

Τα κινητά πορτοφόλια έχουν τη μορφή εφαρμογής για smartphone και είναι εύκολα προσβάσιμα στους χρήστες τους ανά πάσα στιγμή, δεδομένου ότι οι περισσότεροι άνθρωποι δεν φεύγουν από τα σπίτια τους χωρίς τα τηλέφωνα τους. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι κινητές συσκευές είναι ευάλωτες σε διάφορα κακόβουλα προγράμματα και μπορούν εύκολα να χαθούν.

Τα διαδικτυακά πορτοφόλια είναι πορτοφόλια ιστού στα οποία είναι δυνατή η πρόσβαση από οπουδήποτε και οποιαδήποτε συσκευή, γεγονός που τα καθιστά πιο βολικά, αλλά τα ιδιωτικά κλειδιά αποθηκεύονται από τους κατόχους ιστότοπων και όχι τοπικά στις συσκευές χρηστών (Chauhan, et al., 2017).

Παράλληλα, το Exodus είναι ένα από τα πιο δημοφιλή πορτοφόλια λογισμικού για την αποθήκευση Bitcoin (BTC) και υποστηρίζει περισσότερα από 110 άλλα κρυπτονομίσματα. Η υπηρεσία ξεκίνησε το 2015 και εδρεύει στη Νεμπράσκα, και υποστηρίζεται από όλες τις μεγάλες πλατφόρμες λογισμικού. Ο κώδικας Exodus είναι εν μέρει ανοιχτού κώδικα. Τα ιδιωτικά κλειδιά ελέγχονται από τους χρήστες και δεν αφήνουν τη συσκευή όπου είναι εγκατεστημένο το πορτοφόλι. Η φιλοσοφία της υπηρεσίας συνεπάγεται την απουσία οποιασδήποτε προσωπικής ταυτοποίησης και αλληλεπίδρασης με τις τράπεζες. Η Exodus έχει συνεργαστεί με αρκετούς εταίρους ανταλλαγής για να προσφέρει υπηρεσίες μεταφοράς σε ένα ευρύτερο φάσμα

νομισμάτων. Το Exodus είναι μια δωρεάν υπηρεσία, ενώ τα τέλη συναλλαγών του καταβάλλονται μόνο σε miners και καθορίζονται αυτόματα χρησιμοποιώντας την υπηρεσία χρέωσης Bitcoin. Το μέγεθος μιας συναλλαγής στο πορτοφόλι καθορίζεται από τον αριθμό των εισόδων και εξόδων. Όσο περισσότερες εισροές, τόσο πιο ακριβή γίνεται η συναλλαγή. Το πορτοφόλι χρεώνει ένα μέρος της προμήθειας για τη διευκόλυνση των συναλλαγών που πραγματοποιούνται εντός του συστήματος.

Το Electrum Bitcoin Wallet είναι μια αξιόπιστη υπηρεσία που υπάρχει από το 2011. Είναι ένα λεγόμενο «λεπτό» πορτοφόλι, όπου ολόκληρο το blockchain δεν μεταφορτώνεται στη συσκευή του χρήστη αλλά αποθηκεύεται μάλλον στους διακομιστές δικτύου. Σε αυτήν την περίπτωση, γίνεται αποθήκευση των ιδιωτικών κλειδιών στον υπολογιστή του χρήστη σε κρυπτογραφημένη μορφή και δεν αποστέλλονται ποτέ στον διακομιστή. Οι εκδόσεις του Electrum Bitcoin Wallet μπορούν να συγχρονιστούν αυτόματα σε διαφορετικούς υπολογιστές. Εάν οι χρήστες θέλουν να χρησιμοποιήσουν άλλο πρόγραμμα πελάτη ή μια ηλεκτρονική υπηρεσία στο μέλλον, μπορούν εύκολα να εξάγουν τα κλειδιά τους εκεί ή να εισάγουν κλειδιά σε ένα κρύο πορτοφόλι ("Overview of Software Wallets, the Easy Way to Store Crypto", 2022).

Αυτό το «κρυπτοπορτοφόλι» μπορεί να υπογράψει συναλλαγές σε μια συσκευή που είναι αποσυνδεδεμένη από το δίκτυο αποθηκεύοντας μια νέα συναλλαγή σε μια μονάδα flash USB και στη συνέχεια φορτώνοντάς την σε μια συσκευή συνδεδεμένη στο διαδίκτυο, όπου η νέα συναλλαγή μπορεί να εισαχθεί στο δίκτυο. Το πορτοφόλι είναι λειτουργικά ένα ανάλογο ενός πορτοφολιού υλικού, αν και με μια ελαφρώς πιο σύνθετη αλυσίδα ενεργειών, και χρησιμοποιεί επίσης κρυπτογράφηση δύο επιπέδων ("Overview of Software Wallets, the Easy Way to Store Crypto", 2022).

Αναφορικά με το Jaxx Liberty, με έδρα τον Καναδά, η Jaxx κυκλοφόρησε το 2016 από τον Anthony Di Iorio. Το Jaxx είναι διαθέσιμο στα πιο δημοφιλή λειτουργικά συστήματα: Windows, Linux, Mac OS, Android, IOS και επίσης ως επέκταση στο πρόγραμμα περιήγησης Google Chrome.

Πάνω από 80 κρυπτονομίσματα είναι διαθέσιμα καθώς το χρηματιστήριο ShapeShift είναι επίσης ενσωματωμένο στο πορτοφόλι Jaxx για εύκολες και γρήγορες συναλλαγές. Η πλατφόρμα Jaxx δεν υποστηρίζει συναλλαγές χρημάτων ή πολλαπλές υπογραφές. Είναι μια δωρεάν υπηρεσία και τα τέλη συναλλαγής καταβάλλονται στους εξορύκτες και διαφέρουν ανά νόμισμα. Κατά τη μεταφορά BTC, οι χρήστες

επιλέγουν από τρεις επιλογές για χρεώσεις, ανάλογα με τον επείγοντα χαρακτήρα της μεταφοράς.

Τέλος, το ατομικό πορτοφόλι (Atomic Wallet), ιδρύθηκε το 2017 και είναι μια εφαρμογή για υπολογιστές που δίνει την δυνατότητα στους χρήστες για πλήρη έλεγχο των αποταμιεύσεών τους σε κρυπτονομίσματα, καθώς τα ιδιωτικά κλειδιά και τα δεδομένα συναλλαγών για αυτήν την υπηρεσία αποθηκεύονται στους υπολογιστές των χρηστών και όχι στους διακομιστές του παρόχου. ("Overview of Software Wallets, the Easy Way to Store Crypto", 2022).

Κεφάλαιο 3^ο

3.1 Σύγχρονη αλυσίδα εφοδιασμού έναντι παραδοσιακής

Σύμφωνα με Maurer (2017), οι σύγχρονες αλυσίδες εφοδιασμού είναι εγγενώς πολύπλοκες και περιλαμβάνουν οντότητες πολλαπλών επιπέδων, γεωγραφικά διαχωρισμένες που ανταγωνίζονται για την εξυπηρέτηση των καταναλωτών. Η παγκοσμιοποίηση, οι διαφορετικές ρυθμιστικές πολιτικές και η ποικίλη πολιτισμική και ανθρώπινη συμπεριφορά στα δίκτυα της εφοδιαστικής αλυσίδας κάνουν πάρα πολύ δύσκολη την δυνατότητα αξιολόγησης των πληροφοριών και τη διαχείριση του κινδύνου σε αυτό το περίπλοκο δίκτυο.

Οι αναποτελεσματικές συναλλαγές, η απάτη, η κλοπή και οι αλυσίδες εφοδιασμού με κακή απόδοση, οδηγούν σε μεγαλύτερη έλλειψη εμπιστοσύνης, και ως εκ τούτου, στην ανάγκη για καλύτερη ανταλλαγή πληροφοριών και επαληθευσιμότητα. Η ιχνηλασιμότητα γίνεται ολοένα και πιο επείγουσα απαίτηση και θεμελιώδης παράγοντας διαφοροποίησης σε πολλές αλυσίδες εφοδιασμού βιομηχανιών συμπεριλαμβανομένου του αγροδιατροφικού τομέα, των φαρμακευτικών και ιατρικών προϊόντων και των αγαθών υψηλής αξίας (Maurer 2017).

Τα είδη πολυτελείας και υψηλής αξίας των οποίων η προέλευση θα μπορούσε διαφορετικά να εξαρτάται από τα χάρτινα πιστοποιητικά και τις αποδείξεις μπορούν εύκολα να χαθούν ή να αλλαχθούν. Στην πραγματικότητα, η έλλειψη διαφάνειας στην αξία προσφοράς οποιουδήποτε είδους εμποδίζει τις οντότητες της αλυσίδας εφοδιασμού και τους πελάτες να επαληθεύσουν και να επικυρώσουν την πραγματική αξία αυτού του είδους. Το κόστος που συνεπάγεται ο χειρισμός των διαμεσολαβητών, η αξιοπιστία και η διαφάνειά τους περιπλέκουν περαιτέρω τη διαχείριση αυτής της ιχνηλασιμότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού. Από αυτούς τους κινδύνους και την έλλειψη διαφάνειας προκύπτουν ζητήματα στρατηγικού ανταγωνισμού και φήμης (Dong et al. 2018;Sabeti et. al., 2019).

Για παράδειγμα, το κρούσμα επιδημίας σαλμονέλας που συνδέεται με τη παπάγια με την μάρκα ‘Maradol’, με εκατοντάδες ανθρώπους στις Ηνωμένες Πολιτείες να έχουν αρρωστήσει, θα μπορούσε να υποτιμήσει μια μάρκα και την

αλυσίδα εφοδιασμού της. Το κέντρο έλεγχου δεν μπορούσε να αναφέρει με ακρίβεια την προέλευση των μολυσμένων παπάγιας, διότι δεν ήταν όλες οι αποστολές ανιχνεύσιμες και δεν μπορούσαν να ανακληθούν και έτσι συνεχίστηκαν τα ζημιογόνα αποτελέσματα και οι ανησυχίες για την ασφάλεια. Μια άλλη περίπτωση είναι το ξέσπασμα του E. coli του 2015 στα καταστήματα Chipotle Mexican Grill, αφήνοντας δεκάδες πελάτες άρρωστους. Αυτό το ξέσπασμα προκάλεσε σημαντικές ανησυχίες για την εικόνα της Chipotle, προκαλώντας πτώση των τιμών των μετοχών της έως και 42%. Η έλλειψη διαφάνειας και υπευθυνότητας στις αλυσίδες εφοδιασμού της Chipotle και η δυνατότητα παρακολούθησης πολλών προμηθευτών σε πραγματικό χρόνο ήταν μερικά εμπόδια για την Chipotle (Dong et al. 2018;Saber et. al., 2019).

Αυτά τα εμπόδια θα μπορούσαν να προκαλέσουν περαιτέρω πρόληψη της μόλυνσης ακόμη και μετά την ανακάλυψή της. Οι τρέχουσες αλυσίδες εφοδιασμού βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε κεντρικά, μερικές φορές ανόμοια και αυτόνομα συστήματα διαχείρισης πληροφοριών, τα οποία βρίσκονται εντός των οργανισμών. Για παράδειγμα, τα συστήματα προγραμματισμού πόρων της επιχείρησης, τα οποία έχουν τις δικές τους παγίδες. Οι οντότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτούν σημαντική εμπιστοσύνη για να βασίζονται σε έναν μεμονωμένο οργανισμό ή μεσίτη για την αποθήκευση των ευαίσθητων και πολύτιμων πληροφοριών τους. Η αποτυχία ενός σημείου είναι ένα άλλο μειονέκτημα των κεντρικών συστημάτων πληροφοριών που αφήνει ολόκληρο το σύστημα ευάλωτο σε σφάλματα, πειρατεία, διαφθορά ή επίθεση (Dong et al. 2018;Saber et. al., 2019).

3.2 Οφέλη της ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας

Τα οφέλη της ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας (DSC) περιλαμβάνουν τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας των υπηρεσιών και τις δραστηριότητες που δημιουργούν αξία που είναι ωφέλιμοι για μεγάλο αριθμό παραγόντων του συστήματος, όπως των επιχειρήσεων και των προμηθευτών, των εργαζομένων και των πελατών τους. Σύμφωνα με τους Mentzer et al., (2001) μια αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να οριστεί ως *«ένα σύνολο τριών ή περισσότερων οντοτήτων (δηλαδή, οργανισμών ή ατόμων) που εμπλέκονται άμεσα στις ροές των προϊόντων, των υπηρεσιών, των οικονομικών, ή/και πληροφορίες από μια πηγή σε έναν πελάτη»*. Αυτός ο ορισμός τονίζει το σημαντικό ρόλο που έχουν οι ροές πληροφοριών ανάμεσα σε

επιχειρήσεις και ιδιαίτερα σε επίπεδο δραστηριοτήτων και επιχειρηματικών διαδικασιών. Ως εκ τούτου, στην εφοδιαστική αλυσίδα για να έχει αποτέλεσμα η ολοκλήρωση μεταξύ των παραγόντων είναι απαραίτητη η ενοποίηση των διαδικασιών και των πληροφοριών. Χαρακτηριστικό του DSC είναι η λειτουργική και στρατηγική ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα στους προμηθευτές (οικονομικοί, παραγωγικοί, σχεδιασμοί, έρευνας και/ή ανταγωνισμός) προκειμένου να ενισχυθεί η επικοινωνία μεταξύ των παραγόντων στην αλυσίδα.

Γενικά, ο διοργανωτικός συντονισμός έχει επιτυχία μέσω ηλεκτρονικών συνδέσεων μεταξύ πληροφοριακών συστημάτων, καθώς επιτρέπει την ψηφιοποιημένη και αυτοματοποιημένη επεξεργασία των διαδικασιών πηγής προς πληρωμή που περιλαμβάνουν προμηθευτές και πελάτες στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτή η ανταλλαγή και επεξεργασία πληροφοριών της αλυσίδας εφοδιασμού δεν περιορίζεται στο επίπεδο επιχειρηματικής διαδικασίας, αλλά περιλαμβάνει επίσης έναν τεράστιο όγκο δεδομένων από συσκευές και αισθητήρες (IoT) και από εφαρμογές κοινωνικών μέσων.

Τα ολοκληρωμένα μοντέλα πληροφοριών για την αλυσίδα εφοδιασμού είναι απαραίτητα στα σύγχρονα DSC και ο ρόλος της ενοποίησης πληροφοριών και του αυτοματισμού υπηρεσιών έχει αναγνωριστεί ως σημαντικός επιχειρησιακός μοχλός. Τα οφέλη και οι οδηγοί αξίας της ψηφιοποίησης για τις αλυσίδες εφοδιασμού είναι σημαντικά. Το σημαντικότερο κίνητρο προκειμένου να ολοκληρωθεί η εφοδιαστική αλυσίδα είναι η αποτελεσματικότητα που έχει σχέση με το κόστος διακυβέρνησης και την ελαχιστοποίηση του, συμπεριλαμβανομένου του κόστους ανταλλαγής με άλλους που συμμετέχουν στο σύστημα. Η εξοικονόμηση κόστους που βασίζεται στην τεχνολογία της πληροφορίας δίνει την δυνατότητα για την επεξεργασία πιο πολλών πληροφοριών με μεγαλύτερη συχνότητα και ακρίβεια, από περισσότερες πηγές σε όλο τον κόσμο. Αυτές οι ροές πληροφοριών εξαφανίζουν την ανάγκη εισαγωγής δεδομένων χειροκίνητα και με αυτό το τρόπο μειώνουν το ανθρώπινο λάθος. Μάλιστα, είναι ευρέως αποδεκτό ότι η ολοκλήρωση B2B δημιουργεί αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας και τα τρέχοντα χαμηλά επίπεδα διαλειτουργικότητας του συστήματος συνεχίζουν να προκαλούν υψηλό επενδυτικό κόστος και τα πιθανά οφέλη δεν έχουν ακόμη πραγματοποιηθεί (Korpela et al., 2019).

Άλλα αναγνωρισμένα οφέλη του DSC περιλαμβάνουν μειωμένο κόστος προϊόντων ή υπηρεσιών, δημιουργία ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος και φραγμών στον ανταγωνισμό και αυξημένη ευελιξία στο σχεδιασμό της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η αποτελεσματικότητα της ανταλλαγής πληροφοριών αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο οι πληροφορίες φέρνουν νέα αξία στους πελάτες και τους παράγοντες της εφοδιαστικής αλυσίδας όσον αφορά τις υπηρεσίες, τη λήψη αποφάσεων, την προβολή και την πρόβλεψη (Korpela et al., 2019).

Η βασική ικανότητα είναι να παρέχει τη κατάλληλη στιγμή τις κατάλληλες πληροφορίες στα κατάλληλα άτομα για σκοπούς λήψης αποφάσεων. Σύμφωνα με την ίδια πηγή, η ενοποίηση πληροφοριών και η αυτοματοποίηση υπηρεσιών λειτουργούν ως σημαντικοί μοχλοί της επιχειρηματικής αξίας στις αλυσίδες εφοδιασμού. Οι οδηγοί πρόσθετης αξίας περιλαμβάνουν τη συστημική ενοποίηση και ομαδοποίηση πληροφοριών σχετικά με προϊόντα και υπηρεσίες για τη δημιουργία πρόσθετης αξίας για τους πελάτες. Επίσης υπάρχει η πιθανότητα οι νέες υπηρεσίες ανταλλαγής πληροφοριών να επιδρούν σε μεγάλο βαθμό στη διεύρυνση της λειτουργίας των αλυσίδων εφοδιασμού και των συναφών επιχειρηματικών μοντέλων. Οι Kagermann et al., (2016), σημείωσαν ότι, στο περιβάλλον Industry 4.0, *«τα συστήματα παραγωγής είναι κάθετα δικτυωμένα με επιχειρηματικές διαδικασίες εντός εργοστασίων και επιχειρήσεων και συνδέονται οριζόντια με δίκτυα διασποράς αξίας που μπορούν να διαχειρίζονται σε πραγματικό χρόνο.»*

Η ολοκλήρωση εισάγει νέα στοιχεία συστημικής αξίας, τόσο για τους χρήστες βιομηχανικών και δημόσιων υπηρεσιών όσο και για τους παρόχους υπηρεσιών. Η ανάπτυξη ψηφιακών οικοσυστημάτων για τη δημιουργία αξίας στις επιχειρηματικές διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιασμού συναλλαγών οδηγεί σε σημαντικές επιχειρηματικές ευκαιρίες για τους παράγοντες του οικοσυστήματος (Korpela et al., 2019).

Λαμβάνοντας υπόψη τους κινδύνους της εφοδιαστικής αλυσίδας, είναι σημαντικό να εντοπιστούν συγκεκριμένες δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας για τις οποίες μπορεί να μειωθεί ο κίνδυνος και στη συνέχεια να βρεθούν βιώσιμα μέσα για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτά τα διορθωτικά μέτρα προκειμένου να βελτιώσουν την ανθεκτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τις πιο κάτω βασικές αρχές

1. Αποτροπή/Πρόβλεψη εμφάνισης κινδύνου. Προσδιορισμός των πηγών κινδύνου για αποφυγή του.
2. Μείωση του αντίκτυπου των διαταραχών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Διερεύνηση του ενδεχόμενου αποθήκευσης με πρόσθετο απόθεμα ασφαλείας,

αντιστάθμιση κινδύνου έναντι των αυξήσεων των τιμών των καυσίμων για μεταφορείς και μεταφορά κινδύνου μέσω ασφαλιστικής κάλυψης.

3. Βελτίωση της ευελιξίας για την αντιμετώπιση διαταραχών της εφοδιαστικής αλυσίδας. Βελτίωση της ικανότητας γρήγορης απόκρισης μειώνοντας τον χρόνο ανάκτησης από απροσδόκητα γεγονότα, όπως καταστροφές ή μετατόπιση πηγών εφοδιασμού κοντά σε εργοστάσια παραγωγής κ.α

4. Αλλαγή των κακών συνηθειών που έχουν δημιουργηθεί από μια στάση ως σήμερα. Δεδομένου ότι ο εφησυχασμός ή η οργανωτική αντίσταση μπορεί να καταπνίξει μια καινοτόμο ιδέα για τη διαχείριση των κινδύνων της εφοδιαστικής αλυσίδας, οι επαγγελματίες της εφοδιαστικής αλυσίδας θα πρέπει να είναι ανοιχτόμυαλοι σχετικά με τις αναδυόμενες έννοιες (Min, 2019).

3.3 Εφαρμογή τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα

Σύμφωνα με την έρευνα των Kim & Shin (2019), μια αποτελεσματική και στρατηγική συνεργασία μεταξύ ενός αγοραστή και των προμηθευτών του είναι ένας από τους κρίσιμους παράγοντες επιτυχίας στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (SCM). Η συνεργασία της αλυσίδας εφοδιασμού (SC) περιλαμβάνει την ανταλλαγή βασικών πληροφοριών που προέρχονται από την αγορά και τις παγκόσμιες λειτουργίες δικτύου, ακολουθούμενη από ταχεία κοινή λήψη αποφάσεων με βάση αυτές τις πληροφορίες. Μέσω κοινών προσπαθειών για την αντιστοίχιση ζήτησης και προσφοράς, δύο εμπορικοί εταίροι μπορούν να αυξήσουν τα αμοιβαία οφέλη και να μειώσουν τους κινδύνους.

Από τα πρώτα στάδια του SCM, η σημασία της συνεργασίας SC έχει τονιστεί τόσο στον κλάδο όσο και στον ακαδημαϊκό κόσμο. Ιδιαίτερα, η τεχνολογία της πληροφορίας (IT), όπως οι υπηρεσίες web, ο γραμμικός κώδικας και η αναγνώριση ραδιοσυχνότητας, έχουν παίξει καθοριστικό ρόλο στην επιτυχή λειτουργία της συνεργασίας SC. Η ενοποίηση πληροφορικής κατέστησε δυνατή την απόκτηση επιχειρησιακών πληροφοριών από το SC και στη συνέχεια την κοινή χρήση τους με διασυνδεδεμένους εταίρους σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, η πρόσφατη πρόοδος στην ανάλυση μεγάλων δεδομένων, η οποία περιλαμβάνει την πληροφορική, έχει βελτιώσει την ορατότητα και την προβλεψιμότητα στο επιχειρηματικό περιβάλλον.

Καθώς αναπτύσσεται νέα πληροφορική, θα πρέπει να διερευνηθεί η πιθανή εφαρμογή της στη συνεργασία SC (Kim & Shin, 2019).

1. Τα τελευταία χρόνια, το ηλεκτρονικό χρήμα, όπως το bitcoin, έχει προσελκύσει την προσοχή λόγω της αυξημένης χρήσης σε διαδικτυακές και εκτός σύνδεσης αγορές, καθώς και της απότομης διακύμανσης της αξίας του χρήματος στην αγορά συναλλαγών ηλεκτρονικού χρήματος. Αυτό το ηλεκτρονικό χρήμα βασίζεται στην τεχνολογία blockchain. Το BCT έχει πλεονεκτήματα όπως η διαφάνεια πληροφοριών, η αμετάβλητη πληροφορία και το έξυπνο συμβόλαιο για την υποστήριξη της συνδεσιμότητας και της αξιοπιστίας, τα οποία απαιτούνται για τη συνεργασία SC. Τα πλεονεκτήματα σύμφωνα με τους Kim & Shin, (2019), έχουν ως εξής:
2. Πρώτον, η διαφάνεια πληροφοριών σημαίνει ότι οι σχετικές πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένου του ιστορικού συναλλαγών, είναι ορατές και ανιχνεύσιμες σε όλους τους συμμετέχοντες. Τέτοια δεδομένα ενημερώνονται αυτόματα με τις πιο πρόσφατες εξουσιοδοτημένες αλλαγές σε σχετικά δίκτυα BCT.
3. Δεύτερον, η αμετάβλητη πληροφορία αποτρέπει την τροποποίηση, ή τη διαγραφή των πληροφοριών ή των δεδομένων στο δίκτυο blockchain, χωρίς την έγκριση των συμμετεχόντων στο δίκτυο.
4. Τέλος, ένα έξυπνο συμβόλαιο αντικατοπτρίζει την αποτελεσματική και βολική διαχείριση των συμβάσεων μεταξύ των εταίρων SC. Εν ολίγοις, το BCT θεωρείται μια τεχνολογία που μπορεί να βελτιώσει την απόδοση και τα αποτελέσματα των διαδικασιών εταιρικής σχέσης SC (Kim & Shin, 2019).

Ο Min (2019), έρχεται να συμπληρώσει με την έρευνα του στα πλεονεκτήματα της χρήσης τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα τα παρακάτω:

- ❖ Μειωμένο κόστος/χρόνος συναλλαγής που προκύπτει από καλύτερα διατηρημένες πλατφόρμες blockchain που δεν απαιτούν τη συμμετοχή τρίτων.
- ❖ Βελτίωση ορατότητας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού, αποτέλεσμα της αυξημένης διαφάνειας που αποκτήθηκε μέσω ανοιχτών λογιστικών βιβλίων που μπορεί να δει κάθε άτομο
- ❖ Βελτιωμένη συνδεσιμότητα μεταξύ των εμπορικών εταίρων μέσω της ενσωμάτωσης ψηφιακού και φυσικού κόσμου που περιλαμβάνει κοινή

προβολή των συναλλαγών και των ροών πληροφοριών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού

- ❖ Ο ανασχεδιασμός SC, η ασφάλεια, η ανθεκτικότητα, η προέλευση, η διαχείριση διαδικασιών και η διαχείριση προϊόντων είναι μερικές από τις κύριες λειτουργίες που μπορούν να μεταμορφωθούν με την τεχνολογία blockchain.

Επίσης στη βιβλιογραφική ανασκόπηση πρόέκυψαν και μια σειρά άλλων πλεονεκτημάτων που περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω:

1) Προέλευση εφοδιαστικής αλυσίδας

Η τεχνολογία Blockchain και τα IoT βοηθούν στην κοκκώδη προέλευση των φυσικών αγαθών, τα οποία παράγονται και μεταφέρονται σε σύνθετα, δια-οργανωτικά ή διεθνώς εκτεινόμενα SC που μελετώνται χρησιμοποιώντας οντολογίες ιχνηλασιμότητας και περιορισμούς στην αλυσίδα μπλοκ Ethereum (Kim & Laskowski, 2018). Η προέλευση SC παρέχεται παρέχοντας πιστοποίηση, ιχνηλασιμότητα, επαληθευσιμότητα και δυνατότητα προσέλκυσης πληροφοριών προϊόντων, προέλευσης και γνησιότητας και ακεραιότητας σε ολόκληρο το SC που εκτείνεται πέρα από τα σύνορα. Ήταν η βασική λειτουργία του blockchain για τις αλυσίδες εφοδιασμού διαμαντιών. Συγκεκριμένα, το έργο «Hyperledger Sawtooth» έχει υλοποιηθεί με χρήση τεχνολογιών blockchain και IoT. Μάλιστα, αξίζει να σημειωθεί ότι το πλαίσιο προέλευσης SC που χρησιμοποιεί blockchain το οποίο αποθηκεύει όλες τις κρίσιμες πληροφορίες, διασφαλίζει την πρόσβαση σε δεδομένα βάσει ρόλων και προστατεύει τα δεδομένα μέσω ασφαλούς κρυπτογράφησης έχει αναπτυχθεί από τους Engelenburg et al., (2019).

2) Ανθεκτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η τεχνολογία Blockchain επιτρέπει την ανθεκτικότητα του SC μειώνοντας τις επιπτώσεις των διαταραχών, εφαρμόζοντας προληπτική προσέγγιση για τη διαχείριση κινδύνου και παρέχοντας πολυεπίπεδη προστασία για το δίκτυο SC (Liu et al., 2019). Ο δομικός σχεδιασμός του blockchain βοηθά στην αποτύπωση τόσο των οργανωτικών όσο και των δικτυακών κινδύνων που σχετίζονται με οποιοδήποτε SC.

3) Ανασχεδιασμός εφοδιαστικής αλυσίδας

Οι αλυσίδες μπλοκ ενισχύουν τη διαφάνεια και την ορατότητα του SC, επιτρέπουν την αυτοματοποίηση των διαδικασιών, εξαλείφουν τους μεσάζοντες και επιτρέπουν την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο μέσω τεχνικών ιχνηλασιμότητας, απορρήτου και διαχείρισης δεδομένων, οι οποίες αποτελούν όλους τους ακρογωνιαίους λίθους του ανασχεδιασμού του SC. Ένα σωστά ανασχεδιασμένο SC μπορεί να επιτύχει συγχρονισμό των πληροφοριών παρακολούθησης σε όλους τους χώρους των επιχειρήσεων. Επιπλέον, η χρήση έξυπνων συμβολαίων μπορεί να συμβάλει στο να μειωθεί ο χρόνος και το κόστος που απαιτείται για περαιτέρω υποβοήθηση της ανασχεδιασμού του SC (Chang et al., 2019).

4) Βελτίωση ασφάλειας

Το Blockchain επιτρέπει τον έλεγχο ταυτότητας, την εμπιστευτικότητα, το απόρρητο και τον έλεγχο πρόσβασης, τα δεδομένα και τους πόρους προέλευσης και τη διασφάλιση ακεραιότητας στις υπηρεσίες που παρέχει. Επιτρέπει επίσης τη διαμόρφωση ενός πλαισίου ανάλυσης ελέγχου κινδύνου για τη μελέτη της σύνδεσης μεταξύ των επιχειρήσεων, των πληροφοριών και της μηχανικής και για τη συγκέντρωση μιας αναλυτικής προοπτικής για την ψηφιοποίηση στο SC. Ακόμη και σε μια μεγάλη επιχείρηση παραγωγής, το blockchain μπορεί να παρέχει ισχυρή διαχείριση κινδύνου λόγω της ικανότητάς του να κλιμακώνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις. Το Blockchain είναι πολύ πιο ασφαλές από τα παραδοσιακά συστήματα IoT ή τις παραδοσιακές υπηρεσίες ασφαλείας λόγω των δυνατοτήτων του για βελτιωμένη ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και καλύτερη απόδοση (Kshetri, 2017).

Η τεχνολογία blockchain βελτιώνει τα ακόλουθα συστήματα όταν ενσωματώνονται αυτήν και μπορεί να οδηγήσει σε ένα πιο ασφαλές SC:

- ❖ Ασφάλεια IoT: Το παραδοσιακό σύστημα IoT είναι ένα κεντρικό δίκτυο ψηφιακής ολοκλήρωσης. Το Blockchain διασφαλίζει υψηλή ασφάλεια του συστήματος IoT επιτρέποντας έναν συναινετικό μηχανισμό για δυναμική αποθήκευση δεδομένων, διασφαλίζοντας τη μετάδοση δεδομένων από άκρο σε άκρο και παρέχοντας ιχνηλασιμότητα και παρακολούθηση προϊόντων. Οι

κανόνες και οι αλγόριθμοι συναίνεσης που βασίζονται στην ιεραρχία συμβάλλουν στη βελτίωση της ασφάλειας στις συσκευές IoT και διευκολύνουν τη διεκπεραίωση των συναλλαγών. Επιπλέον, από τη φύση του, το blockchain είναι λιγότερο επιρρεπές σε παραβιάσεις και απάτες ταυτότητας, καθώς παρέχει μια αποκεντρωμένη πλατφόρμα κοινής χρήσης για επαλήθευση δεδομένων και παρέχει μια αμετάβλητη δομή καθολικού (Kshetri, 2017).

- ❖ Σύστημα ανίχνευσης εισβολής: Το Blockchain βοηθά στη δημιουργία των συνεργατικών συστημάτων ανίχνευσης εισβολής όπου οι κωδικοί των προϊόντων μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και να ανταλλάσσουν δεδομένα καθ' όλη τη διάρκεια της διαδρομής τους. Υπάρχει ένας κίνδυνος που σχετίζεται με την παραβίαση και την ασφάλεια των κωδικών, ο οποίος έχει την δυνατότητα να επιλυθεί εάν χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία blockchain, επειδή συμβάλλει στη διασφάλιση της ακεραιότητας και της διαφάνειας της αποθήκευσης δεδομένων (Meng et al., 2018).
- ❖ Ασφάλεια RFID: Το Blockchain βελτιώνει τη διαφάνεια, την προστασία δεδομένων, την αξιοπιστία και τη διαχείριση κόστους για RFID χρησιμοποιώντας ένα εξαιρετικά ελαφρύ πρωτόκολλο αμοιβαίου ελέγχου ταυτότητας RFID. Αυτό το πρωτόκολλο είναι συμβατό με αποκεντρωμένες βάσεις δεδομένων και επιτρέπει την απρόσκοπτη επικοινωνία με συσκευές RFID. Το RFID χρησιμοποιείται κυρίως για την ιχνηλασιμότητα προϊόντων και υπηρεσιών στο SC, κάτι που μπορεί να βελτιωθεί δραστικά με την ενσωμάτωσή του με το blockchain. Η Walmart και η IBM παρακολούθησαν καταναλωτικά προϊόντα με συστήματα RFID χρησιμοποιώντας τεχνολογία blockchain (Dutta, et al., 2020).

Επιπροσθέτως η μελέτη των Supranee & Rotchanakitumnuai, (2017), έδειξε ότι το αντιληπτό όφελος και η ενδοοργανωτική εμπιστοσύνη είναι κρίσιμοι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την αποδοχή εφαρμογής τεχνολογίας Blockchain στη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η μη διαμεσολαβούμενη ισχύς είναι ένας σημαντικός παράγοντας που καθιστά επιτυχημένη την εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain μέσω της εμπιστοσύνης μεταξύ των οργανισμών. Η διοργανωτική εμπιστοσύνη και η οργανωτική αδράνεια διαδραματίζουν τους κύριους ρόλους στην ενίσχυση της δια-οργανωτικής σχέσης. Παραδόξως, η διοργανωτική σχέση έχει αρνητικό αντίκτυπο στην αποδοχή της τεχνολογίας Blockchain. Η αποτελεσματική διαχείριση της διαδικασίας εφοδιαστικής αλυσίδας της υιοθέτησης

του Blockchain απαιτεί καλή συνεργασία μεταξύ των οργανισμών που εμπλέκονται σε διαδικασίες από την προμήθεια πρώτων υλών έως την παράδοση προϊόντων στους καταναλωτές.

Επομένως, κατά το σχεδιασμό του συστήματος τεχνολογίας Blockchain για τη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας στην ψηφιακή εποχή που ενσωματώνεται μεταξύ των οργανισμών, οι κατασκευαστές πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις ανάγκες των διαφορετικών ενδιαφερομένων και τη φύση των λειτουργικών συστημάτων που εμπλέκονται. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους καταναλωτές να αντιλαμβάνονται τις πληροφορίες στα προϊόντα από τη διαδικασία προμήθειας πρώτων υλών έως την παράδοση του προϊόντος στους πελάτες (Supranee, & Rotchanakitumnuai 2017).

Επιπροσθέτως αξίζει να υπογραμμισθεί ότι ο Elkington (1998), επινοεί την έννοια της «τριπλής κατώτατης γραμμής» (TBL), υποδεικνύοντας ότι οι οργανισμοί πρέπει να τονίσουν τη σημασία της οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής απόδοσης. Προτείνει ότι οι εταιρείες που επιδιώκουν τις τρεις θεμελιώδεις διαστάσεις του TBL θα είναι σε θέση να επιτύχουν καλύτερες οικονομικές επιδόσεις. Στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας, το όραμα του οργανισμού για τη βιωσιμότητα συνεπάγεται ότι αυτές οι διαστάσεις είναι εξίσου σημαντικές.

Οικονομική Βιωσιμότητα

Αποδιαμεσολάβηση Αγοράς: Η αποδιαμεσολάβηση είναι ένα κρίσιμο πλεονέκτημα της εφαρμογής τεχνολογιών blockchain στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ως εκ τούτου, οι τεχνολογίες blockchain προσφέρουν αποδιαμεσολάβηση, η οποία μπορεί να υποστηρίξει πολλές επιχειρηματικές συναλλαγές συνδέοντας αγοραστές και πωλητές χωρίς την ανάγκη για μεσάζοντες. Οι ροές προϊόντων και υλικών που μονοπωλούνται από λιγότερους μεσάζοντες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα πρόσθετο κόστος, αυξημένη πολυπλοκότητα του συστήματος και απόρριψη προϊόντος από τους πελάτες. Ωστόσο, με την βοήθεια της τεχνολογίας blockchain υπάρχει την δυνατότητα να ξεπεραστούν αυτά τα ζητήματα εξαλείφοντας αυτούς τους μεσάζοντες που λειτουργούν ως κεντρική αρχή της οποίας η κύρια λειτουργία είναι η επικύρωση των συναλλαγών (Rejeb & Rejeb, 2020).

Κόστους Αποδοτικότητας

Η αποτελεσματική εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain στις αλυσίδες εφοδιασμού μπορεί να μειώσει αρκετά κόστη που σχετίζονται με την επαλήθευση της

ποιότητας του προϊόντος, τη στρέβλωση των επιχειρηματικών διαδικασιών και τη μεταβίβαση ιδιοκτησίας μεταξύ των εταίρων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η μη διαμεσολαβημένη προσέγγιση των blockchains μπορεί να μειώσει δραματικά το κόστος των συναλλαγών που ήταν οικονομικά ανέφικτες. Επιπλέον, η πίεση για μείωση του κόστους προϊόντων και υπηρεσιών αποτελεί ώθηση για τις επιχειρήσεις να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία για την εξάλειψη των γενικών εξόδων που απαιτούνται για την ανταλλαγή περιουσιακών στοιχείων (Rejeb & Rejeb, 2020).

Για παράδειγμα, οι Ko et al. (2018), τόνισαν ότι η τεχνολογία blockchain μπορεί να μειώσει το κόστος δικτύωσης των κατασκευαστικών εταιρειών και να οδηγήσει στην κατασκευή νέων πλατφορμών αγοράς στη μεταποιητική βιομηχανία. Αποτελέσματα πριν και μετά την υιοθέτηση του blockchain έχουν επίσης δείξει ότι οι εταιρείες θα μπορούσαν να βελτιώσουν τα κέρδη τους μέσω της διαφάνειας και της εξοικονόμησης κόστους του blockchain. Λόγω αυτών των βασικών χαρακτηριστικών, οι εταιρείες μπορούν να είναι κερδοφόρες και να παράγουν με μικρότερο οριακό και ανταγωνιστικό κόστος όταν ενσωματώνουν τεχνολογία blockchain στις επιχειρηματικές τους διαδικασίες.

Κοινωνική Βιωσιμότητα

Ενδυνάμωση της εμπιστοσύνης: Η εμπιστοσύνη θεωρείται ο πιο σημαντικός παράγοντας για την αφύπνιση του ενδιαφέροντος για το blockchain στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η τεχνολογία Blockchain προσφέρει μια παγκοσμίως αξιόπιστη υπολογιστική πλατφόρμα όπου τα μη αξιόπιστα μέρη μπορούν να καταλήξουν σε συμφωνία για ένα ασφαλές, κατανοητό και «διαφανές» βιβλίο. Οι αλυσίδες μπλοκ αποδίδουν περισσότερη εμπιστοσύνη και εξουσία στα αποκεντρωμένα δίκτυα, αντιπροσωπεύοντας μια συνολική μετατόπιση από τους συμβατικούς τρόπους ενορχήστρωσης και διαχείρισης των αλυσίδων εφοδιασμού. Με τη blockchain-enabled εμπιστοσύνη, οι κίνδυνοι και τα απρόβλεπτα της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να μειωθούν σημαντικά μεταξύ των εταίρων ανταλλαγής. Η πληρότητα και η διαφάνεια των πληροφοριών και οι συναλλαγές στο blockchain αποτελούν τα απαραίτητα συστατικά για τη δημιουργία αμοιβαίων σχέσεων εμπιστοσύνης μεταξύ της εφοδιαστικής αλυσίδας ενδιαφερόμενα μέρη. Επιπλέον, η τεχνολογία blockchain δημιουργεί μια ατμόσφαιρα εμπιστοσύνης, συνεχούς ηθικής συμπεριφοράς, δικαιοσύνης και ειλικρίνειας. Αυτή η εμπιστοσύνη είναι συχνά ένα

απαραίτητο προηγούμενο για την ανταλλαγή πληροφοριών και πόρων στις αλυσίδες εφοδιασμού (Rejeb & Rejeb, 2020).

Η τεχνολογία στην ανάπτυξη της ιχνηλασιμότητας της αλυσίδας εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων διατροφής μπορεί να εξασφαλίσει όλες τις καταχωρίσεις δεδομένων σχετικά με τα τρόφιμα και να επιτρέψει την ιχνηλασιμότητα από άκρο σε άκρο κάθε τροφίμου που φτάνει στον καταναλωτή γρήγορα. Για παράδειγμα, η Walmart και εννέα άλλες εταιρείες (π.χ. Nestle, Dole, Tyson Foods, Unilever κ.λπ.) έχουν δημιουργήσει επιχειρηματικές συνεργασίες για την αξιοποίηση της τεχνολογίας blockchain προκειμένου να παρακολουθούν και να ανιχνεύουν την προέλευση, ώστε να εγγυώνται την ασφάλεια των τροφίμων και την ανταπόκριση στις ανακλήσεις τροφίμων. Με την αύξηση της ιχνηλασιμότητας, η πηγή οποιωνδήποτε μολύνσεων κατά τη διάρκεια τροφιμογενών κρίσεων μπορεί να εντοπιστεί γρήγορα, με αποτέλεσμα χαμηλό αριθμό προσβεβλημένων ατόμων και προκαλώντας λιγότερο άγχος και πανικό στους καταναλωτές. Ως εκ τούτου, οι κοινωνικές επιπτώσεις του blockchain έχουν τις ρίζες τους στην ικανότητά του να ανταποκρίνεται στις αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών για περισσότερη ασφάλεια τροφίμων, να υποστηρίζει την επέκταση των παγκόσμιων αλυσίδων τροφίμων ενώ ταυτόχρονα πληροί τις απαιτήσεις ποιότητας και τα πρότυπα των προϊόντων διατροφής (Rejeb & Rejeb, 2020).

Ανθρωπιστικά αίτια & Κοινωνική Ενδυνάμωση

Πέρα από τους οικονομικούς λόγους, οι οργανισμοί αναγνωρίζουν επίσης τη σημασία των κοινωνικών ευθυνών και των ανθρωπιστικής αλυσίδας εφοδιασμού. Υπάρχει τεράστιες δυνατότητες για την τεχνολογία blockchain να κάνει τις ανθρωπιστικές ενισχύσεις πιο παραγωγικές και ευέλικτες. Κατά καιρούς κρίσεων και καταστροφών, η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εξορθολογισμό της διαδικασίας οικονομικών ενισχύσεων (π.χ. φάρμακα) και την εξάλειψη των καθυστερήσεων που προκαλούνται από γραφειοκρατία, γραφειοκρατία ή πολιτικά εμπόδια. Για την αντιμετώπιση καταστροφών της εφοδιαστικής αλυσίδας και την υποστήριξη ανθρωπιστικών δραστηριοτήτων, η τεχνολογία blockchain δημιουργεί μια επαρκή υποδομή πληροφοριών που μπορεί να διαχειριστεί όλα τα ανθρωπιστικά ενδεχόμενα σε επίπεδο πεδίου, να μειώσει το χρόνο παράδοσης των απαιτούμενων αγαθών ή υπηρεσιών στους δικαιούχους και να βελτιστοποιήσει την ακρίβεια ως προς την ποιότητα και την ποσότητα των πιο σημαντικών ειδών. Για παράδειγμα, η

εφαρμογή blockchain με δυνατότητα έξυπνου συμβολαίου μπορεί να διευκολύνει τη μεταφορά των εμβασμάτων αυτόματα και με προ-προγραμματισμένο τρόπο.

Σε κρίσιμες καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, η τεχνολογία μπορεί να βελτιώσει την εμπιστοσύνη και να προωθήσει περισσότερη αλληλεγγύη μεταξύ των ανθρώπων, συμβάλλοντας στην ενθάρρυνση της αμοιβαίας επικοινωνίας και να παρακολουθεί με διαφάνεια τις δωρεές. Πιο σημαντικό είναι επίσης το γεγονός ότι το blockchain ενισχύει τη διαφάνεια των αλυσίδων εφοδιασμού, κάτι που είναι χρήσιμο για την αντιμετώπιση των παραβιάσεων των ανθρωπίνων δικαιωμάτων, της παιδικής εργασίας και της διαφθοράς. Το Blockchain προωθεί επίσης περισσότερη οικονομική ένταξη υποστηρίζοντας την ενσωμάτωση του πληθυσμού χωρίς τραπεζικό λογαριασμό και των μικροϊδιοκτητών αγροτών και επιχειρήσεων (Rejeb & Rejeb, 2020).

Περιβαλλοντική βιωσιμότητα

Από πολλές απόψεις, η υιοθέτηση της τεχνολογίας blockchain μπορεί να ενισχύσει την οικολογική διάσταση της βιωσιμότητας μειώνοντας το περιβαλλοντικό λογιστικό αποτύπωμα. Αξιοποιώντας το blockchain και τα έξυπνα συμβόλαια, θα ήταν δυνατό να ενσωματωθούν πολλές πρωτοβουλίες περιβαλλοντικής προστασίας και ελέγχου μέσω της προσεκτικής παρακολούθησης των παραμέτρων παραγωγής, όπως η κατανάλωση ενέργειας, η επεξεργασία πρώτων υλών και οι εκπομπές. Έτσι, το blockchain μπορεί να απλοποιήσει τη συμμετοχή των ενδιαφερομένων σε ενεργειακές πρωτοβουλίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα, να διευκολύνει την εφαρμογή προγραμμάτων περιβαλλοντικής προστασίας και να προκαλέσει αύξηση της πρόσβασης των καταναλωτών σε καθαρή ενέργεια. Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να ξεκλειδώσει την περιβαλλοντικά βιώσιμη παραγωγή. Για να διευκρινιστεί, η χρήση της τεχνολογίας, βοηθά τις εταιρείες να προσδιορίσουν τα υλικά και τα προϊόντα που χρησιμοποιούν μη ανανεώσιμους πόρους και να τους αφαιρέσουν ή να επενδύσουν σε εναλλακτικές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και πράσινων πόρων προς όφελος της κυκλικότητας της ενέργειας. (Rejeb & Rejeb, 2020).

3.4 Περιορισμοί και πιθανές λύσεις στην εφαρμογή

Σύμφωνα με την μελέτη των Yan & Kim (2021):

- Νομική πτυχή: Καθώς ο μηχανισμός αποκέντρωσης της τεχνολογίας blockchain έχει επηρεάσει σοβαρά το τρέχον νομικό σύστημα εποπτείας της χώρας, οι ισχύοντες νόμοι και συστήματα που σχετίζονται με το blockchain υστερούν σοβαρά. Από τη στιγμή που η τεχνολογία έχει νομικές διαφορές σε επίπεδο εφαρμογής, είναι δύσκολο να καθοριστούν οι σχετικές νομικές ευθύνες. Επειδή η χώρα δεν διαθέτει σχετική νομοθεσία και ένα σχετικά πλήρες ρυθμιστικό σύστημα για το blockchain, διάφορες πόλεις, ιδρύματα και περιοχές αντιμετωπίζουν ασυνεπή διαχείριση νομικών διαφορών που προκαλούνται από τεχνολογία ή εφαρμογές blockchain.
- Τεχνική πτυχή: Η κατανεμημένη λογιστική και αποθήκευση του blockchain απαιτεί πολλαπλά σημεία για την επαλήθευση των πληροφοριών αναπαραγωγής, γεγονός που θα προκαλέσει την ταχεία επέκταση της χωρητικότητας αποθήκευσης κάθε κόμβου και το μέγεθος του μπλοκ και ο χρόνος δημιουργίας μπλοκ περιορίζονται από παράγοντες όπως καθυστερήσεις δικτύου. Με αποτέλεσμα μια σειρά προβλημάτων, όπως χαμηλή επιχειρηματική απόδοση, πλεονασμός πόρων, καθυστέρηση δικτύου και χαμηλή συναινετική αποδοτικότητα, καθιστώντας δύσκολη τη διαχείριση οικονομικών υπηρεσιών υψηλής απόδοσης σε πραγματικό χρόνο. Όσον αφορά τα πρότυπα, δεν υπάρχουν επί του παρόντος ενοποιημένα διεθνή και εθνικά πρότυπα για το blockchain και υπάρχουν προβλήματα όπως η κακή συμβατότητα, η χαμηλή διαλειτουργικότητα και τα θολά νομικά όρια. Ταυτόχρονα, η αγορά δεν διαθέτει σχετικά ώριμα προϊόντα και δεν υπάρχει μηχανισμός ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ διαφόρων βιομηχανιών και ιδρυμάτων. Υπάρχουν επίσης μεγάλα τεχνικά εμπόδια για βιομηχανίες και επιχειρήσεις. Και λόγω των μη παραποιήσιμων χαρακτηριστικών του, ορισμένα επίπεδα εφαρμογής δεν έχουν την αντίστοιχη ευελιξία (Yan & Kim 2021).
- Προβολή κινδύνου: Η ασφάλεια του δικτύου blockchain είναι αδιαχώριστη από τη συντήρηση ενός μεγάλου αριθμού αξιόπιστων υπολογιστικών κόμβων. Επιπλέον, η ταχεία αύξηση της υπολογιστικής ισχύος των υπολογιστών και οι ανακαλύψεις στον κβαντικό υπολογισμό μπορεί να θέσει τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης blockchain σε κίνδυνο διάρρηξης, κάτι που θα επηρεάσει σε

μεγάλο βαθμό την ασφάλεια του συστήματος κρυπτογράφησης blockchain. Ταυτόχρονα, το blockchain μπορεί να επηρεαστεί από το επίπεδο δικτύου. Η "επίθεση μαγισσών" μπορεί να είναι "επίθεση υπολογιστικής ισχύος" στο επίπεδο συναίνεσης και "χακάρισμα" στο επίπεδο έξυπνης σύμβασης λόγω τρωτών σημείων κώδικα, που μπορεί να προκαλέσουν τεράστιες απώλειες. Επιπλέον, από τη σκοπιά της συνεργασίας και της εμπιστοσύνης, αφενός, από τη σκοπιά της ασφάλειας του πελάτη. Με την ταχεία ανάπτυξη της τεχνολογίας υπολογιστών, η πιθανότητα διάρρηξης του αλγορίθμου ασύμμετρης κρυπτογράφησης θα συνεχίσει να αυξάνεται στο μέλλον, κάτι που είναι επίσης μία από τις πιθανές απειλές ασφαλείας που αντιμετωπίζει η τεχνολογία blockchain. Από την άλλη πλευρά, κάθε κόμβος στο σύστημα blockchain δεν είναι εντελώς ανώνυμος. Με τη συνεχή πρόοδο των διάφορων τεχνολογιών αναγνώρισης κατά της ανωνυμίας, η βασική τεχνολογία εντοπισμού στόχων και προστασίας της ιδιωτικής ζωής του blockchain θα αμφισβητηθεί πολύ. Οι ευκαιρίες της χρηματοδότησης της αλυσίδας εφοδιασμού της τεχνολογίας blockchain είναι επίσης πολύ προφανείς, επειδή λύνει το πρόβλημα ότι η παραδοσιακή χρηματοδότηση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι σχετικά δύσκολο να ξεπεραστεί (Yan & Kim 2021).

Επιπροσθέτως σύμφωνα με την έρευνα του Wu et al.,(2019):

❖ Όχι σταδιακή ενημέρωση

Η υιοθέτηση του blockchain για μια εφαρμογή εφοδιαστικής αλυσίδας απαιτεί πολλή βάση. Οι διαχειριστές και οι προγραμματιστές πληροφορικής μπορεί να μπουν στον πειρασμό να πειραματιστούν με μια απόδειξη της ιδέας για να κατανοήσουν καλύτερα την τεχνολογία, αλλά δεν αποκαλύπτει πάντα πολλές από τις υποκείμενες προκλήσεις σε μια πραγματική λύση εργασίας.

❖ Υψηλότερα υπολογιστικά έξοδα

Οι εφαρμογές blockchain που χρησιμοποιούνται στις αλυσίδες εφοδιασμού είναι πολύ πιο αποτελεσματικές από νομίσματα όπως το bitcoin, αλλά εξακολουθούν να απαιτούν περισσότερους υπολογιστικούς πόρους ή γενικά έξοδα από τις παραδοσιακές βάσεις δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι ορισμένες από τις λειτουργίες αυτών των εφαρμογών, όπως η ανάγνωση από το blockchain, μπορεί να είναι

σημαντικά πιο αργές σε σύγκριση με αυτές τις λειτουργίες σε παραδοσιακές βάσεις δεδομένων.

❖ Διαχείριση της αποκέντρωσης

Παρόλο που η τεχνολογία blockchain θα μπορούσε να υποστηρίξει αποκεντρωμένες εφαρμογές που διαχειρίζονται ξεχωριστοί προμηθευτές, πιθανότατα δεν θα είναι τόσο εύκολο στη διαχείρισή τους όσο πιο κεντρικές, εστιασμένες στη βιομηχανία ανταλλαγές.

❖ Πολυπλοκότητα δεδομένων

Μια εφαρμογή blockchain αποθηκεύει κάθε συναλλαγή σε ένα κατακεντρωμένο καθολικό, το οποίο μπορεί να αθροιστεί, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται από πολλά μέρη. Οι κρυπτογραφικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την εγγύηση της εμπιστοσύνης προσθέτουν επίσης κάποια επιβάρυνση δεδομένων. Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να οδηγήσουν σε μεγαλύτερες δομές δεδομένων που μπορεί να πρέπει να διαχειριστεί κάθε επιχείρηση. Οι επιχειρήσεις μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο τέτοιων προβλημάτων blockchain βρίσκοντας μια κατάλληλη ισορροπία μεταξύ των αποθηκευμένων δεδομένων σε μια αποκεντρωμένη λογιστική και άλλων αποθηκευμένων δεδομένων σε πιο παραδοσιακές αποθήκες δεδομένων που χρησιμοποιούνται από συστήματα ERP.

❖ Αγορά με πολλά μέρη

Υπάρχουν ευκαιρίες για βελτίωση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας πέρα από τα όρια της επιχείρησης. Ενώ το blockchain μπορεί να βοηθήσει από την πλευρά της τεχνολογίας, η εφαρμογή του στην πράξη απαιτεί υψηλό επίπεδο τεχνικού και πολιτιστικού συντονισμού μεταξύ όλων των ενδιαφερόμενων μερών. Οι επιχειρήσεις παλεύουν με αυτό σήμερα μέσα σε έναν ενιαίο οργανισμό (Wu et al.,2019).

❖ Διαχείριση της εμπιστοσύνης

Τα πρώτα πειράματα στα κρυπτονομίσματα έδειξαν ότι οι εταιρείες μπορούν να αντικαταστήσουν την εμπιστοσύνη με την τεχνολογία. Ωστόσο, σε μια λειτουργική αλυσίδα εφοδιασμού που περιλαμβάνει φυσικά αγαθά και προϊόντα, η τεχνολογία θα πρέπει να θεωρείται τελευταία σε μια τυπική ακολουθία βημάτων δέσμευσης. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει πρώτα να καταλήξουν σε συμφωνία για τη διακυβέρνηση, τις

διαδικασίες και τον πολιτισμό. Η διαχείριση της εμπιστοσύνης είναι πιθανώς ένας από τους πιο δύσκολους τομείς που πρέπει να διατηρήσεις και να εδραιώσεις όταν συναλλάσσεσαι με μια ομάδα εμπορικών εταίρων για τους οποίους μπορεί να έχεις μακρά σταθερή ιστορία ή που μπορεί να είναι νεοεισερχόμενοι στις επιχειρηματικές δραστηριότητες. Είναι σημαντικό για τους συμμετέχοντες να καταλάβουν πώς σχεδιάζουν να διαχειριστούν και να διατηρήσουν συγκεκριμένα την εμπιστοσύνη και πώς θα ρυθμιστεί μόλις εφαρμοστεί ένα οικοσύστημα αλυσίδας εφοδιασμού blockchain. Οι εταιρείες δεν μπορούν να υποθέσουν ότι κάθε δυνητικός εμπορικός εταίρος που ενδιαφέρεται να γίνει μέρος ενός blockchain είναι αρκετά ώριμος ψηφιακά για να το κάνει. Η ικανότητα ή η προθυμία μιας εταιρείας να επενδύσει στα κατάλληλα τεχνολογικά συστήματα για να μοιράζεται και να ανταλλάσσει δεδομένα σε ηλεκτρονικό επίπεδο, καθώς και να συλλαμβάνει δεδομένα σε φυσικό επίπεδο, θα πρέπει να είναι οι θεμελιώδεις απαιτήσεις πριν από οποιοσδήποτε επίσημες συζητήσεις για το blockchain.

❖ Ενσωμάτωση με εφαρμογές ERP

Πολλά από τα προβλήματα ασφάλειας με τα κρυπτονομίσματα δεν εντοπίζονται στο ίδιο το blockchain, αλλά στον τρόπο με τον οποίο διασυνδέονται με μια υπάρχουσα υποδομή πληρωμών. Παρόμοια προβλήματα είναι πιθανό να προκύψουν καθώς οι επιχειρήσεις συνδέουν τις εφαρμογές blockchain με τα υπάρχοντα συστήματα ERP και τις εφαρμογές της εφοδιαστικής αλυσίδας.

❖ Πολυπλοκότητα ανάπτυξης εφαρμογών

Οι εφαρμογές blockchain γράφονται ως έξυπνες συμβάσεις που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στον εξορθολογισμό των επιχειρηματικών διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας που διασχίζουν τα οργανωτικά όρια. Πολλές από τις γλώσσες μοντελοποίησης και δέσμης ενεργειών που είναι διαθέσιμες σήμερα είναι ανώριμες, συχνά με σφάλματα και απαιτούν από τους προγραμματιστές να εργάζονται σε ένα επίπεδο της στοιβάς που πολλοί δεν είναι πλέον συνηθισμένοι να χειρίζονται. Αν και τα εργαλεία βελτιώνονται, αυτός είναι ένας τομέας που απαιτεί προσοχή. Οι προμηθευτές καταβάλλουν προσπάθειες ανοιχτού κώδικα για να αντιμετωπίσουν αυτές τις ελλείψεις και αναπτύσσουν νέα εργαλεία για να κάνουν την ανάπτυξη DLT και την ανάπτυξη έξυπνων συμβολαίων ευκολότερη και ασφαλέστερη.

❖ Ενημέρωση ανακριβών εγγραφών

Τα καταστήματα δεδομένων Blockchain είναι αμετάβλητα, πράγμα που σημαίνει ότι δεν είναι δυνατή η ενημέρωση μιας ανακριβούς εγγραφής. Αυτό αναπόφευκτα καθιστά πιο δύσκολο για έναν κακό ηθοποιό να κάνει αλλαγές εκ των υστέρων, αλλά καθιστά επίσης πιο δύσκολη την αντιμετώπιση σφαλμάτων που προκαλούνται από μη αυτόματη εισαγωγή δεδομένων, σπασμένους αισθητήρες IoT ή σύγχυση από άλλα μέρη που χρησιμοποιούν διαφορετικούς όρους για να περιγράψουν το ίδιο πράγμα.

❖ «Κακή» τεχνολογία

Το Blockchain και το DLT αντιπροσωπεύουν μια οικογένεια διαφορετικών προσεγγίσεων για τη δημιουργία εφαρμογών εφοδιαστικής αλυσίδας με διαφορετικές ιδιότητες γύρω από την αμετάβλητη, την εμπιστευτικότητα, την κατανάλωση ενέργειας και την επεκτασιμότητα. Η έλλειψη σωστής κατανόησης του τρόπου σωστής εφαρμογής της τεχνολογίας σε περιπτώσεις πρακτικής χρήσης θα οδηγήσει μόνο σε περισσότερα προβλήματα blockchain. (Blockchain problems, 2022; Wu et al., 2019)

Πιθανές λύσεις στην εφαρμογή σύμφωνα με έρευνα των Yan & Kim (2021),

- ❖ Δημιουργία μιας ισχυρής σχέσης εμπιστοσύνης P2P: Ως τεχνολογία κατανεμημένης λογιστικής, το blockchain χρησιμοποιεί κατανεμημένη ανάπτυξη και αποθήκευση. Τα δεδομένα δεν διατηρούνται από έναν ενιαίο κεντρικό οργανισμό και είναι αδύνατο να χειριστείτε τα δεδομένα σύμφωνα με τα δικά του συμφέροντα. Ισχυρή σχέση εμπιστοσύνης. Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να καταγράφει, να αποθηκεύει, να μεταδίδει, να επαληθεύει και να αναλύει πληροφορίες μέσω προγραμματικής εγγραφής, αποθήκευσης, μετάδοσης, επαλήθευσης και ανάλυσης πληροφοριών χωρίς να διακυβεύεται η εμπιστευτικότητα των δεδομένων, δημιουργώντας έτσι πίστωση και μετάδοση πίστωσης και την εφαρμογή της σε χρηματοοικονομικές υπηρεσίες όχι μόνο επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση κόστους, η οποία μπορεί να απλοποιήσει σε μεγάλο βαθμό τη διαδικασία συναλλαγών και να αυτοματοποιήσει την εκτέλεση των συμβολαίων, βελτιώνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα των συναλλαγών, μειώνοντας το κόστος των κεφαλαίων αδράνειας, μειώνοντας τους κινδύνους συναλλαγών

και διακανονισμού και βελτιστοποιώντας την εμπειρία των πελατών (Yan & Kim 2021).

- ❖ Δημιουργία διαφανούς εφοδιαστικής αλυσίδας: Το blockchain αποθηκεύει πλήρη δεδομένα, επιτρέποντας σε διαφορετικούς συμμετέχοντες να χρησιμοποιούν συνεπείς πηγές δεδομένων αντί για διάσπαρτα δεδομένα, διασφαλίζοντας την ιχνηλασιμότητα των πληροφοριών της εφοδιαστικής αλυσίδας και επιτυγχάνοντας διαφάνεια της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η κατανεμημένη αποθήκευση πληροφοριών και δεδομένων διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων. Η λογιστική των συναλλαγών γίνεται από πολλούς κόμβους κατανεμημένους σε διαφορετικά σημεία και κάθε κόμβος καταγράφει έναν πλήρη λογαριασμό, ώστε να μπορούν να συμμετέχουν στην επίβλεψη της νομιμότητας της συναλλαγής. Ταυτόχρονα, μπορούν να καταθέσουν μαζί, και μπορούν να είναι απολύτως διαφανείς, ανοιχτοί και δίκαιοι.
- ❖ Ασφάλεια σε οικονομικό επίπεδο: Καθώς οι συναλλαγές είναι κρυπτογραφημένες και αμετάβλητες, το καθολικό είναι σχεδόν αδύνατο να καταστραφεί. Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να κάνει τους κύριους συμμετέχοντες να γίνουν κόμβος στο δίκτυο blockchain, έτσι ώστε κάθε σύνδεσμος ολόκληρης της επιχειρηματικής διαδικασίας να μπορεί να σχηματίσει μια κρυπτογραφημένη εγγραφή δεδομένων, επειδή η εγγραφή δεν μπορεί να παραβιαστεί και είναι πλήρως ανιχνεύσιμη, κάτι που είναι βολικό για επίβλεψη. Σε αντίθεση με τον έλεγχο της ροής κεφαλαίων και πληροφοριών, όλα τα μέρη που εμπλέκονται στην επιχείρηση δεν χρειάζεται να ανησυχούν για την απώλεια κερδών που προκαλείται από την παραβίαση συμβάσεων, βάσεων δεδομένων ή άλλων ζητημάτων ασυμμετρίας πληροφοριών. Τα χαρακτηριστικά των μη παραποιήσιμων δεδομένων και η ύπαρξη απόδειξης της χρονικής σφραγίδας του blockchain μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλά για την επίλυση των διαφορών μεταξύ των συμμετεχόντων οντοτήτων στο σύστημα της αλυσίδας εφοδιασμού και του προβλήματος της αλυσίδας κεφαλαίων. Ο συνδυασμός της αμετάβλητης κατάστασης δεδομένων και της ιχνηλασιμότητας των συναλλαγών μπορεί να λύσει το πρόβλημα των πλαστών και κακών προϊόντων στην κυκλοφορία των προϊόντων στην αλυσίδα εφοδιασμού (Yan & Kim 2021).

- ❖ Εξατομικευμένη εξυπηρέτηση: Η δυνατότητα προγραμματισμού του ίδιου του blockchain μπορεί ουσιαστικά να καλύψει τις ατομικές ανάγκες διαφόρων καταναλωτών. Μέσω της έξυπνης κωδικοποίησης συμβολαίων, μπορούν να διαμορφωθούν ειδικές απαιτήσεις για κάθε συμμετέχοντα σε ολόκληρο τον σύνδεσμο της αλυσίδας εφοδιασμού, ώστε να ανταποκρίνονται στις διαφορετικές απαιτήσεις χρήσης και εφαρμογής όλων των μερών.
- ❖ Δυνατότητα ελέγχου: Καταγράψτε τις πληροφορίες ταυτότητας κάθε αλλαγής δεδομένων, επιτρέποντας αξιόπιστες διαδρομές ελέγχου

Μια καλή πρακτική για την αποφυγή προβλημάτων blockchain είναι η συνεργασία με άλλες εταιρείες, ακόμη και με εκείνες εκτός του κλάδου, για τον εντοπισμό τεχνολογιών, πρακτικών και επιχειρηματικών διαδικασιών που μπορούν να προσαρμοστούν σε λειτουργικές λύσεις εφοδιαστικής αλυσίδας. Για παράδειγμα, η Hyperledger αυτή τη στιγμή συνεργάζεται με περισσότερες από 250 εταιρείες με συνεργασίες όπως το έργο TKI Dinalog Dutch Institute for Advanced Logistics και η Κοινοπραξία Belt and Road Blockchain (Yan & Kim 2021).

3.5 Εφαρμογή τεχνολογίας blockchain σε περιόδους COVID-19

Συμφωνα με Sengupta et al., (2021), το ξέσπασμα της πανδημίας COVID-19 έχει τονίσει σημαντικά τη σημασία της ανθεκτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η πανδημία έχει επηρεάσει σοβαρά το επιχειρηματικό περιβάλλον σε όλο τον κόσμο και έχει αυξήσει τη σημασία των μηχανισμών διαχείρισης κρίσεων για την αντιμετώπιση αβεβαιοτήτων τέτοιας κλίμακας. Καθώς ο κόσμος παρακολουθεί τα lockdown και τους περιορισμούς, οι οργανισμοί έχουν αρχίσει να λαμβάνουν μέτρα για ανάκαμψη και σχεδιασμό για το μέλλον. Με τους οργανισμούς σε πολλούς τομείς να έχουν ξαφνικά αναγκαστεί να στραφούν σε απομακρυσμένη εργασία, οι ηγέτες αντιμετωπίζουν προκλήσεις όσον αφορά τη διασφάλιση της δέσμευσης των εργαζομένων, της παραγωγικότητας και της συνδεσιμότητας.

Εν μέσω τέτοιων μετασχηματισμών εντός των οργανισμών ως μέσο για την επανένταξη των καθημερινών λειτουργιών, η σημασία της ανθεκτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας και της διαχείρισης κινδύνου έχει λάβει μεγαλύτερη σημασία. Οι επιχειρήσεις φαίνεται να αντιμετωπίζουν επιπτώσεις μειωμένης προσφοράς,

προβλήματα με διακοπές στο δίκτυο logistics και εμπόδια στην τήρηση των συμβατικών συμφωνιών μεταξύ άλλων. Οι περιστάσεις έχουν αναγκάσει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας να επανεξετάσουν πώς θα πρέπει να διαχειρίζονται την αλυσίδα εφοδιασμού τους και να λαμβάνουν στρατηγικές αποφάσεις για να μετατρέψουν τέτοιες αβεβαιότητες και ασάφειες σε ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα. (Sengupta et al., 2021).

Επιπροσθέτως, οι Iftekhar, A., & Cui, X. (2021), διερεύνησαν μια περίπτωση χρήσης τεχνολογίας blockchain για το σχεδιασμό ενός δικτύου blockchain για τη βιομηχανία τροφίμων σε συνθήκες COVID-19. Υποστηρίζουν ότι υπάρχει βελτίωση στη διαφάνεια σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού και συμβάλλει στη συμφωνία της τεκμηρίωσης και των απαιτούμενων δεδομένων με τις νομοθετικές αρχές για την εισαγωγή προϊόντων ψυχρής αλυσίδας για την πιστοποίηση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Η εφαρμογή μιας στρατηγικής ανίχνευσης με προστασία από παραβιάσεις παρέχει αξιόπιστη ιχνηλασιμότητα και προάγει την αυθεντικότητα των λειτουργιών στην αλυσίδα εφοδιασμού. Καθιερώνει έναν νέο μηχανισμό εμπιστοσύνης του κλάδου, βελτιώνει την εταιρική ευθύνη και εξαλείφει τις παραποιημένες πρακτικές σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, γεγονός που διασφαλίζει επίσης ότι εξαλείφουν κακές πρακτικές που θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια και την υγεία των καταναλωτών.

Σύμφωνα με τους Abdullah, et al., (2021), το Blockchain είναι μια κατάλληλη τεχνολογία για το χειρισμό περιπτώσεων COVID-19, επειδή μπορεί να καταλήξει να μοιράζεται περισσότερα δεδομένα μεταξύ ανταγωνιστικών εταίρων της εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα μεγάλα πλήθη δεδομένων που σχετίζονται με διοικητικές προϋποθέσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού, ως μορφή παραγωγής απαιτούν κρίσιμες οργανωτικές αλλαγές για να υποστηρίξουν τα συνολικά οφέλη από την παρατήρηση της αποκεντρωμένης διασποράς της εφοδιαστικής αλυσίδας τροφίμων. Η τεχνολογία Blockchain ενσωματώνει την παρακολούθηση και τη χρησιμότητα της διάδοσης, δηλαδή ποιες μορφές πληροφοριών μοιράζονται και ποιος έχει σε ποιες πληροφορίες που είναι ζωτικής σημασίας ζητήματα.

Τέλος ο Sarkis, J. (2020), στην μελέτη του τονίζει ότι η κρίση του COVID-19 ανέδειξε την ανάγκη οι παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού να επικεντρωθούν αποκλειστικά στην αποτελεσματικότητα. Η τοπική προσαρμογή είναι ιδιαίτερα σημαντική για απομονωμένες κοινότητες. Ένα ακραίο παράδειγμα απομόνωσης είναι οι περιοχές των νησιών του Ειρηνικού που εξαρτώνται από παγκόσμιες αλυσίδες

εφοδιασμού για την επισιτιστική ασφάλεια. Ως απάντηση στις διαταραχές του COVID-19, οι κοινότητες των νησιωτικών εθνών έχουν αναπτύξει τοπικές αγορές τροφίμων, δραστηριότητες κοινής χρήσης και ανταλλαγές.

Αυτός ο μετασχηματισμός εντοπισμού σημαίνει λιγότερα απόβλητα τροφίμων και εκπομπές λόγω των συνεταιρισμών. Ο εντοπισμός της εφοδιαστικής αλυσίδας μέσω της βιομηχανικής συμβίωσης, των ανταλλαγών απορριμμάτων και της χρήσης τοπικών υποπροϊόντων, αποτελούν παράγοντες ανθεκτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας και πρακτικές κυκλικής οικονομίας. Οι συμπεριφορικές αντιδράσεις των καταναλωτών και των μεμονωμένων ατόμων για τον COVID-19 ενδέχεται να επηρεάσουν τις προοπτικές κοινωνικών καινοτομιών τόσο της κοινής χρήσης όσο και της κυκλικής οικονομίας, ένα παράδειγμα είναι η μετακίνηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών στις αγορές στο διαδίκτυο και στο ηλεκτρονικό εμπόριο (Sarkis, 2020).

Κεφάλαιο 4^ο

4.1 Πλεονεκτήματα και περιορισμοί σε παραδείγματα εφαρμοσμένης τεχνολογίας blockchain

Οι προκλήσεις της εφοδιαστικής αλυσίδας στη δημόσια υγεία περιλαμβάνουν τον μετριασμό και τη διαχείριση καταστροφών και έκτακτης ανάγκης, συμπεριλαμβανομένων των προστατευτικών προμηθειών για τους εργαζόμενους στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης για τη δημόσια υγεία και την πρόσβαση σε βασικά φάρμακα, εμβόλια και ανοσοποιήσεις (Clauson et al. 2018).

Στο πλαίσιο της πρόσβασης σε βασικά και ποιοτικά φάρμακα, οι τεχνολογικές λύσεις blockchain αλληλεπικαλύπτονται με περιπτώσεις χρήσης στην αλυσίδα εφοδιασμού φαρμακευτικών προϊόντων και την καταπολέμηση των φαρμάκων SF, αλλά επεκτείνονται επίσης στη διατήρηση επαρκούς προσφοράς στο σημείο διανομής (π.χ. μετριασμός των αποθεμάτων), περιορισμός των συστημάτων υγείας, διαφθορά στην προμήθεια φαρμάκων και καταλύοντας την αποτελεσματική παροχή υπηρεσιών και προϊόντων υγειονομικής περίθαλψης. Η τεχνολογία Blockchain στη δημόσια υγεία έχει επίσης εκδηλωθεί ως κρυπτονομίσματα (π.χ. ψηφιακό νόμισμα όπως το Bitcoin), τα οποία έχουν θεωρηθεί ως εναλλακτικές μορφές νομίσματος που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καλύτερη υλοποίηση της ξένης βοήθειας και φιλανθρωπίας και ως μέσο για τη μείωση της απάτης και της διαφθοράς σε παγκόσμιο επίπεδο υγείας, η οποία μπορεί επίσης να διασταυρωθεί με διαταραχές και έλλειψη ανθεκτικότητας στην ακεραιότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας (Clauson et al. 2018).

Οι Kumar, & Iyengar, (2017), πραγματοποίησαν μια θεωρητική μελέτη σχετικά με την τεχνολογία blockchain και τον τρόπο με τον οποίο διάφορες βιομηχανίες θα επωφεληθούν από την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας στις επιχειρηματικές τους πρακτικές. Στη μελέτη παρουσιάστηκε ένα παράδειγμα σεναρίου, από το οποίο συμπεραίνεται ότι ένα αποκεντρωμένο σύστημα που βασίζεται στην τεχνολογία blockchain διασφαλίζει την ασφάλεια του προϊόντος στη

διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και βοηθά στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας ρυζιού παρέχοντας ένα σύστημα ιχνηλασιμότητας που καταγράφει όλα τα συμβάντα που συμβαίνουν στην προμήθεια ρυζιού αλυσίδα και παρακολουθεί την ασφάλεια και την ποιότητα του. Καθώς η ασφάλεια των τροφίμων είναι το πρωταρχικό μέλημα κάθε ατόμου, η τεχνολογία blockchain ελπίδας χρησιμοποιείται από κάθε αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων και διασφαλίζει την παράδοση ποιοτικού προϊόντος στο κοινό.

Επιπροσθέτως σε έρευνα τους οι Sengupta et al., (2021), διαπίστωσαν ότι η ανατρεπτική τεχνολογία, όπως οι δορυφορικές εικόνες και το IoT, βοηθά την αλυσίδα εφοδιασμού της αλιείας να μειώσει το κόστος αναζήτησης και να αυξήσει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών/αγοραστών στις τιμές των διαφορετικών ποικιλιών ψαριών, με συγκεκριμένες πληροφορίες σχετικά με τον παράγοντα αλλοίωσης. Το πιο σημαντικό είναι ότι αυτή η ανατρεπτική τεχνολογία βοηθά στη βελτίωση του εισοδήματος των αλιέων μεταφέροντας τα οφέλη από τους μεσάζοντες στους προμηθευτές. Τέλος, υπογραμμίζει τη συνάφεια μιας τέτοιας τεχνολογίας για την ομαλή λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας σε περίπτωση μελλοντικών πανδημιών, συμβάλλοντας έτσι στην ανθεκτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας φέρνοντας κοντά αγοραστές και προμηθευτές σε μια ψηφιακή πλατφόρμα.

Παράλληλα σύμφωνα με την ίδια έρευνα, το πλαίσιο τεχνολογίας blockchain αυξάνει την εμπιστοσύνη και τη διαφάνεια και με τη βοήθεια του Satellite και του IoT, προσθέτει τη διάσταση ιχνηλασιμότητας και παρακολούθησης ποιότητας στο σύστημα, βελτιώνοντας έτσι την ανθεκτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας στο σύστημα αξιών. Στη συγκεκριμένη έρευνα επισημάνθηκε η σημασία της θετικής απόκλισης ως αποτελεσματική προσέγγιση για την αντιμετώπιση των σημείων συμφόρησης στις αναπτυσσόμενες περιοχές, ειδικά όταν οι αλυσίδες εφοδιασμού δεν είναι οργανωμένες (αλιεία, γεωργία, χειροτεχνία και χειροτεχνίες), χρησιμεύει ως ραχοκοκαλιά στην οικονομία (τομέας τροφίμων). και το πιο σημαντικό σε καταστάσεις όπου οι τεχνολογικές παρεμβάσεις είναι δύσκολες λόγω της απροθυμίας υιοθέτησης τέτοιων τεχνολογιών σε μεγάλη κλίμακα όπου τα ενδιαφερόμενα μέρη βρίσκονται σε μειονεκτική θέση από οικονομική άποψη (Sengupta et al., 2021).

Στην μελέτη τους οι Kamilaris et al., (2019) υπογράμμισαν τα πλεονεκτήματα αλλά και τους περιορισμούς της εφαρμογής τεχνολογίας blockchain για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις στον αγροτικό τομέα. Πιο συγκεκριμένα αναφορικά με τα πλεονεκτήματα:

- ❖ Ιχνηλασιμότητα σε αλυσίδες αξίας
- ❖ Στήριξη των μικροκαλλιεργητών
- ❖ Χρηματοδότηση και ασφάλιση αγροτικών αγροτών
- ❖ Διευκόλυνση χρηματοοικονομικών συναλλαγών στις αναπτυσσόμενες χώρες
- ❖ Δικαιότερη τιμολόγηση σε ολόκληρη την αλυσίδα αξίας
- ❖ Μια χρήσιμη πλατφόρμα στις προσπάθειες μείωσης των εκπομπών
- ❖ Ευαισθητοποίηση και ενδυνάμωση των καταναλωτών
- ❖ Πιο ενημερωμένες αποφάσεις αγοράς των καταναλωτών
- ❖ Αυξημένη βιωσιμότητα και μείωση των απορριμμάτων
- ❖ Μειωμένα τέλη συναλλαγής και λιγότερη εξάρτηση από μεσάζοντες
- ❖ Πιο διαφανείς συναλλαγές και λιγότερες απάτες
- ❖ Καλύτερη ποιότητα προϊόντων, μικρότερη πιθανότητα για τροφιογενείς ασθένειες.

Όσον αφορά τους περιορισμούς (Kamilaris et al., 2019):

- ❖ Οι ΜΜΕ (μικρομεσαίες επιχειρήσεις) αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην υιοθέτηση της τεχνολογίας
- ❖ Η υποδομή πληροφοριών ενδέχεται να εμποδίσει την πρόσβαση νέων χρηστών στις αγορές
- ❖ Έλλειψη τεχνογνωσίας από τις ΜΜΕ
- ❖ Υψηλές αβεβαιότητες και αστάθεια της αγοράς
- ❖ Περιορισμένες πλατφόρμες εκπαίδευσης και κατάρτισης
- ❖ Δεν υπάρχουν κανονισμοί
- ❖ Έλλειψη κατανόησης μεταξύ των υπευθύνων χάραξης πολιτικής και των τεχνικών εμπειρογνομόνων
- ❖ Ανοιχτές τεχνικές ερωτήσεις και ζητήματα επεκτασιμότητας (π.χ. καθυστέρηση συναλλαγών)
- ❖ Ψηφιακό χάσμα μεταξύ ανεπτυγμένου και αναπτυσσόμενου κόσμου
- ❖ Πτώση των κρυπτονομισμάτων στο μερίδιο αγοράς και υψηλή αστάθεια (θέματα φήμης)
- ❖ Απαιτείται κόστος υπολογιστικού/εξοπλισμού IoT
- ❖ Οι αποφάσεις σχεδιασμού ενδέχεται να μειώσουν τη συνολική ευελιξία
- ❖ Ζητήματα απορρήτου

- ❖ Ορισμένες ποιοτικές παράμετροι των προϊόντων διατροφής δεν μπορούν να παρακολουθηθούν με αντικειμενικές αναλυτικές μεθόδους, ιδίως περιβαλλοντικούς δείκτες (Kamilaris et al., 2019).

Σύμφωνα με την ίδια πηγή (Kamilaris et al., 2019), η τεχνολογία blockchain χρησιμοποιείται ήδη από πολλά έργα και πρωτοβουλίες, με στόχο τη δημιουργία ενός αποδεδειγμένου και αξιόπιστου περιβάλλοντος για τη δημιουργία μιας διαφανούς και πιο βιώσιμης παραγωγής και διανομής τροφίμων, ενσωματώνοντας βασικούς ενδιαφερόμενους φορείς στην αλυσίδα εφοδιασμού. Ωστόσο, υπάρχουν ακόμη πολλά ζητήματα και προκλήσεις που πρέπει να επιλυθούν, πέρα από αυτά σε τεχνικό επίπεδο. Για να μειωθούν τα εμπόδια χρήσης, οι κυβερνήσεις πρέπει να δίνουν το παράδειγμα και να ενθαρρύνουν την ψηφιοποίηση της δημόσιας διοίκησης. Θα πρέπει επίσης να επενδύσουν περισσότερο στην έρευνα και την καινοτομία, καθώς και στην εκπαίδευση και την κατάρτιση, προκειμένου να παραχθούν και να αποδειχθούν στοιχεία για τα πιθανά οφέλη αυτής της τεχνολογίας.

Από σκοπιά πολιτικής, μπορούν να ληφθούν διάφορες ενέργειες, όπως η ενθάρρυνση της ανάπτυξης οικοσυστημάτων με γνώμονα το blockchain στις αλυσίδες αγροδιατροφής, η υποστήριξη της τεχνολογίας ως μέρος των γενικών στόχων της βελτιστοποίησης της ανταγωνιστικότητας και της διασφάλισης της βιωσιμότητας του εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων διατροφικής αλυσίδας, καθώς και ο σχεδιασμός ενός σαφούς ρυθμιστικού πλαισίου για τις εφαρμογές blockchain. Συνοψίζοντας, το blockchain είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία προς μια διαφανή αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων, αλλά εξακολουθούν να υπάρχουν πολλά εμπόδια και προκλήσεις, που εμποδίζουν την ευρύτερη δημοτικότητα του μεταξύ των αγροτών και των συστημάτων προμήθειας τροφίμων (Kamilaris et al., 2019).

Το εγγύς μέλλον θα δείξει εάν και πώς αυτές οι προκλήσεις θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν από κυβερνητικές και ιδιωτικές προσπάθειες, προκειμένου να καθιερωθεί η τεχνολογία blockchain ως ένας ασφαλής, αξιόπιστος και διαφανής τρόπος για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της ακεραιότητας των τροφίμων. Είναι πολύ ενδιαφέρον να διερευνηθεί πώς το blockchain θα συνδυαστεί με άλλες αναδυόμενες τεχνολογίες (μεγάλα δεδομένα, ρομποτική, IoT, RFID, NFC, υπερφασματική απεικόνιση κ.λπ.), προς υψηλότερο αυτοματισμό των διαδικασιών εφοδιασμού τροφίμων, ενισχυμένη με πλήρη διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα (Kamilaris et al., 2019).

4.2 Περιπτώσεις εφαρμογής τεχνολογίες blockchain την εφοδιαστική αλυσίδα

4.2.1 Πληρωμές προμηθευτών αυτοκινήτων

Το Blockchain δίνει την δυνατότητα να μην απαιτούνται οι παραδοσιακές τραπεζικές συναλλαγές για την μεταφορά κεφαλαίων σε όλο τον κόσμο, επειδή οι συναλλαγές αυτές γίνονται άμεσα μεταξύ αυτού που πληρώνει και του δικαιούχου. Παρέχει επίσης ασφάλεια και μείωση χρόνου, διότι απαιτούνται λιγότερα λεπτά, σε σύγκριση με τις ημέρες για τις αυτοματοποιημένες πληρωμές από το γραφείο συμψηφισμού, για παράδειγμα. Οι μεταφορές Bitcoin επιφέρουν επίσης χαμηλότερες χρεώσεις.

Η αυστραλιανή εταιρεία κατασκευής οχημάτων Tomcar χρησιμοποιεί Bitcoin για να πληρώσει ορισμένους από τους προμηθευτές της. Επί του παρόντος, τρεις συνεργάτες στο Ισραήλ και την Ταϊβάν δέχονται πληρωμές από την Tomcar χρησιμοποιώντας Bitcoin. Στις συμφωνίες ανάμεσα στην Tomcar με τους προμηθευτές της χρησιμοποιούνται τυπικοί όροι. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η εξοικονόμηση κόστους. Από την άλλη πλευρά, η εταιρεία φροντίζει να αποφεύγει να κρέμεται από υπερβολικό Bitcoin. Επίσης κάποιες εθνικές κυβερνήσεις θεωρούν το Bitcoin κατάλληλο μέσο για να επενδύσουν οι εταιρείες. Ως εκ τούτου, υπάρχει η περίπτωση οι εταιρείες να φορολογούνται επί των συμμετοχών Bitcoin (Applications of Blockchain in Supply Chain, 2022).

4.2.2 Ιχνηλασιμότητα κρέατος

Οι εταιρείες έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν συστήματα κατανεμημένων καθολικών (blockchains) προκειμένου να κάνουν καταγραφή της κατάστασης του προϊόντος σε οποιοδήποτε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Τα ρεκόρ παραμένουν για πάντα και δεν μεταβάλλονται. Υπάρχει η δυνατότητα ανίχνευσης των προϊόντων στην πηγή του. Ο παγκόσμιος λιανοπωλητής Walmart προκειμένου να μπορεί να επιβλέπει την πορεία των πωλήσεων των προϊόντων του (χοιρινό κρέας) στην Κίνα χρησιμοποιεί blockchain για να παρακολουθεί τις πωλήσεις χοιρινού κρέατος στην Κίνα. Το σύστημά του δίνει την δυνατότητα να

δει, σε οποιοδήποτε στάδιο που επεξεργάζεται και αποθηκεύεται κάθε κομμάτι κρέατος στην αλυσίδα εφοδιασμού, από πού προέρχεται καθώς και την ημερομηνία πώλησης του. Σε περίπτωση που πρέπει να ανακληθεί ένα προϊόν, η εταιρεία έχει την δυνατότητα να δει ποιες παρτίδες έχουν επηρεαστεί καθώς και τον αγοραστή τους (Applications of Blockchain in Supply Chain, 2022).

4.2.3 Μικροδίκτυα Ηλεκτρικής Ενέργειας

Το Transactive Grid είναι μια εφαρμογή που εκτελείται σε blockchain για την παρακολούθηση και την αναδιανομή ενέργειας σε ένα γειτονικό μικροδίκτυο. Το πρόγραμμα αυτοματοποιεί την αγορά και πώληση πράσινης ενέργειας για εξοικονόμηση κόστους και ρύπανσης. Η διαδικασία χρησιμοποιεί την πλατφόρμα blockchain Ethereum, που έχει σχεδιαστεί ειδικά για τη δημιουργία και την εκτέλεση έξυπνων συμβολαίων.

4.2.4 Προσφορές και εκτέλεση συμβάσεων βάσει RFID

Οι ετικέτες RFID (*Radio Frequency Identification*), που στα ελληνικά ο ορισμός του είναι «η ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων». Τα συστήματα RFID είναι ένα υποσύνολο των Συστημάτων Αυτόματου Προσδιορισμού (*Automatic Identification Systems*). Ειδικότερα λειτουργεί ως ορολογία για τις τεχνολογίες που για να προσδιορίσουν αυτόματα ανθρώπους ή αντικείμενα και αποτελεί την τεχνολογική εξέλιξη των ραβδωτών κωδίκων) χρησιμοποιούν ραδιοκύματα και επίσης στην εφοδιαστική αλυσίδα χρησιμεύουν για να αποθηκεύσουν πληροφορίες που είναι σχετικές με προϊόντα. Τα πληροφοριακά συστήματα έχουν την δυνατότητα αυτόματα να διαβάσουν τις ετικέτες και μετά προχωρήσουν στην επεξεργασία τους. Θα μπορούσε πιθανότατα να ρυθμιστεί ως η εξής:

Να γίνεται αποθήκευση στις ετικέτες RFID χαρτοκιβώτιων ή παλετών, των πληροφοριών που είναι σχετικές με τον τόπο και την χρόνο παράδοσης. Οι συνεργάτες Logistics προκειμένου να υποβάλουν προσφορά για την σύναψη σύμβασης παράδοσης να αναζητήσουν τις συγκεκριμένες ετικέτες μέσα από τη εκτέλεση κάποιων εφαρμογών. Ο συνεργάτης που η προσφορά του έχει τη συμφερότερη τιμή και υπηρεσία να αναδεικνύεται ο ανάδοχος της σύμβασης. Στη συνέχεια, η

κατάσταση και η τελική απόδοση παράδοσης μπορεί να παρακολουθείτε μέσω ενός έξυπνου συμβολαίου (Applications of Blockchain in Supply Chain, 2022).

4.2.5 Παρακολούθηση τροφίμων και φαρμακευτικών προϊόντων

Οι ανάγκες αποθήκευσης των τροφίμων και τα φαρμακευτικών προϊόντων είναι ιδιαίτερες και απαιτούν εξειδίκευση. Επίσης, οι επιχειρήσεις αντί να πληρώνουν την δική τους αξία, αυτή κατανέμεται σε κέντρα διανομής και σε χώρους αποθήκευσης. Οι αισθητήρες έχουν την δυνατότητα να καταγράφουν την υγρασία, τις θερμοκρασίες, τους κραδασμούς και άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες σε προϊόντα που έχουν ευαισθησία

Στη συνέχεια μπορεί να γίνει η αποθήκευση των μετρήσεων σε μία αλυσίδα. Είναι μόνιμα και αδιάβροχα. Κάθε μέλος του blockchain θα μπορεί να δει εάν μια συνθήκη αποθήκευσης αποκλίνει από τα συμφωνηθέντα, . Ένα έξυπνο συμβόλαιο έχει την δυνατότητα να βρει την λύση και να διορθώσει την κατάσταση. Για παράδειγμα, ανάλογα το πόσο είναι η απόκλιση, να πρέπει να προσαρμοστούν ανάλογα και οι συνθήκες της αποθήκευσης. Επίσης, θα μπορούσε να γίνει επέκταση στην ημερομηνία «χρήσης» και να κριθούν τα προϊόντα ακατάλληλα ή να επιβληθούν κυρώσεις (Applications of Blockchain in Supply Chain, 2022).

4.2.6 Nestlé

Η Nestlé συνεργάστηκε με το OpenSc, μια πλατφόρμα blockchain, για την ανίχνευση γάλακτος από φάρμες και παραγωγούς στη Νέα Ζηλανδία έως εργοστάσια και αποθήκες της Nestlé στη Μέση Ανατολή. Αυτό είναι το πιλοτικό έργο, αλλά ένα μεγάλο βήμα που καταδεικνύει τη δέσμευση της εταιρείας προς τη διαφάνεια. Η Nestlé θέλει οι καταναλωτές της να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις, επομένως θέλουν να χρησιμοποιούν την τεχνολογία blockchain για να μοιράζονται αξιόπιστες πληροφορίες με τους καταναλωτές. Η πλατφόρμα OpenSc ιδρύθηκε από το WWF-Australia και το The Boston Consulting Group Digital Ventures. Είναι ενδιαφέρον ότι το 2017, η Nestlé εισήγαγε την τεχνολογία blockchain στην πλατφόρμα IBM Food

Trust και έδωσε πρόσβαση στους καταναλωτές της στα δεδομένα που σχετίζονται με τον πουρέ Mousline στη Γαλλία.

Η Nestlé και η Carrefour συνεργάστηκαν για να χρησιμοποιήσουν την πλατφόρμα IBM Food Trust για τη σειρά γάλακτος για βρέφη GUIGOZ Bio 2 και 3. Οι εταιρείες θέλησαν να ενισχύσουν την εμπιστοσύνη των καταναλωτών παρέχοντας διαφάνεια στα προϊόντα τους, τις συσκευασίες GUIGOZ Bio 2 και 3. Αυτή η διαφάνεια στην αλυσίδα εφοδιασμού αύξησε περαιτέρω το σημείο αναφοράς για τη Nestlé και την Laboratoires Guigoz, προκειμένου να διασφαλιστεί ένα υψηλό επίπεδο φροντίδας για υψηλή ποιότητα των προϊόντων τους (Applications of blockchain technology in the food industry, 2022).

4.2.7 Cermaq και η Labeyrie

Ο σολομός Cermaq και η Labeyrie ενώθηκαν για να χρησιμοποιήσουν την πλατφόρμα IBM Food Trust για να εξασφαλίσουν την ιχνηλασιμότητα και τη διαφάνεια στην εφοδιαστική τους αλυσίδα. Στοχεύουν στην παροχή πληροφοριών για τα ψάρια. Η προέλευσή του, ο χρόνος και η ημερομηνία εκκόλαψης, οι συνθήκες αναπαραγωγής, η διάρκεια, ο χρόνος μεταφοράς του στο θαλασσινό νερό, το είδος του εμβολιασμού που του έγινε κ.λπ. Η Labeyrie, μια κορυφαία μάρκα καπνιστού σολομού στη Γαλλία, χρησιμοποιεί τεχνολογία blockchain για δύο από Νορβηγικά προϊόντα καπνιστού σολομού. Οικοδομούν διαφάνεια στο σύστημα δίνοντας στους καταναλωτές την ευκαιρία να έχουν πρόσβαση σε όλες τις σημαντικές πληροφορίες. Σαρώνοντας τον κωδικό QR που υπάρχει στη συσκευασία, οι καταναλωτές μπορούν να έχουν πρόσβαση σε όλες τις πληροφορίες του προϊόντος (Applications of blockchain technology in the food industry, 2022).

4.2.8 El Ordeño

Η El Ordeño, μία από τις εταιρείες επεξεργασίας γάλακτος από τον Ισημερινό, υιοθέτησε το IBM Food Trust για να προσφέρει διαφάνεια και να μειώσει τη σπατάλη τροφίμων. Μέσω του κωδικού QR που υπάρχει στα γαλακτοκομικά προϊόντα TRU, η El Ordeño θέλει οι καταναλωτές της να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες σχετικά με

τη διαδρομή που έχει διανύσει το γάλα της TRU πριν φτάσει σε αυτούς, από τον παραγωγό στα κέντρα ποιότητας, τις αλυσίδες ψύξης και τα κέντρα διανομής. Το σχέδιο είναι να κλιμακώσει τη λύση σε όλα τα γαλακτοκομικά προϊόντα της.

4.2.9 Organo

Οι εταιρείες Organo εφαρμόζουν το IBM Food Trust, για να μοιράζονται επιλεκτικά βασικές πληροφορίες σχετικά με τα προϊόντα Organa με καταναλωτές, συνεργάτες προμηθειών, εμπορικούς εταίρους, συνεργάτες διανομής κ.λπ. Η επιχείρηση θέλει να διασφαλίσει τη διαφάνεια, αλλά ταυτόχρονα να εξασφαλίσει ένα εξαιρετικά ασφαλές περιβάλλον. Μέσω αυτής της διαφάνειας, επιδιώκει, τελικά, να οικοδομήσει την εμπιστοσύνη των συνεργατών και των καταναλωτών σε κάθε προϊόν Organo (Applications of blockchain technology in the food industry, 2022).

4.2.10 Φοινικέλαιο της Μαλαισίας (MPOC)

Το συμβούλιο φοινικέλαιων της Μαλαισίας (MPOC) συνεργάστηκε με το BloomBloc για την εφαρμογή τεχνολογίας blockchain για τη βελτίωση της λογοδοσίας και της ιχνηλασιμότητας. Έχει αναπτύξει μια εφαρμογή blockchain για κινητά και μια διεπαφή ιστού για τον εντοπισμό φοινικέλαιου σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού της. Χρησιμοποιώντας ένα smartphone, κάθε δέντρο και σχετικές πληροφορίες, καθώς και άλλες πληροφορίες πρόσθετων σημείων ελέγχου, μεταφορτώνονται στο σύστημα. Αυτό δημιουργεί αυτόματα μια end-to-end ψηφιακή βάση δεδομένων, ενισχύοντας τη διαφάνεια, την ακρίβεια και την αξιοπιστία για τα ενδιαφερόμενα μέρη και τους τελικούς πελάτες (Applications of blockchain technology in the food industry, 2022).

4.2.11 Maersk

Η Maersk είναι ναυτιλιακή εταιρεία Δανέζικων συμφερόντων που η κύρια δραστηριότητά της είναι μεταφορές εμπορευμάτων στους ωκεανούς και στις υπόλοιπες θαλάσσιες. Η Maersk προκειμένου να μειώσει το παγκόσμιο ναυτιλιακό κόστος και να επιτύχει την καλύτερη επίβλεψη της εφοδιαστικής αλυσίδας των προϊόντων της, συνεργάστηκε με την IBM και αποφάσισαν να προβούν στην

δημιουργία μιας δικιάς τους λύση που να στηρίζεται στην τεχνολογία blockchain. Έτσι δημιουργήθηκε η πλατφόρμα TradeLens που ήταν αποτέλεσμα της συνεργασίας της Maersk και της IBM. Το TradeLens είναι μια ανοιχτή και ουδέτερη βιομηχανική πλατφόρμα που υποστηρίζεται από την τεχνολογία blockchain, η οποία απαρτίζεται από σημαντικούς παίκτες σε όλη την παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία. Η πλατφόρμα προκειμένου να κερδίσει την εμπιστοσύνη στην εφοδιαστική αλυσίδα παγκοσμίως στοχεύει στην ανταλλαγή πληροφοριών με διαφάνεια, ασφάλεια και αποτελεσματικότητα. Σήμερα, η πλατφόρμα TradeLens μοιράζεται με ασφάλεια εκατομμύρια συμβάντα και έγγραφα αποστολών με εξουσιοδοτημένα μέρη σε έξι ηπείρους, συμβάλλοντας στη μείωση των τριβών και στην απλοποίηση της διαδικασίας του εμπορίου.

Η αξία του TradeLens προκύπτει από τα μέλη του οικοσυστήματος που μοιράζονται πληροφορίες στην πλατφόρμα. Το Blockchain είναι η τεχνολογία που προστατεύει αυτά τα δεδομένα και καθιστά δυνατή την αξιόπιστη συνεργασία. Επιπροσθέτως, το TradeLens χρησιμοποιεί την πλατφόρμα Blockchain της IBM, η οποία βασίζεται στο Hyperledger Fabric, ένα blockchain με άδεια ανοιχτού κώδικα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το TradeLens χρησιμοποιεί ένα εξουσιοδοτημένο blockchain για να προσφέρει αμετάβλητο και απόρρητο το έγγραφο αποστολής. Σε αντίθεση με τις ανοιχτές, ανώνυμες αλυσίδες μπλοκ, όπως αυτές που χρησιμοποιούνται για κρυπτονομίσματα, στην αλυσίδα μπλοκ TradeLens, τα μέλη είναι «Trust Anchors» και είναι γνωστά στο δίκτυο με βάση κρυπτογραφικές ταυτότητες. (TradeLens | The Technology, 2022).

4.2.12 CargoX

Η CargoX, είναι μια σλοβενική startup που έχει αναπτύξει μια φορτωτική που βασίζεται σε Blockchain για εμπορευματοκιβώτια θαλάσσιων μεταφορών. Η startup επικεντρώνεται στη φορτωτική, αλλά σκοπεύει να συμπεριλάβει όλα τα άλλα έγγραφα μεταφοράς εμπορευμάτων στο προϊόν της μέσω μιας επαναληπτικής διαδικασίας ανάπτυξης. Σε μια δοκιμή μόνο με τη φορτωτική, ισχυρίζονται ότι έχουν μειώσει το κόστος επεξεργασίας κατά 85%. Η startup συνεργάζεται με εξωτερικές εταιρείες logistics για την ανάπτυξη της τεχνολογίας, αλλά στοχεύει να είναι μια ουδέτερη πλατφόρμα για όλους τους παράγοντες της αγοράς αντί για ένα εγχείρημα

από οποιονδήποτε συγκεκριμένο συμμετέχοντα της αγοράς (όπως η πλατφόρμα TradeLens με επικεφαλής τη Maersk και την IBM). Η CargoX υποστηρίζει ότι μια ανοιχτή πλατφόρμα και είναι απαραίτητη για την επιτυχία στην αγορά (Twenhöven, T., & Petersen, M. (2019).

Πιο συγκεκριμένα, η CargoX ανέπτυξε μια πλατφόρμα BDTS (Blockchain Documentation Transaction System). Το BDTS παρουσιάζει μια πλατφόρμα με πολλές εφαρμογές όπου η Smart B/L™ είναι η πιο δημοφιλής. Η CargoX είναι ο ανεξάρτητος προμηθευτής συστήματος συναλλαγών τεκμηρίωσης blockchain που παρέχει έναν εξαιρετικά γρήγορο, ασφαλή, αξιόπιστο και οικονομικό τρόπο επεξεργασίας εγγράφων αποστολής οπουδήποτε στον κόσμο. Η CargoX δημιούργησε ένα ανοιχτό σύστημα που βασίζεται στην τεχνολογία blockchain και κρυπτογραφημένη αποκεντρωμένη αποθήκευση δεδομένων που θα επιτρέψει τη δημιουργία και την ανταλλαγή εγγράφων που σχετίζονται με την κυκλοφορία μέσω έξυπνων συμβάσεων.

Με την εφαρμογή Smart B/L, η CargoX στοχεύει να αντικαταστήσει τη σημερινή φυσική (σε χαρτί) απόδειξη ιδιοκτησίας (που χρησιμοποιείται για την απόδειξη της ιδιοκτησίας του φορτίου στο λιμάνι προορισμού) με την ψηφιακή απόδειξη ιδιοκτησίας, καθιστώντας τη φορτωτική ασφαλέστερη, άμεσα φορητή, πιο εύκολο να αρχειοθετηθεί και πολύ φθηνότερη από την τρέχουσα φορτωτική σε έντυπη μορφή. Επιπλέον δείχνει τη σύγκριση μεταξύ της τρέχουσας ροής εργασίας και της ροής εργασίας που παρέχεται από τη λύση που βασίζεται στην αλυσίδα μπλοκ CargoX Smart B/L™ για τη μεταφορά εγγράφων σε λιγότερο από 20 δευτερόλεπτα.

Η CargoX στοχεύει να συνδέσει εκδότες, μεταφορείς, εισαγωγείς, εξαγωγείς και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς σε ένα ισορροπημένο σύστημα που βασίζεται στην εμπιστοσύνη και την αλληλεπίδραση. Από αυτή την άποψη, στόχος της CargoX είναι να εξαλείψει την ανάγκη για ενδιάμεσο παρέχοντας εργαλεία για ασφαλή κοινή χρήση εγγράφων, μειώνοντας σημαντικά το κόστος και τον χρόνο παράδοσης, προσφέροντας υψηλό επίπεδο ασφάλειας και διαφάνειας (Jović, Filipović, Tijan, & Jardas, 2019).

4.2.13 Walmart

Η Walmart Inc. είναι πολυεθνική εταιρεία λιανεμπορίου Αμερικάνικων συμφερόντων , με έδρα στο Bentonville του Αρκάνσας των Ηνωμένων Πολιτειών και έχει στην κατοχή της παντοπωλεία , εκπωτικά πολυκαταστήματα και υπεραγορές και επίσης έχει στην κατοχή της τις αποθήκες λιανικής του Sam's Club .τις οποίες και διαχειρίζεται . Ο Sam Walton ίδρυσε την συγκεκριμένη εταιρεία στο Rogers του Αρκάνσας το 1962

Από τον Απριλίου του 2022, η Walmart έχει στην κατοχή της 10.585 κλαμπ και καταστήματα που λειτουργούν σε 24 χώρες, με 46 διαφορετικά ονόματα όπως πχ στις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά με την επωνυμία Walmart, στο Μεξικό και την Κεντρική Αμερική με την επωνυμία Walmart de México y Centroamérica και στην Ινδία με την επωνυμία Flipkart Wholesale. Επίσης δραστηριοποιείται και σε άλλες χώρες όπως στον Καναδά ,στη Χιλή, και στη Νότια Αφρική. Ακόμα η Walmart κατέχει μερίδιο στη Walmart Brasil (20%) από το 2018 . Τελικά, εκχώρησαν τις μετοχές τους στην Grupo Big στη γαλλική εταιρεία λιανικής Carrefour, σε συναλλαγή αξίας 7 δισεκατομμυρίων δολαρίων και ολοκληρώθηκε στις 7 Ιουνίου 2022.

Σύμφωνα με τη λίστα Fortune Global 500 του 2022 η Walmart έχει τα περισσότερα έσοδα στον κόσμο, με περίπου 570 δισεκατομμύρια δολάρια σε ετήσια έσοδα. Επίσης έχει τους περισσότερους εργαζόμενους στον κόσμο στον ιδιωτικό τομέα (2,2 εκατ εργαζόμενους). Τον έλεγχο της εταιρίας τον έχει η οικογένεια Walton. Οι κληρονόμοι του Sam Walton έχουν στην κατοχή του μεγαλύτερο ποσοστό από το 50 τοις εκατό της Walmart τόσο μέσω της ίδιας συμμετοχής τους όσο και μέσω του χαρτοφυλακίου της εταιρείας Walton Enterprises. Το 2019 , το 65% του ποσοστού πωλήσεων, δηλαδή ποσού 510,329 δισεκατομμυρίων δολαρίων , της Walmart προήλθε από δραστηριότητες στις ΗΠΑ , όπου και ήταν ο μεγαλύτερος λιανοπωλητής παντοπωλείων.

Η εισαγωγή της Walmart στο Χρηματιστήριο της Νέας Υόρκης έγινε το 1972. Κατάφερε μέχρι το 1988, να είναι ο λιανοπωλητής με τα περισσότερα κέρδη και μέχρι 1989 με τα περισσότερα έσοδα στις ΗΠΑ. Η εταιρεία στην αρχή περιοριζόταν γεωγραφικά στο Νότο και χαμηλότερα Midwest, αλλά στις αρχές της δεκαετίας του 1990 λειτούργησε καταστήματα από ακτή σε ακτή. Αρχικά άνοιξε το Sam's Club στο Νιου Τζέρσεϋ τον Νοέμβριο του 1989 και στη συνέχεια το πρώτο κατάστημα στην Καλιφόρνια άνοιξε στο Λάνκαστερ τον Ιούλιο του 1990 και ακολούθησαν τον Οκτώβριο του ίδιου χρόνου το κατάστημα στο Γιορκ της Πενσυλβάνια, το πρώτο κύριο κατάστημα στα βορειοανατολικά.

Τα αποτελέσματα των επενδύσεων της Walmart εκτός των ΗΠΑ ήταν μικτά. Οι επενδύσεις στην Κεντρική και Νότια Αμερική , στην Κίνα , στον Καναδά και στο Ηνωμένο Βασίλειο, είναι επιτυχημένες, αλλά στη Νότια Κορέα , στην Ιαπωνία και τη Γερμανία απέτυχαν .

Η Walmart είναι από καιρό γνωστή ως ηγέτης στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Προσπάθησε να διορθώσει ένα πρόβλημα που μαστιίζει τον κλάδο των μεταφορών για δεκαετίες που είναι οι τεράστιες αποκλίσεις δεδομένων στη διαδικασία τιμολογίων και πληρωμής για τους μεταφορείς εμπορευμάτων, που απαιτούσαν δαπανηρές προσπάθειες συμβιβασμού και προκαλούσαν μεγάλες καθυστερήσεις πληρωμών. Η Walmart Canada πρωτοστάτησε σε μια λύση: Χρησιμοποίησε blockchain, μια τεχνολογία κατανεμημένης λογιστικής, για να δημιουργήσει ένα αυτοματοποιημένο σύστημα διαχείρισης τιμολογίων από και πληρωμών προς τους 70 τρίτους μεταφορείς εμπορευμάτων της.

Η Walmart Canada παραδίδει πάνω από 500.000 αποστολές ετησίως σε κέντρα διανομής και καταστήματα σε ολόκληρο τον Καναδά, χρησιμοποιώντας τόσο το δικό της στόλο φορτηγών όσο και τρίτες εταιρείες. Η βασική υπηρεσία της μεταφοράς μιας τεράστιας ποσότητας αγαθών (πολλά από τα οποία είναι ευπαθή) πέρα από τα σύνορα, τις ζώνες ώρας και τα διαφορετικά κλίματα είναι μια τεράστια επιχειρησιακή πρόκληση. Για παράδειγμα, κάθε φορτίο που αποστέλλεται απαιτεί σημεία δεδομένων παρακολούθησης, όπως θέσεις στάσης, γαλόνια καυσίμου και ενημερώσεις θερμοκρασίας που πρέπει να υπολογίζονται ανεξάρτητα και να ενσωματώνονται σε κάθε τιμολόγιο. Με περισσότερα από 200 σημεία δεδομένων που έπρεπε να συνυπολογιστούν στα τιμολόγια, είναι εύκολο να δούμε πώς η διαδικασία τιμολογίου και πληρωμής μπορεί να είναι γεμάτη με ασυμφωνίες δεδομένων. Και με το 70% των τιμολογίων να απαιτούν προσπάθειες συμβιβασμού, αυξήθηκαν τα κόστη συναλλαγών και οι δυσαρεστημένοι μεταφορείς που περίμεναν για πληρωμές.

Ένας από τους ηγέτες τεχνολογίας της Walmart Canada πρότεινε την αυτοματοποίηση της διαδικασίας δημιουργώντας ένα δίκτυο blockchain, το οποίο θα ξεπερνούσε το πρόβλημα των μη συμβατών επιχειρηματικών συστημάτων και θα δημιουργούσε μια κοινή πηγή πληροφοριών για όλα τα μέρη. Προκειμένου να υλοποιήσει το σχέδιο αυτό η Walmart Canada στράφηκε στην DLT Labs, ηγέτη στην ανάπτυξη καινοτόμων επιχειρηματικών λύσεων χρησιμοποιώντας τεχνολογία κατανεμημένης λογιστικής. Λίγο αργότερα, ο Bison Transport, ένας από τους μεταφορείς της Walmart Canada, εντάχθηκε στην ομάδα που ήταν επιφορτισμένη με

την ανάπτυξη ενός δικτύου. Μια πιλοτική έκδοση, η οποία αρχικά αφορούσε μόνο τη Walmart Canada και τη Bison Transport, κυκλοφόρησε τον Ιανουάριο του 2019 μετά από εξαντλητικές δοκιμές. Ήταν επιτυχής και τον Μάρτιο του 2021, το δίκτυο, γνωστό ως DL Freight, επεκτάθηκε στους 69 άλλους μεταφορείς.

Το σύστημα συλλέγει συνεχώς πληροφορίες σε κάθε βήμα — από την προσφορά του μεταφορέα μέχρι την απόδειξη παράδοσης και την έγκριση πληρωμής. Αυτές οι πληροφορίες καταγράφονται και συγχρονίζονται αυτόματα σε πραγματικό χρόνο και είναι ορατές μόνο στα μέρη που συμμετέχουν στη συναλλαγή. Από κάθε άποψη, το σύστημα ήταν μια τεράστια επιτυχία. Πριν από το DL Freight, πάνω από το 70% των τιμολογίων αμφισβητήθηκε. Σήμερα λιγότερο από το 1% των τιμολογίων έχουν αποκλίσεις και αυτές οι διαφορές επισημαίνονται εύκολα και επιλύονται γρήγορα. (How Walmart Canada Uses Blockchain to Solve Supply-Chain Challenges, 2022)

4.2.14 Bext360

Η Bext360 είναι μια εταιρεία που παρέχει υπηρεσίες μέσω ενός λογισμικού (SaaS – Software as a Service) κυρίως σε εφοδιαστικές αλυσίδες που αντιμετωπίζουν προβλήματα ιχνηλασιμότητας. Το Bext360 αξιοποιεί την τεχνολογία blockchain για τη διαχείριση πληρωμών σε αυτοματοποιημένα περίπτερα που αξιολογούν τα προϊόντα — κεράσια και καφέ — διαπραγματεύονται την τιμή και μεταφέρουν ψηφιακά μετρητά. Η εταιρεία πραγματοποιεί ψηφιακές/κινητές πληρωμές απευθείας σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη στην αλυσίδα εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένων των αγροτών, των κοινοτήτων, των τραπεζών και άλλων. Το σύστημά τους παρακολουθεί τα αγαθά από την πηγή τους έως τον τελικό καταναλωτή, επιτρέποντας στους πελάτες να αλληλεπιδρούν άμεσα με τις κοινότητες προμήθειας. Το πρώτο τους μηχανήμα θα δοκιμαστεί στην Καλιφόρνια και στη συνέχεια θα κυκλοφορήσει στη Λαϊκή Δημοκρατία του Κονγκό και την Κολούμπια.

Το bext360 χρησιμοποιεί μηχανική όραση και τεχνητή νοημοσύνη (AI) για την προμήθεια γεωργικών προϊόντων υψηλής ποιότητας απευθείας από την πηγή. Επιπροσθέτως, το bext360 πραγματοποιεί ψηφιακές/κινητές πληρωμές στους αγρότες, τις κοινότητες, τις τράπεζες και άλλους ενδιαφερόμενους φορείς χρησιμοποιώντας πληρωμές αλυσίδας μπλοκ απευθείας στους ενδιαφερόμενους. Στη

συνέχεια, το σύστημα bext360 παρακολουθεί τα αγαθά από την πηγή έως τον τελικό καταναλωτή, επιτρέποντας στον τελικό καταναλωτή να αλληλεπιδρά απευθείας με τις κοινότητες που παρέχουν τα αγαθά. Τέλος, το bext360 παρέχει ένα πλήρες RESTful API για να επιτρέψει στους χονδρεμπόρους και τους λιανοπωλητές να ενσωματώσουν την τεχνολογία στους δικούς τους ιστότοπους, στο μάρκετινγκ, στα συστήματα σημείων πώλησης και στα εργαλεία διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Παρέχει δίκαιη και διαφανή ανάλυση και πληρωμές για να διασφαλίσει ότι όλος ο καφές πληροί τα πρότυπα Fair-Trade και συνεργάζεται απευθείας με τις κοινότητες του Point of Origin. Οι μηχανές bext360 συλλέγουν, αναλύουν και πραγματοποιούν ηλεκτρονικές πληρωμές σε όλους τους ενδιαφερόμενους στο Σημείο Προέλευσης του καφέ και παρέχουν κρίσιμα δεδομένα για τη βελτίωση της ποιότητας του καφέ. Επιτρέπει στους αγοραστές και άλλους οργανισμούς με άμεσες διαδρομές να βελτιώσουν την ποιότητα τόσο του προϊόντος όσο και των κοινοτήτων που παρέχουν τον καφέ. Παρέχει ένα RESTful API, επιτρέποντας την ενσωμάτωση και την ιδιωτική επισήμανση όλων των δεδομένων σε προγράμματα μάρκετινγκ και αφοσίωσης χονδρεμπόρων ή λιανοπωλητών (Bext360 | PositiveBlockchain.io, 2022).

Κεφάλαιο 5ο

Συμπεράσματα

Φαίνεται ότι οι αλυσίδες εφοδιασμού είναι ένα από τα κλειδιά για την αποτελεσματικότητα και την ανταγωνιστικότητα μιας επιχείρησης στην αγορά. Πληθώρα πληροφοριών προϊόντων αλλά και εργαζομένων πρέπει να ταξινομηθούν και να οριοθετηθούν σε κάθε κομμάτι της αλυσίδας του εφοδιασμού. Σε αυτό το σημείο έρχονται οι αλυσίδες blockchain όπου αποτελούν εκσυγχρονισμό προηγούμενων τεχνολογιών. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνουν μία λίστα συναλλαγών υποστηρίζονται από κρυπτογραφία και μηχανισμούς συναίνεσης ώστε διασφαλιστεί η ασφάλεια και η μόνιμη αποθήκευση. Ο πρωταρχικός σκοπός των εφαρμογών τεχνολογιών blockchain είναι να βγάλουν από το κάδρο των διεργασιών τα αξιόπιστα τρίτα μέρη δηλαδή τους μεσάζοντες οι οποίοι προσφέρουν τις υπηρεσίες τους με κόστος. Έτσι, ο σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη της τεχνολογίας blockchain, τα πλεονεκτήματα και περιορισμοί σε ένα ευρύτερο πλαίσιο αλλά και στην αλυσίδα εφοδιασμού. Τα βασικά χαρακτηριστικά του blockchain είναι η αποκέντρωση, η επιμονή, η ανωνυμία, και η ακουστικότητα. Αναφορικά με την αρχιτεκτονική του, βασίζεται σε μία μονάδα πηγής δεδομένων, μία μονάδα συναλλαγής, μία μονάδα δημιουργίας μπλοκ, μία μονάδα συναίνεσης και τέλος μια μονάδα σύνδεσης και διασύνδεσης.

Όσον αφορά την ταξινόμηση των συστημάτων blockchain διακρίνονται σε τρία τρέχοντα συστήματα που αυτά είναι, το δημόσιο το ιδιωτικό και το blockchain κοινοπραξίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο δημόσιο blockchain, με το πιο γνωστό του παράδειγμα το Bitcoin, κάθε κόμβος θα μπορούσε να λάβει μέρος στη διαδικασία και διαφοροποιείται σε σχέση με το ιδιωτικό ιδιωτική στο γεγονός ότι η αλυσίδα ελέγχεται πλήρως από μία οργάνωση που θα μπορούσε να καθορίσει την τελική συναίνεση. Το ιδιωτικό blockchain περιλαμβάνει το δημοφιλές Hyperledger, πρωτόκολλο με την κατανομημένη σύνεση. Τα ιδιωτικά blockchain που υποστηρίζουν έξυπνα συμβόλαια μπορούν να υποστηρίξουν περίπλοκες λογικές συναλλαγών. Τέλος, τα blockchain κοινοπραξίας μπορούν να διαχωριστούν σε επιχειρηματικό, που στοχεύει στην επίλυση επιχειρηματικών προβλημάτων και σε

αυτό που είναι προσανατολισμένο στην τεχνολογία με στόχο την ανάπτυξη πλατφόρμας που θα χρησιμοποιηθεί ως καθολική υποδομή. Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένες κοινοπραξίες blockchain είναι διεθνής ενώ άλλες εδρεύουν μόνο σε τοπικές αγορές. Επιπροσθέτως, αναφορικά με τα πρωτόκολλα blockchain το PoW είναι ένας αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει τις συναλλαγές και την παραγωγή νέων block στην αλυσίδα. Ένα τέτοιο σχήμα χαρακτηρίζεται από αλγόριθμο απόδειξης και επαλήθευσης που δεν επιτρέπει σημαντικές συντομεύσεις με αποτέλεσμα να αποτελεί καλό μηχανισμό προστασίας από ανεπιθύμητες επιθέσεις και μηνύματα.

Μία εναλλακτική πρόταση για το PoW είναι το Byzantine Fault Tolerance το οποίο περιλαμβάνει αμελητέους υπολογισμούς. Ωστόσο, υπάρχουν πολλά ερωτηματικά σε σχέση με τον τρόπο εφαρμογής του και μάλιστα έχει γίνει αντιληπτός σαν ένα βαρύ πρωτόκολλο επικοινωνία.

Το διάσημο δίκτυο Bitcoin έγινε ευρέως γνωστό το 2008, όπου η μεταφορά ψηφιακών πληροφοριών αντιπροσωπεύουν ηλεκτρονικά μετρητά σε ένα κατανομημένο σύστημα. Έχει αρκετά πλεονεκτήματα μιας και προσφέρει μεγάλες ταχύτητες συναλλαγών και χαμηλές χρεώσεις συναλλαγών. Ωστόσο υπάρχουν και μία σειρά από κίνδυνοι όπως η αστάθεια, η ανεπαρκής ρύθμιση και η κρίση ταυτότητας.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα αυξάνει την αποτελεσματικότητα της επιχείρησης και είναι επωφελής για μεγάλο αριθμό παραγόντων που επηρεάζουν το σύστημα όπως οι επιχειρήσεις, οι προμηθευτές, οι εργαζόμενοι και οι πελάτες. Έτσι, η διαφάνεια των πληροφοριών για την πληροφορία και ένα έξυπνο συμβόλαιο αντικατοπτρίζει την αποτελεσματική και βολική διαχείριση των συμβάσεων. Άλλα πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση της τεχνολογίας του blockchain είναι ο μειωμένος χρόνος συναλλαγής, η βελτίωση ορατότητας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού καθώς και η βελτιωμένη συνδεσιμότητα. Με την τεχνολογία blockchain χαρακτηριστικά όπως ασφάλεια, ανθεκτικότητα, προέλευση, διαχείριση διαδικασιών και διαχείριση προϊόντων μπορούν να μεταμορφωθούν. Ωστόσο υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί αναφορικά με τους κινδύνους που πρέπει να αντιμετωπιστούν όπως η ανάπτυξη εφαρμογών, η πολυπλοκότητα των δεδομένων η διαχείριση της αποκέντρωσης τα υψηλότερα υπολογιστικά έξοδα, η πιθανή μη σταδιακή ενημέρωση και άλλα. Πιθανές λύσεις που προτείνονται για εξάλειψη των κινδύνων είναι η δημιουργία ισχυρών σχέσεων και η διάφανη εφοδιαστική αλυσίδα ενώ, συγχρόνως η εξατομικευμένη εξυπηρέτηση

και η δυνατότητα ελέγχου λειτουργούν αποτελεσματικά για την αποφυγή προβλημάτων σε εφαρμογές τεχνολογίας blockchain. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο CoVID-19 έχει τονίσει σημαντικά τη σημασία της ανθεκτικότητας και της αποτελεσματικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η εφαρμογή τεχνολογίας blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα έχει πληθώρα πλεονεκτημάτων που μπορεί να βοηθήσει την επιχείρηση να φτάσει τη στοχοθέτηση της. Ωστόσο, χρειάζεται προσήλωση και διαφάνεια σε όλο το λειτουργικό κομμάτι ώστε να αποφευχθούν κίνδυνοι που μπορούν να φέρουν στην επιχείρηση μη αναστρέψιμα αποτελέσματα.

Στην παρούσα ερευνητική εργασία μελετήθηκαν οι εφαρμογές τεχνολογιών blockchain και ειδικότερα οι εφαρμογές τους στην εφοδιαστική αλυσίδα. Ωστόσο βάσει των συμπερασμάτων που προηγήθηκαν φαίνεται ότι υπάρχει η δυνατότητα για επιπλέον μελέτη και βελτίωση της προσέγγισης που επιχειρήθηκε από μέρους του ερευνητή. Πέραν των πρακτικών εφαρμογών που αναλύθηκαν στην παρούσα έρευνα μελλοντικά κάποιος θα μπορούσε στηριζόμενος στην ελληνική και ξένη βιβλιογραφική ανασκόπηση που έγινε, να εξετάσει ενδελεχώς μια συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης, δηλαδή την εφαρμογή των τεχνολογιών blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα γνωστής επιχείρησης. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η τεχνολογία blockchain στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι πολλά υποσχόμενη και ο ερευνητής μπορεί να τη μελετήσει πολύπλευρα και σε πολλούς κλάδους.

Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

- Abdullah, D., Rahardja, U., & Oganda, F. P. (2021). Covid-19: Decentralized Food Supply Chain Management. *Syst. Rev. Pharm*, 12(3), 142-152.
- Abramova, S., & Böhme, R. (2016). Perceived benefit and risk as multidimensional determinants of bitcoin use: A quantitative exploratory study.
- Alqassem, I., Rahwan, I., & Svetinovic, D. (2018). The anti-social system properties: Bitcoin network data analysis. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 50(1), 21-31.
- Baumann, A., Fabian, B., & Lischke, M. (2014). Exploring the Bitcoin Network. *WEBIST (1)*, 2014, 369-374.
- Chang, S. E., Chen, Y. C., & Lu, M. F. (2019). Supply chain re-engineering using blockchain technology: A case of smart contract based tracking process. *Technological Forecasting and Social Change*, 144, 1-11.
- Chauhan, M., Shingari, I., & Shingari, I. (2017). Future of e-wallets: a perspective from under graduates'. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 7(8), 146.
- Chu, S., & Wang, S. (2018). The curses of blockchain decentralization. *arXiv preprint arXiv:1810.02937*.
- Clauson, K. A., Breeden, E. A., Davidson, C., & Mackey, T. K. (2018). Leveraging Blockchain Technology to Enhance Supply Chain Management in Healthcare:: An exploration of challenges and opportunities in the health supply chain. *Blockchain in healthcare today*.
- Dinh, T. T. A., Liu, R., Zhang, M., Chen, G., Ooi, B. C., & Wang, J. (2018). Untangling blockchain: A data processing view of blockchain systems. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 30(7), 1366-1385.
- Dong, Z., Luo, F., & Liang, G. (2018). Blockchain: a secure, decentralized, trusted cyber infrastructure solution for future energy systems. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 6(5), 958-967.

- Dorri, A., Kanhere, S. S., Jurdak, R., & Gauravaram, P. (2019). LSB: A Lightweight Scalable Blockchain for IoT security and anonymity. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 134, 180-197.
- Dutta, P., Choi, T. M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation research part e: Logistics and transportation review*, 142, 102067.
- Dutta, P., Choi, T. M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation research part e: Logistics and transportation review*, 142, 102067.
- Dutta, P., Choi, T. M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation research part e: Logistics and transportation review*, 142, 102067.
- Eljazzar, M. M., Amr, M. A., Kassem, S. S., & Ezzat, M. (2018). Merging supply chain and blockchain technologies. *arXiv preprint arXiv:1804.04149*.
- Elkington, J. (1998). Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. *Environmental quality management*, 8(1), 37-51.
- Engelenburg, S. V., Janssen, M., & Klievink, B. (2019). Design of a software architecture supporting business-to-government information sharing to improve public safety and security. *Journal of Intelligent information systems*, 52(3), 595-618.
- Falcone, E. C., Steelman, Z. R., & Aloysius, J. A. (2021). Understanding managers' reactions to blockchain technologies in the supply chain: The reliable and unbiased software agent. *Journal of Business Logistics*, 42(1), 25-45.
- Francisco, K., & Swanson, D. (2018). The supply chain has no clothes: Technology adoption of blockchain for supply chain transparency. *Logistics*, 2(1), 2.
- Hur, Y., Jeon, S., & Yoo, B. (2015). Is Bitcoin a viable e-business?: Empirical analysis of the digital currency's speculative nature. *Association for Information Systems*.
- Iftekhhar, A., & Cui, X. (2021). Blockchain-based traceability system that ensures food safety measures to protect consumer safety and COVID-19 free supply chains. *Foods*, 10(6), 1289.

- Jović, M., Filipović, M., Tijan, E., & Jardas, M. (2019). A review of blockchain technology implementation in shipping industry. *Pomorstvo*, 33(2), 140-148.
- Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., Schuh, G., & Wahlster, W. (Eds.). (2016). *Industrie 4.0 in a Global Context: strategies for cooperating with international partners*. Herbert Utz Verlag.
- Kim, H. M., & Laskowski, M. (2018). Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 25(1), 18-27.
- Kim, J. S., & Shin, N. (2019). The impact of blockchain technology application on supply chain partnership and performance. *Sustainability*, 11(21), 6181.
- Ko, T., Lee, J., & Ryu, D. (2018). Blockchain technology and manufacturing industry: Real-time transparency and cost savings. *Sustainability*, 10(11), 4274.
- Korpela, K., Hallikas, J., & Dahlberg, T. (2017). Digital supply chain transformation toward blockchain integration. In *proceedings of the 50th Hawaii international conference on system sciences*.
- Kshetri, N. (2017). Blockchain's roles in strengthening cybersecurity and protecting privacy. *Telecommunications policy*, 41(10), 1027-1038.
- Kumar, M. V., & Iyengar, N. C. S. (2017). A framework for Blockchain technology in rice supply chain management. *Adv. Sci. Technol. Lett*, 146, 125-130.
- Liu, Y., Wang, K., Lin, Y., & Xu, W. (2019). $\mathsf{LightChain}$: a lightweight blockchain system for industrial internet of things. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(6), 3571-3581.
- Madakam, S., Lake, V., Lake, V., & Lake, V. (2015). Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(05), 164.
- Malavolta, G., Moreno-Sanchez, P., Schneidewind, C., Kate, A., & Maffei, M. (2018). Anonymous multi-hop locks for blockchain scalability and interoperability. *Cryptology ePrint Archive*.
- Maurer, B. (2017). *Blockchains are a diamond's best friend*. Princeton: Princeton University Press.
- Meng, W., Wang, J., Wang, X., Liu, J., Yu, Z., Li, J., ... & Chow, S. S. (2018, August). Position paper on blockchain technology: Smart contract and applications. In *International Conference on Network and System Security* (pp. 474-483). Springer, Cham.

- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business logistics*, 22(2), 1-25.
- Min, H. (2019). Blockchain technology for enhancing supply chain resilience. *Business Horizons*, 62(1), 35-45.
- Mohammed, A. H., Abdulateef, A. A., & Abdulateef, I. A. (2021, June). Hyperledger, Ethereum and Blockchain Technology: A Short Overview. In *2021 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)* (pp. 1-6). IEEE.
- Möser, M., & Böhme, R. (2015, January). Trends, tips, tolls: A longitudinal study of Bitcoin transaction fees. In *International conference on financial cryptography and data security* (pp. 19-33). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D. (2017). Blockchain. *Business & Information Systems Engineering*, 59(3), 183-187.
- Oggier, F., Phetsouvanh, S., & Datta, A. (2018, November). BiVA: Bitcoin network visualization & analysis. In *2018 IEEE international conference on Data Mining Workshops (ICDMW)* (pp. 1469-1474). IEEE.
- Onireti, O., Zhang, L., & Imran, M. A. (2019, December). On the viable area of wireless practical byzantine fault tolerance (PBFT) blockchain networks. In *2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)* (pp. 1-6). IEEE.
- Panagiotakos, G. (2020). On the foundations of proof-of-work based blockchain protocols.
- Rejeb, A., & Rejeb, K. (2020). Blockchain and supply chain sustainability. *Logforum*, 16(3).
- Rejeb, A., Keogh, J. G., & Treiblmaier, H. (2019). Leveraging the internet of things and blockchain technology in supply chain management. *Future Internet*, 11(7), 161.
- Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., & Treiblmaier, H. (2021). Blockchain Technologies in Logistics and Supply Chain Management: A Bibliometric Review. *Logistics*, 5(4), 72.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117-2135.

Sarkis, J. (2020). Supply chain sustainability: learning from the COVID-19 pandemic. *International Journal of Operations & Production Management*.

- Sengupta, U., & Kim, H. M. (2021). Meeting changing customer requirements in food and agriculture through the application of blockchain technology. *Frontiers in Blockchain*, 4, 613346.
- Supranee, S., & Rotchanakitumnuai, S. (2017, December). The acceptance of the application of blockchain technology in the supply chain process of the Thai automotive industry. In *Proceedings of the International Conference on Electronic Business (ICEB)* (Vol. 2017, pp. 252-257).
- Syed, T. A., Alzahrani, A., Jan, S., Siddiqui, M. S., Nadeem, A., & Alghamdi, T. (2019). A comparative analysis of blockchain architecture and its applications: Problems and recommendations. *IEEE access*, 7, 176838-176869.
- Twenhöven, T., & Petersen, M. (2019). Impact and beneficiaries of blockchain in logistics. In *Artificial Intelligence and Digital Transformation in Supply Chain Management: Innovative Approaches for Supply Chains. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, Vol. 27 (pp. 443-468). Berlin: epubli GmbH.
- Vo, H. T., Kundu, A., & Mohania, M. K. (2018, March). Research Directions in Blockchain Data Management and Analytics. In *EDBT* (pp. 445-448).
- Vukolić, M. (2015, October). The quest for scalable blockchain fabric: Proof-of-work vs. BFT replication. In *International workshop on open problems in network security* (pp. 112-125). Springer, Cham.
- Wu, H., Cao, J., Yang, Y., Tung, C. L., Jiang, S., Tang, B., & Deng, Y. (2019, July). Data management in supply chain using blockchain: Challenges and a case study. In *2019 28th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN)* (pp. 1-8). IEEE.
- Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2019). Blockchain technology overview. *arXiv preprint arXiv:1906.11078*.
- Yan, H. S., & Kim, H. H. (2021). Opportunities and risks faced by the combination of blockchain and supply chain finance. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(13), 6154-6161.
- Yin, M., Malkhi, D., Reiter, M. K., Gueta, G. G., & Abraham, I. (2018). HotStuff: BFT consensus in the lens of blockchain. *arXiv preprint arXiv:1803.05069*.

- Zavolokina, L., Ziolkowski, R., Bauer, I., & Schwabe, G. (2020). Management, governance and value creation in a blockchain consortium. *MIS Quarterly Executive*, 19(1), 1-17.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., & Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352-375.

Ελληνική βιβλιογραφία

- Φωκάς, Γ. (2020). Μελέτη και ανάλυση των τεχνικών συναίνεσης σε δίκτυα Blockchain. Διπλωματική εργασία Τμήμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών

Διαδικτυακή βιβλιογραφία

- Applications of Blockchain in Supply Chain » Supply Chain Channel. (2022). Ανακτήθηκε στις 22 Ιανουαρίου 2022, από: <https://supplychainchannel.co/applications-of-blockchain-in-supply-chain/>
- Applications of blockchain technology in the food industry. (2022). Ανακτήθηκε στις 15 Φεβρουαρίου 2022, από: <https://www.newfoodmagazine.com/article/110116/blockchain/>
- Bext360 | PositiveBlockchain.io. (2022). Ανακτήθηκε στις 22 Ιουλίου 2022, από: <https://positiveblockchain.io/database/bext360/>
- Blockchain problems. (2022). Ανακτήθηκε στις 8 Φεβρουαρίου 2022, από: <https://www.techtarget.com/searcherp/feature/10-blockchain-problems-supply-chains-need-to-look-out-for>
- How Walmart Canada Uses Blockchain to Solve Supply-Chain Challenges. (2022). Ανακτήθηκε στις 22 Ιουλίου 2022, από: <https://hbr.org/2022/01/how-walmart-canada-uses-blockchain-to-solve-supply-chain-challenges>
- Investing in Bitcoin- Risks and Opportunities. (2022). Ανακτήθηκε στις 6 Ιανουαρίου 2022, από: <https://www.sharecast.com/promoted/international-economic/investing-in-bitcoin-what-are-the-risks-and-opportunities.html>

Overview of Software Wallets, the Easy Way to Store Crypto. (2022). Ανακτήθηκε στις 16 Μαρτίου 2022, από:<https://cointelegraph.com/news/overview-of-software-wallets-the-easy-way-to-store-crypto>

TradeLens | The Technology. (2022). Ανακτήθηκε στις 22 Ιουλίου 2022, από:
<https://www.tradelens.com/technology>